第六届(2015)中国苜蓿发展大会

THE SIXTH CHINA ALFALFA INDUSTRY DEVELOPMENT CONFERENCE

暨 国 际 苜 蓿 会 议

I N T E R N A T I O N A L A L F A L F A C O N G R E S S

创新、交流、合作、共赢

Innovation Interaction Cooperation Win-win

2015.10.25～27

中国·蚌埠

Bengbu City, Anhui Province, China

前　言

随着国家现代化畜牧业的快速发展、农业产业结构的战略性调整以及国内奶业发展对优质牧草需要的迅速增加，我国的苜蓿产业进入到了快速发展期，初步形成了苜蓿草种植、收获、产品加工销售等为一体的现代苜蓿产业发展体系。2015 年习总书记提出“一带一路”发展战略，中央一号文件提出“加快发展草牧业，支持青贮玉米和苜蓿等饲草料种植”及“草原生态建设保护”的指导方针，为我国苜蓿产业发展提供了新的方向和要求，有力地促进了我国奶业恢复和振兴，也为我国苜蓿产业发展带来了新的发展机遇。

为响应中央“一带一路”和“发展草牧业”的战略部署，巩固和发展“振兴奶业苜蓿发展行动”以来取得的成绩，探索新形势下苜蓿产业发展的新方向，进一步提高我国苜蓿生产的国际化、商品化、信息化水平，发挥苜蓿产业在保护生态安全、农业产业结构调整、畜产品质量安全、改变生产方式中的作用，研讨中国苜蓿产业发展历史机遇与国际苜蓿产业发展形势下的产业发展思路、运作模式和保障机制，推动中国苜蓿产业的跨越式健康发展，由中国畜牧业协会主办，于 2015 年 10 月 25-27 日在安徽省蚌埠市召开第六届中国苜蓿发展大会暨国际苜蓿会议。大会得到了农业部畜牧业司、全国畜牧总站、中国草学会、中国奶业协会、国家牧草产业技术体系、国家奶牛产业技术体系的大力支持，国内及欧洲、美国、阿根廷等地区和国家的苜蓿专家和企业也参加了本次大会，大会组织者在此表示衷心地感谢。

大会筹备期间共收到论文 60 余篇，经专家审核、遴选汇编成册，供大家学习参考。该大会论文集本着尊重作者、文责自负的原则，在编辑过程中未对内容作过大修改，因篇幅有限，省略了参考文献。由于论文数量多、时间仓促，论文在编辑过程中难免出现疏漏和错误，不当之处恳请作者、读者谅解。

大会组委会

2015 年 9 月 25 日

目录

CONTENTS

创新交流合作共赢

第一部分　特邀论文
Part One　Specially-Invited Paper

草地农业是改变我国传统农业的新途径..... 卢欣石

Grassland Agricultural System is the New Way toChange China's Traditional Agriculture System ..... Dr.Lu Xinshi（3）

Panorama de l'industrie Européenne, Historique, Caractéristiques Chiffres clés .....Guillemot Eric（5）

The role that Alfalfa plays in U.S. Agriculture ..... Ronald Cornish（6）

NAFA's Role in Supporting the U.S. Forage Industry..... Ronald Cornish（7）

An Overview of the Alfalfa Industry in Argentina .....Daniel Basigalup（8）

An Overview of Alfalfa Development in Argentina .....Daniel Basigalup（14）

第二部分　苜蓿基础研究
Part Two　Basic Study of Alfalfa

苜蓿皂苷对细胞胆固醇逆向转运的影响.....陈言言，张冬强，朱晓艳等（21）

富氢水缓解紫花苜蓿逆境胁迫:研究现状及应用探讨 .....崔为体，谢彦杰，沈文飚（29）

淹水胁迫对不同苜蓿品种抗氧化酶和产量的影响 .....董　慧，徐为宁，赖　念等（33）

苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能、血液生化指标和激素的影响 .....姜义宝，王美静，王成章等（41）

苜蓿黄酮与红三叶异黄酮对肉羊屠宰性能及肉品质的影响 .....姜义宝，李　敏，玉　柱等（48）

空间环境对苜蓿叶片过氧化物同工酶的影响 .....李　红，李　波，杨　曌（55）

苜蓿愈伤组织细胞学观察及芽分化的研究.....李　红，李　波，杨　曌（62）
不同种植年限苜蓿对沙地土壤过氧化氢酶活性的影响
.....石立媛，邓　波，王显国等（67）
基于特征参数观测的苜蓿叶重估测模型.....陶　雪，苏德荣（71）
苜蓿皂苷对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响.....张宪磊，李海洋，李德锋等（78）

第三部分　苜蓿栽培加工利用
Part Three　Alfalfa Production and Utilization

不同处理方式对紫花苜蓿出苗率的影响.....曹志东，王维中，马先锋等（87）
应用 GGE 分析不同紫花苜蓿品种的稳产性 .....陈积山，朱瑞芬，张月学等（91）
苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究——草产品性能试验研究
.....李飞飞，田　雪，苏德荣等（100）
苜蓿青贮部分替代玉米青贮对泌乳奶牛生产性能的影响
.....李志强，李长才，玉　柱等（114）
苜蓿皂苷对 BRL 细胞胆固醇转运和分泌关键基因表达的影响
.....刘伯帅，张冬强，朱晓艳等（120）
苜蓿青干草替代部分精料对奶牛生产性能及经济效益的影响
.....刘艳娜，史莹华，严学兵等（127）
苜蓿田间干燥技术研究 .....刘鹰昊，格根图，王志军等（136）
中国草都紫花苜蓿安全越冬的理论和技术.....孙洪仁，刘　琳，邵光武等（145）
中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因.....孙洪仁，武瑞鑫，李品红等（149）
适宜灌溉方式利于苜蓿生长并提高草产量.....陶　雪，苏德荣，寇　丹（154）
西北旱区苜蓿生长及光合特性对灌溉方式的响应
.....陶　雪，苏德荣，寇　丹（162）
紫花苜蓿不同灌溉方式研究进展及展望.....陶　雪，苏德荣（170）
苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究——种植规划设计
.....田　雪，李飞飞，苏德荣等（177）
不同覆膜材料下不同播量对紫花苜蓿生产性能的影响
.....王维中，曹志东，马先锋等（185）
干旱半干旱地区不同品种紫花苜蓿对覆膜条件的响应
.....王维中，曹志东，马先锋等（193）
黑龙江省齐齐哈尔地区紫花苜蓿主要虫害及其发生规律

创新交流合作共赢

.....杨伟光，柴　华，黄新育等（198）
太阳能杀虫灯防控技术在苜蓿生产中应用初探
.....杨伟光，柴　华，杨　曌等（206）
紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作技术要点
.....张艳宜，王　季，李晓康等（214）
滴灌技术在苜蓿生产上的应用 ..... 周易明（219）
苜蓿青贮替代苜蓿青干草对奶牛生产性能及乳品质的影响
.....朱晓艳，赵　诚，史莹华等（222）

第四部分　政策与管理
Part Four　Policies and Management

阿鲁科尔沁旗苜蓿产业发展的优势、问题与对策..... 房丽宁（233）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之一——纵向一体化理论回顾和应用研究的意义 ..... 龚彦如（238）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之二——草畜业的后向纵向一体化现状浅析
..... 龚彦如（245）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之三——设计并应用三维度分析框架表对现代牧业和秋实草业的纵向一体化动因进行分析..... 龚彦如（254）
宁夏牧草产业发展现状与对策 .....李克昌，王　蕾，张　蓉（265）
甘肃省苜蓿种子生产现状分析与展望.....毛培胜，侯龙鱼，汪　辉等（270）
我国苜蓿施肥研究进展 .....毛小涛，李青丰（275）
内蒙古土默特左旗苜蓿产业发展情况调研报告
.....尹　强，闫志坚，秦　艳等（280）
我国苜蓿种子采购过程应遵循的原则.....张晓峰，王　虹（287）

第五部分　国际论文
Part Five　International Paper

Importance of Silage Density and How to Pack Silage for Good Density
..... Dr. Dan Undersander（295）
Opportunities to Improve the Water Use Efficiency of Irrigated Alfalfa
.....Daniel H. Putnam（299）

创新交流合作共赢

创新交流合作共赢

Alborea: A New Cultigen Developed from Hybrids of Alfalfa X Medicago arborea ..... Edwin T. Bingham, John A.G. Irwin（316）

Investigations on Feeding Value of Artificially Dehydrated and Compacted Grass (Grass Cobs) in Dairy Cows .....Hubert Spiekers（320）

Improving Alfalfa Varieties and Cropping Systems in a Bioeconomy Framework ..... Huyghe C., Peyraud J.L.（325）

Improving Alfalfa Feeding Quality for Ruminants: Achievements and Perspectives ..... Huyghe C.（333）

Analisis de Los Movimientos Internacionales en Los Forrajes ..... Joaquin Capistros Moreu（334）

I Congreso Internacional de La Alfalfa en China .....Joaquín Capistrós Moreu（335）

Application of Genomic Tools for Enhancing Alfalfa Resistance to Biotic and Abiotic Stresses ..... Long-Xi Yu（345）

Digital Gene-expression Profiling Analysis of the Cholesterol-lowering Effect of Alfalfa Saponin Extract on Laying Hens .....Lu Zhou, Yinghua Shi, Rui Guo,et al.（348）

CIDE China - Presentation of the German Association with Its Plants .....Roland Hofmockel（349）

Feeding Strategies to Utilize both a Hybrid of US Sun-cured and Dehydrated Alfalfa for Maximum Performance and Lowest Cost Ration ..... Sumantra Sengupta（350）

Présentation de La Production Française de Luzerne Déshydratée, de Ses Différents Produits , de Leur Qualité Nutritionnelle et Sanitaire.....Verzeaux Jean-Pol（351）

Genome-Wide Identification of Different Dormant Medicago sativa L. MicroRNAs in Response to Fall Dormancy..... Wenna Fan, Senhao Zhang, Hongqi Du, et al.（352）

第一部分

特邀论文

第六届(2015)中国苜蓿发展大会

THE SIXTH CHINA ALFALFA INDUSTRY DEVELOPMENT CONFERENCE

暨 国 际 苜 蓿 会 议

I N T E R N A T I O N A L A L F A L F A C O N G R E S S

创新、交流、合作、共赢

Innovation Interaction Cooperation Win-win

2015.10.25～27

中国·蚌埠

Bengbu City, Anhui Province, China

前　言

随着国家现代化畜牧业的快速发展、农业产业结构的战略性调整以及国内奶业发展对优质牧草需要的迅速增加，我国的苜蓿产业进入到了快速发展期，初步形成了苜蓿草种植、收获、产品加工销售等为一体的现代苜蓿产业发展体系。2015 年习总书记提出“一带一路”发展战略，中央一号文件提出“加快发展草牧业，支持青贮玉米和苜蓿等饲草料种植”及“草原生态建设保护”的指导方针，为我国苜蓿产业发展提供了新的方向和要求，有力地促进了我国奶业恢复和振兴，也为我国苜蓿产业发展带来了新的发展机遇。

为响应中央“一带一路”和“发展草牧业”的战略部署，巩固和发展“振兴奶业苜蓿发展行动”以来取得的成绩，探索新形势下苜蓿产业发展的新方向，进一步提高我国苜蓿生产的国际化、商品化、信息化水平，发挥苜蓿产业在保护生态安全、农业产业结构调整、畜产品质量安全、改变生产方式中的作用，研讨中国苜蓿产业发展历史机遇与国际苜蓿产业发展形势下的产业发展思路、运作模式和保障机制，推动中国苜蓿产业的跨越式健康发展，由中国畜牧业协会主办，于 2015 年 10 月 25-27 日在安徽省蚌埠市召开第六届中国苜蓿发展大会暨国际苜蓿会议。大会得到了农业部畜牧业司、全国畜牧总站、中国草学会、中国奶业协会、国家牧草产业技术体系、国家奶牛产业技术体系的大力支持，国内及欧洲、美国、阿根廷等地区和国家的苜蓿专家和企业也参加了本次大会，大会组织者在此表示衷心地感谢。

大会筹备期间共收到论文 60 余篇，经专家审核、遴选汇编成册，供大家学习参考。该大会论文集本着尊重作者、文责自负的原则，在编辑过程中未对内容作过大修改，因篇幅有限，省略了参考文献。由于论文数量多、时间仓促，论文在编辑过程中难免出现疏漏和错误，不当之处恳请作者、读者谅解。

大会组委会

2015 年 9 月 25 日

目录

CONTENTS

创新交流合作共赢

第一部分　特邀论文
Part One　Specially-Invited Paper

草地农业是改变我国传统农业的新途径..... 卢欣石

Grassland Agricultural System is the New Way toChange China's Traditional Agriculture System ..... Dr.Lu Xinshi（3）

Panorama de l'industrie Européenne, Historique, Caractéristiques Chiffres clés .....Guillemot Eric（5）

The role that Alfalfa plays in U.S. Agriculture ..... Ronald Cornish（6）

NAFA's Role in Supporting the U.S. Forage Industry..... Ronald Cornish（7）

An Overview of the Alfalfa Industry in Argentina .....Daniel Basigalup（8）

An Overview of Alfalfa Development in Argentina .....Daniel Basigalup（14）

第二部分　苜蓿基础研究
Part Two　Basic Study of Alfalfa

苜蓿皂苷对细胞胆固醇逆向转运的影响.....陈言言，张冬强，朱晓艳等（21）

富氢水缓解紫花苜蓿逆境胁迫:研究现状及应用探讨 .....崔为体，谢彦杰，沈文飚（29）

淹水胁迫对不同苜蓿品种抗氧化酶和产量的影响 .....董　慧，徐为宁，赖　念等（33）

苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能、血液生化指标和激素的影响 .....姜义宝，王美静，王成章等（41）

苜蓿黄酮与红三叶异黄酮对肉羊屠宰性能及肉品质的影响 .....姜义宝，李　敏，玉　柱等（48）

空间环境对苜蓿叶片过氧化物同工酶的影响 .....李　红，李　波，杨　曌（55）

苜蓿愈伤组织细胞学观察及芽分化的研究.....李　红，李　波，杨　曌（62）
不同种植年限苜蓿对沙地土壤过氧化氢酶活性的影响
.....石立媛，邓　波，王显国等（67）
基于特征参数观测的苜蓿叶重估测模型.....陶　雪，苏德荣（71）
苜蓿皂苷对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响.....张宪磊，李海洋，李德锋等（78）

第三部分　苜蓿栽培加工利用
Part Three　Alfalfa Production and Utilization

不同处理方式对紫花苜蓿出苗率的影响.....曹志东，王维中，马先锋等（87）
应用 GGE 分析不同紫花苜蓿品种的稳产性 .....陈积山，朱瑞芬，张月学等（91）
苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究——草产品性能试验研究
.....李飞飞，田　雪，苏德荣等（100）
苜蓿青贮部分替代玉米青贮对泌乳奶牛生产性能的影响
.....李志强，李长才，玉　柱等（114）
苜蓿皂苷对 BRL 细胞胆固醇转运和分泌关键基因表达的影响
.....刘伯帅，张冬强，朱晓艳等（120）
苜蓿青干草替代部分精料对奶牛生产性能及经济效益的影响
.....刘艳娜，史莹华，严学兵等（127）
苜蓿田间干燥技术研究 .....刘鹰昊，格根图，王志军等（136）
中国草都紫花苜蓿安全越冬的理论和技术.....孙洪仁，刘　琳，邵光武等（145）
中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因.....孙洪仁，武瑞鑫，李品红等（149）
适宜灌溉方式利于苜蓿生长并提高草产量.....陶　雪，苏德荣，寇　丹（154）
西北旱区苜蓿生长及光合特性对灌溉方式的响应
.....陶　雪，苏德荣，寇　丹（162）
紫花苜蓿不同灌溉方式研究进展及展望.....陶　雪，苏德荣（170）
苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究——种植规划设计
.....田　雪，李飞飞，苏德荣等（177）
不同覆膜材料下不同播量对紫花苜蓿生产性能的影响
.....王维中，曹志东，马先锋等（185）
干旱半干旱地区不同品种紫花苜蓿对覆膜条件的响应
.....王维中，曹志东，马先锋等（193）
黑龙江省齐齐哈尔地区紫花苜蓿主要虫害及其发生规律

创新交流合作共赢

.....杨伟光，柴　华，黄新育等（198）
太阳能杀虫灯防控技术在苜蓿生产中应用初探
.....杨伟光，柴　华，杨　曌等（206）
紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作技术要点
.....张艳宜，王　季，李晓康等（214）
滴灌技术在苜蓿生产上的应用 ..... 周易明（219）
苜蓿青贮替代苜蓿青干草对奶牛生产性能及乳品质的影响
.....朱晓艳，赵　诚，史莹华等（222）

第四部分　政策与管理
Part Four　Policies and Management

阿鲁科尔沁旗苜蓿产业发展的优势、问题与对策..... 房丽宁（233）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之一——纵向一体化理论回顾和应用研究的意义 ..... 龚彦如（238）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之二——草畜业的后向纵向一体化现状浅析
..... 龚彦如（245）
中国草畜业后向纵向一体化动因初探之三——设计并应用三维度分析框架表对现代牧业和秋实草业的纵向一体化动因进行分析..... 龚彦如（254）
宁夏牧草产业发展现状与对策 .....李克昌，王　蕾，张　蓉（265）
甘肃省苜蓿种子生产现状分析与展望.....毛培胜，侯龙鱼，汪　辉等（270）
我国苜蓿施肥研究进展 .....毛小涛，李青丰（275）
内蒙古土默特左旗苜蓿产业发展情况调研报告
.....尹　强，闫志坚，秦　艳等（280）
我国苜蓿种子采购过程应遵循的原则.....张晓峰，王　虹（287）

第五部分　国际论文
Part Five　International Paper

Importance of Silage Density and How to Pack Silage for Good Density
..... Dr. Dan Undersander（295）
Opportunities to Improve the Water Use Efficiency of Irrigated Alfalfa
.....Daniel H. Putnam（299）

创新交流合作共赢

创新交流合作共赢

Alborea: A New Cultigen Developed from Hybrids of Alfalfa X Medicago arborea ..... Edwin T. Bingham, John A.G. Irwin（316）

Investigations on Feeding Value of Artificially Dehydrated and Compacted Grass (Grass Cobs) in Dairy Cows .....Hubert Spiekers（320）

Improving Alfalfa Varieties and Cropping Systems in a Bioeconomy Framework ..... Huyghe C., Peyraud J.L.（325）

Improving Alfalfa Feeding Quality for Ruminants: Achievements and Perspectives ..... Huyghe C.（333）

Analisis de Los Movimientos Internacionales en Los Forrajes ..... Joaquin Capistros Moreu（334）

I Congreso Internacional de La Alfalfa en China .....Joaquín Capistrós Moreu（335）

Application of Genomic Tools for Enhancing Alfalfa Resistance to Biotic and Abiotic Stresses ..... Long-Xi Yu（345）

Digital Gene-expression Profiling Analysis of the Cholesterol-lowering Effect of Alfalfa Saponin Extract on Laying Hens .....Lu Zhou, Yinghua Shi, Rui Guo,et al.（348）

CIDE China - Presentation of the German Association with Its Plants .....Roland Hofmockel（349）

Feeding Strategies to Utilize both a Hybrid of US Sun-cured and Dehydrated Alfalfa for Maximum Performance and Lowest Cost Ration ..... Sumantra Sengupta（350）

Présentation de La Production Française de Luzerne Déshydratée, de Ses Différents Produits , de Leur Qualité Nutritionnelle et Sanitaire.....Verzeaux Jean-Pol（351）

Genome-Wide Identification of Different Dormant Medicago sativa L. MicroRNAs in Response to Fall Dormancy..... Wenna Fan, Senhao Zhang, Hongqi Du, et al.（352）

草地农业是改变我国传统农业的新途径

卢欣石

（北京林业大学草地资源与生态研究中心，中国畜牧业协会草业分会）

Grassland Agricultural System is the New Way to Change China's Traditional Agriculture System

Dr.Lu Xinshi

(Professor of Beijing Forestry University, President of China Grassland Association)

Email:luxinshi304@126.com

“开荒南野际，守拙归田园，方宅十余亩，草屋八九间”。 这是晋宋诗人陶渊明描绘的古代农耕田园景观。2000 多年来，我国农业就是从这种小农经济的形态起步，经历了从原始农业向现代农业的进化演替，用世界 7%的耕地养活了世界 22%的人口，创造了农业的奇迹。但是时至今日，我国传统的农业结构和耕作系统已经不能适应农业发展的要求，据统计，我国人均耕地已经从 1949 年的 2.7 亩下降到当前的 1.3 亩，粮食的自给率下降到 90%以下，粮食进口已达 900 万吨，成为世界进口粮食最多的国家；农业耕地酸化、盐渍化、沙化等退化面积已占耕地总面积的 40%以上，耕地土壤点位污染超标率达到 19.4%。到 2030 年，我国人口将达到 16 亿，人均耕地面积将减少 25%，降至联合国粮农组织规定的警戒线，人均水资源将下降 20~25%，粮食总需求将达到 6.5 亿吨。要满足这样一个需求，需要农业在当前的水平基础上增加谷物单产能力 16%,或增加 2 亿亩耕地面积。显然，传统的农业结构和生产方式是难以担当这个历史使命。

当前，我国农业实现基本自给，已经耗费了极限的农业资源，要彻底满足未来社会发展的需求，必须改变传统的农业结构，调整生产方式。草地农业就是改变我国传统耕地农业的一条新途径。

草地农业是我国著名草地生态学家任继周院士提出来的，其学术核心就是将农业以谷物籽粒生产为主，改变为籽粒与绿色营养体生产并重，将主粮型耕地结构改变为粮草兼顾型结构，从而形成从植物生产到动物生产至动物产品加工的草地农业系统。

长期以来，我国的粮食消费主要包括两部分，一是人的口粮，二是家畜的饲料粮，其中口粮消费约占 50%，饲料粮消费 50%，饲料粮主要消费对象是猪鸡等单胃动物，形成了“人猪争粮”的局面。但是，随着农村城镇化发展，我国的口粮消费是下降的，据统计，从 1990 年到 2012 年，我国人均口粮消费下降了 16%，肉蛋奶消费上升了 226%，按照这样的发展趋势，到 2030 年，我国的饲料粮消费将达到口粮的 2 倍以上，未来的粮食危机不是口粮危机，而是饲料粮危机。所以草地农业就是针对这种传统的农业结构弊病和未来发展趋势，发展粮草兼顾型农业，利用豆科牧草的根瘤菌固氮特点，改

良农耕地；利用各类牧草和饲料作物的生产潜力，加大绿色营养体的生产，在农区大力发展草食家畜，逐步改变传统的农业结构和生产方式。

我国的牧草和饲用植物种类丰富，多达 6400 余种，它们具有不同的特性和生态适应性，可以满足各类不同气候、不同土壤、不同水分条件的自然资源进行绿色营养体的生产，即便是不利于粮食作物和经济作物的土地，也可以用来种植适宜的牧草、饲用植物。例如，许多牧草是多年生植物，春发早、秋眠晚，前后要比一年生作物生长期延长 2—3 个月，可以多利用光照和温度达 20%以上；四川等地在水稻收割后，利用冬闲田种植一年生黑麦草，每亩干草产量达 1 吨，相当于又增收了 100 公斤饲料粮。部分牧草在干旱半干旱地区起源进化，具有很强的抗旱性，和农作物相比，一般可以减少 10——20%的水分利用。许多豆科牧草具有共生固氮作用，实施粮草轮作，是提高土壤肥力，改良土壤结构的有效办法。甘肃黄土高原地区实行草田轮作，一个轮作周期 3－4 年，就可以提高土壤有机质 23%～24%，每公顷土地可增加氮素 100～150 公斤，在不增施肥料的前提下，可以提高后作粮食产量 10%以上。

发展草地农业的空间无比宽广，它可以利用我国大面积的低、中产田、农闲田、林果隙地、草山草坡等土地发展草地农业。

初步统计，我国低、中产田面积 8000 万公顷，农闲田面积近 990 万公顷，各类疏林、茶林、果园隙地 148 万公顷，目前已利用种植牧草的面积不足 10%。如果能够通过推行草地农业，将上述各类土地的 10%用于种植优良牧草，在不影响原有生产力的同时可以增收牧草干草 1 亿吨，其中，低中产田约产 8800 万吨草、农闲田约 900 万吨草、林果隙地约 700 万吨草，按照平均 10 公斤牧草干物质转化 1 公斤牛羊肉计算，可增加生产约 1000 万吨牛羊肉。此外我国还有 1 亿公顷面积的草山草坡，如果有 10% 也用于草地改良和人工草地建植，还可以增加 300 万吨—500 万吨的牧草干物质。这些草地农业的产出相当于增加了 1 亿亩耕地良田。

草地农业定将带领农业进入粮食稳定生产、畜牧业繁荣发展的新时代。

Panorama de l'industrie Européenne, Historique, Caractéristiques Chiffres clés

Guillemot Eric

(CIDE, Bruxelles, Belgium)

Abstract: La CIDE représente les associations nationales de transformateurs de fourrages d'Espagne, de France, d'Italie, d'Allemagne, de Hollande et du Royaume-Uni. Il s'agit de production de l'ordre de 2.50 millions de tonnes, principalement déshydratés. La déshydratation présente de nombreux avantages pour les utilisateurs : facile à stocker, facile à distribuer, pas de perte au stockage, impact sanitaire sur le troupeau, lutte contre la su-acidose, et augmentation du taux de réussite en insémination artificielle du troupeau laitier, tannage naturelle des protéines. Les débouchés concernent essentiellement le marché laitiers et les bovins viandes, bien que le marché du lapin et celui des équins soit significatif en terme de volume. De nombreux pays s'intéressent aux productions européennes en raison du savoir-faire des processors de fourrages, de l'absence d'organismes génétiquement modifiés, de l'excellence des qualités sanitaires et de traçabilité associés à des certifications faisant l'objet de contrôles rigoureux. Le climat tempéré de l'Union européenne permet aussi des variations limitées de rendement à l'hectare. L'avenir de la production se base sur une demande mondiale de protéines pour l'alimentation des troupeaux laitiers et viande. Les contraintes environnementales très fortes imposées aux agriculteurs pour préserver la qualité des eaux, la fertilité des sols et la biodiversité replacent les légumineuses pluri annuelles au cœur des débats sur l'avenir des modèles de productions agricoles.

The role that Alfalfa plays in U.S. Agriculture

Ronald Cornish

(National Alfalfa & Forage Alliance, St. Paul, MN 55126, USA)

Abstract: Alfalfa also known as the "Queen of Forages" is the fourth most valuable crop in US behind Corn, Soybean & Wheat. While alfalfa is still the most widely used forage in the U.S. its acreage has declined by 23% over the last 10 years. The decline in newly planted alfalfa acres has slowed and in recent years reversed as a small increase in newly acres planted has been seen. Hay exports from the U.S. have grown rapidly form 2007 to 2013 nearly up 60% with alfalfa hay making up a large portion of this growth. In the U.S. alfalfa is competing with corn silage to find its place in the feed ration. The industry has seen significantly more corn silage being fed, but more recently we are beginning to see this trend reversing as the benefits of having a certain level of good alfalfa or alfalfa grass mixtures in the cow's diet is being considered. Over the course of the last 10 years we continue to see advances in yield, persistence, and quality using both GMO and non-GMO approaches. The most recent advances have been around the improvement of digestibility and expanding the harvest window of alfalfa. This has been accomplished by the reduction of the accumulation of lignin in the stems and structural parts of the alfalfa plant. These types of technological advances improve alfalfa's ability to remain a very important and competitive crop in the U.S. As other commodity prices have declined, alfalfa seed production is now being seen as a profitable alternative. New growers are entering into alfalfa seed production, which reverses a strong trend of growers exiting seed production over the last 10-15 years. As we make more advances in yield, quality, and stress tolerance alfalfa will remain to be known as the Queen of Forages.

NAFA's Role in Supporting the U.S. Forage Industry

Ronald Cornish

(National Alfalfa & Forage Alliance, St. Paul, MN 55126, USA)

Abstract: Formed in 2006, the National Alfalfa & Forage Alliance (NAFA) is an umbrella organization of state and regional alfalfa seed and hay associations, genetic suppliers, seed marketers, and industry members dedicated to promoting the interests of the United States' alfalfa seed and hay producers through education, research, promotion, and advocacy. NAFA is governed by a 25 member board of directors. NAFA's primary focus is advocacy and policy development/implementation in all areas affecting the alfalfa seed and forage industry such as research funding, farm policy, agricultural coexistence, crop insurance, environmental regulation, and biotechnology. NAFA also hosts the Alfalfa Intensive Training Seminar (AITS), a highly respected educational event drawing international attendance. Topics include genetics, seed production, growth and development, fertility, and management. AITS gives participants knowledge to make the most of their alfalfa investment. NAFA visits Washington, D.C. annually to discuss issues related to alfalfa and alfalfa forage systems. Representatives attend more than 100 meetings to promote NAFA objectives, educate Congressional members about the alfalfa industry, and build recognition of the United States' 3rd most valuable field crop. NAFA was successful in securing valuable research funding for the Alfalfa Forage Research Program (AFRP) and the Alfalfa Pollinator Health Initiative (APHI). Additionally, NAFA is working with stakeholders for an improved alfalfa insurance program. As the third most valuable crop in the United States, alfalfa and other forages play a very important part of the United States farm economy. We strive to have our forage seed and hay products be the best quality for global and domestic markets. NAFA is dedicated to working with other governments and industry agencies to help ensure global access. NAFA welcomes the opportunity to work together to expand markets, and promote the use of high quality seed and forages for both meat and milk production on the global stage.

An Overview of the Alfalfa Industry in Argentina

Daniel Basigalup

(EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina)

Key words: production areas, quality, exports, pellets, and companies

At present, Argentina grows nearly 3.7 million ha of alfalfa, 60% of which are planted as pure stands and 40% in mixtures with temperate grasses. Pure stands are primarily used for dairy and hay production, while mixtures are mostly utilized for beef production. Nearly 800,000 ha were cut for alfalfa hay and another 150,000 ha were cut for alfalfa silage in 2014/15. The vast majority of this hay, either as small bales (22 kg), round bales (350 to 450 kg) or prismatic big bales (400 kg), is used within the farm or is sold in the domestic market. Hay quality is based on subjective (color, presence of leaves, smell, etc.) rather than on objectives criteria, i.e. crude protein (CP), relative feed value (RFV), fiber (ADF and NDF), *in vitro* dry matter disappearance (IVDMD), moisture, etc. Therefore, the overall hay quality in the internal market is low to medium, with average values of 85% DM, 16% CP (range: 13-24%), 56% NDF and 58% IVDMD (range: 56-60%). In addition, buyers usually pay by weight rather than by quality classes. This has resulted in sub-standard practices in hay making (i.e., improper cutting machinery, delayed cutting, inadequate bale storage, etc.) being quite common.

Conversely, and co-existing with the situation described above, the number of farmers and companies aimed at produce high quality hay has significantly increased in the last decade. Furthermore, given the internacional grain and milk prices as well as the increased international demand for alfalfa hay, production of high quality hay has provided interesting alternatives for Argentine farmers. The country has excellent environmental conditions for growing high quality alfalfa and the capacity to easily increase the planting area within a few years. More than 130 varieties of alfalfa, ranging from fall dormancy (FD) classes 6 to 10, are presently available in the Argentine seed market, coming from both private and public breeding programs. Most of these varieties have very high yield potential and high forage quality due to multiple pest resistance. Updated technology, including more sophisticated machinery and better weed and insect control practices, are also available. The combined effect of the national and international demand and these technology changes has the potential to increase the area of alfalfa grown in Argentina quite rapidly.

There are no dehydration plants in Argentina and all hay is cured in the field. Growing alfalfa for hay can be done under rain fed or irrigated conditions (Figure 1). Within the Pampa Region, especially in the Central-Eastern part of Córdoba Province, Western Buenos Aires and La Pampa Provinces, production is totally rain fed. On the contrary, in Northwestern Region (Santiago del Estero and Catamarca Provinces),

Cuyo Region (Mendoza and San Luis Provinces) and Patagonia, irrigation from either rivers or wells is used. The most common system is flood irrigation, but the utilization of pressurized systems (like central pivot) is increasing due to its higher water use efficiency; however, its main pitfall is the requirement of a much higher initial capital investment. Water quality is generally good to very good, however in some areas (i.e. the Lower Valley of the Colorado River), salt content can be moderate to high, depending on the season.

Average forage yields vary greatly, according to soil and climatic conditions, management practices and moisture availability (rainfall or irrigation). In rain fed conditions, productions can go from 4-6 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ under 3-5 cut systems in La Pampa to 18-20 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ under 7-8 cut systems in Southeastern Córdoba. For irrigated operations, yields can range from 10-12 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 4-5 cut systems in Southern La Pampa to 16 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 8-9 cut systems in Santiago del Estero. The main features of each production area (Figure 1) are:

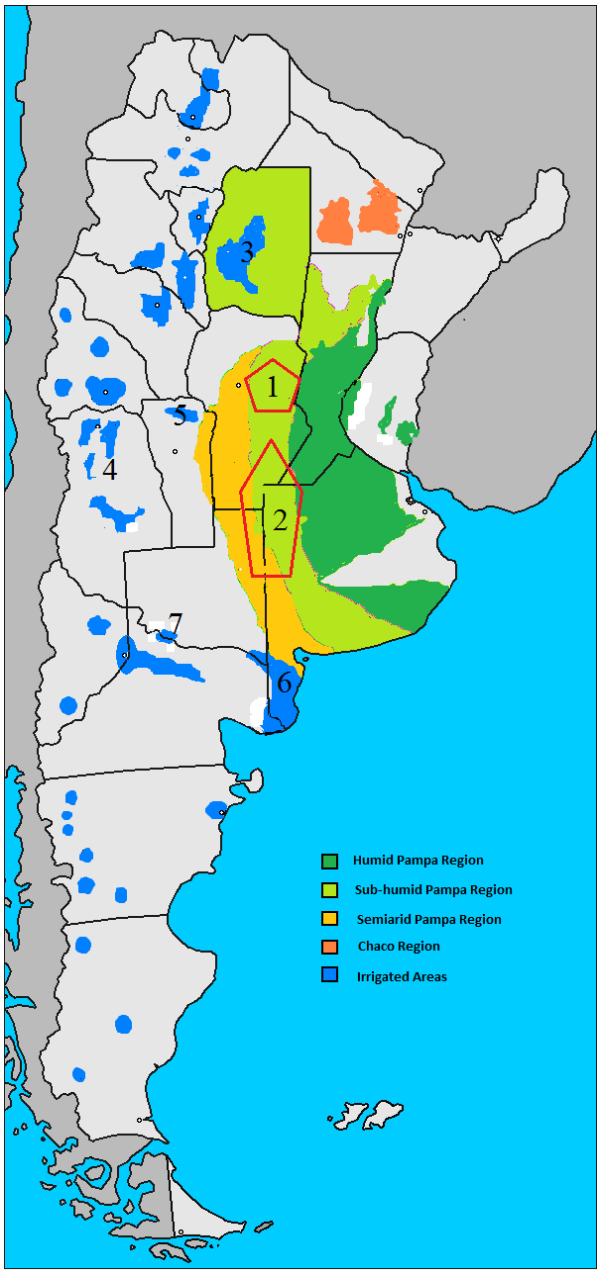


Figure 1. Alfalfa distribution in Argentina and main hay production areas (1-7).

I-**Rain fed** – a) Central-Eastern Córdoba (#1 in Figure 1): there are about 30,000 ha devoted exclusively to high quality hay production, with average yields of 12-14 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ under 6 cut systems. Several hay companies in the region produce and/or buy alfalfa for making prismatic bales (400 kg), re-compacted (800 kg) bales, and pellets. Bales are for both domestic use and for export, mostly to United Arab Emirates (UAE) and Saudi Arabia (SA). Similarly, pellets are produced for the internal market as well as for export, primarily to Latin America. Non-dormant (FD 8-10) and moderately dormant (FD 6-7) varieties are used for both hay and pellets. The incorporation of strategic, supplemental irrigation can be useful for increasing and stabilizing alfalfa yields in the rain fed area; and b) Others (#2 in Figure 1): many areas is the Pampa Region are suitable for hay production, like Southeastern Córdoba (18-20 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 7-8 cut systems), Western Buenos Aires (12 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 6 cut

systems), Northeastern La Pampa and Southern San Luis (6-8 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 5 cut systems). These areas can eventually provide big bales for exports.

II-**Irrigated -** a) Santiago del Estero: (#3 in Figure 1) the main production area is located in the Rio Dulce region. Forage yields are currently 16 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 8-9 cut systems. Irrigation efficiency is low due to poor infrastructure (channel infiltration, inadequate field leveling, etc.) and irrigation system (flooding). Only FD 8-10 cultivars are used. The high production throughout the year and farmers with a long history in hay production (mostly small bales) are major advantages of this area. Disadvantages include insufficient water availability, low irrigation efficiency, higher production costs compared to other areas, and greater distance to the ports. A private project for building a dehydration plant is under feasibility analysis; b) Mendoza (#4 in Figure 1): there are three irrigation areas (known as "oasis"): North, Central and South, with 260,000 ha that can be potentially irrigated; however, the current irrigation area is much smaller. At present, there are 22,000 ha of alfalfa exclusively devoted to hay production: 3,500 ha in the Northern oasis, 2,500 ha in the Central oasis and 16,000 ha in the Southern oasis. Average yields are about 10-12 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 5-6 cut systems with FD 8-10 cultivars, and to a lesser extent FD 6-7, used. Hay is commercialized mainly as round bales (350 kg) or small bales (22 kg). Excellent environment (high sunshine and thermal amplitude) for hay production is the main advantage of this area. Disadvantages are low technology level, particularly machinery; low irrigation efficiency (similar to Santiago del Estero); insufficient water availability, especially in the South; lack of industry that may lead hay production; and relative long distance to the port, although trading through Chile could be an interesting option; c) Northern San Luis (#5 in Figure 1): as a whole, the Province of San Luis grows near 50,000 ha of alfalfa, 40% (20,000 ha) of which is totally/partially used for hay production to some extent, either under rain fed or irrigation conditions. The Province of San Luis has a total of 81,754 ha of irrigated crops: 22,176 ha under flood irrigation and 59,578 ha using pressurized systems (mostly central pivot), with the latter located in the Northern areas (i.e. the Quines and Candelaria region and in the Conlara Valley). This Northern area has only 4,000 ha of alfalfa solely used for hay production, but the potential for increasing alfalfa planting is high. Yields range from 8 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 5-6 cut systems in the South to 10-12 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 6 cut systems in the North; however, if improved management practices were applied in the latter, yields can be as high as 15 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$. The technology level that is being currently applied is moderately low, but the utilization of proper cutting machinery and mega-balers is slowly increasing in the area. In addition, in Villa Dolores, a nearby location in Western Córdoba Province, there is another 3,000 ha of alfalfa under irrigation that produces mega-bales that are being exported to the Near East; d) Lower Valley of the Colorado River (#6 in Figure 1): this area, with about 100,000 ha under flood irrigation, is geographically located in the South of Buenos Aires Province, but in environmental terms is more similar to Northern Patagonia. In the whole area, there are 16,000 ha planted to alfalfa: 7,100 ha (100% irrigated) devoted to seed production and 8,900 ha (53% irrigated) devoted to

grazing and/or hay production. Average forage yields are about 13 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (range: 8-15 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$) in 3-5 cut systems; however, in 850 ha well managed and solely devoted to hay production, yields of 20 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ in 6 cuts were reached. In spite of a few exceptions, hay is secondary to beef and seed production, and so only part of the growing cycle is used for hay and the level of technology level is low (deficient irrigation in terms of frequency and water applications; no weed and pest control; inappropriate cutting and baling machinery; etc.). The advantages of this area are favorable environment (moist during the night due to the vicinity to the sea), strong history of alfalfa use, and short distance to the Bahia Blanca and San Antonio ports. The disadvantages are insufficient water availability, both in terms of quantity (competence from cash crops, mainly onions) and quality (high salt content in some years); low technology level; and farmer's idiosyncrasy; e) Colonia 25 de Mayo (#7 in Figure 1): located in the Upper Valley of the Colorado River, in Northern Patagonia, this area has a potential for irrigating 80,000 ha, although currently only 4,500 ha are irrigated, mostly with central pivots. From the latter, there are 2,000 ha planted to alfalfa, 50% of which are used exclusively for high quality hay production. These 1,000 ha belong to nine farmers that are organized in a Farmer's Chamber ("*Cámara de Productores Agropecuarios"*), who apply a very good level of technology in terms of modern varieties, machinery and crop management. These farmers could add another 8,500 ha in a near future, given appropriate hay market conditions. Average yields are 11 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (range: 6-13 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$) in 4-5 cut systems using FD 6-10 varieties. With different management, it would be possible to obtain 6 cuts $season^{-1}$ and higher forage yields. The advantages of this area are very good environmental conditions (high sunshine and thermal amplitude), non-limiting water availability, non-limiting energy sources (gas and electricity), relative low cost of land, vicinity to Bahía Blanca port (600 km) and open-minded farmers. The disadvantages are poor infrastructure for supplies and services, lack of well-trained labor, non-uniform soils (not seriously limiting) and eventual excessive soil particles content in water irrigation, demanding higher maintenance of water channels and equipment. In summary, the area has great potential, especially if a press for re-compacting big bales and a dehydration plant were built in the area.

Argentina **alfalfa hay** exports (re-compacted big bales) for the last five years are depicted in Figure 2 and exports of **alfalfa pellets** in Figure 3. The decrease in hay exports from 2013 (46,976 MT) to 2014 (29,580 MT) was related to the excessive rains during 2014 that made it very difficult to meet the minimum quality requirements for exportation. The main export destinations were UAE and SA, and to a much lesser extent, Jordan. In 2015, hay exports reached 13,168 MT by May (SENASA, 2015). The main export destinations for alfalfa pellets were Latin American countries like Uruguay, Brasil, Chile, Colombia, Venezuela and Panama. Overall, Argentina is currently not a significant player in either the international hay or pellet markets. However, there is great potential for increasing its market share in the near to medium future. Certainly, the strengthening of the existing destinations and the incorporation of new ones, particularly China, would facilitate this.

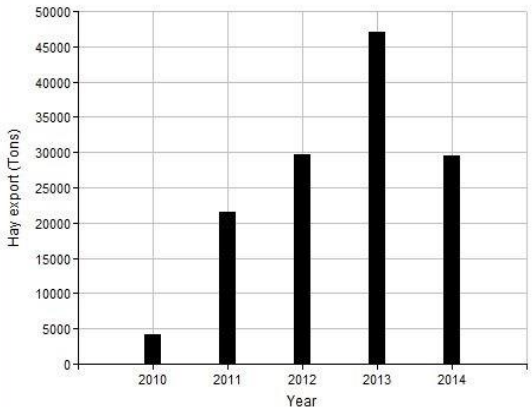


Figure 2. Argentina alfalfa hay exports (in MT) during 2010-2014 period. Source: ITC, 2015.

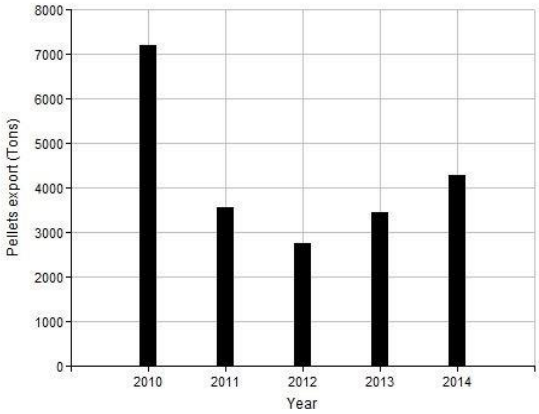


Figure 3. Argentina alfalfa pellet exports (in MT) during 2010-2014 period. Source: ITC, 2015.

Several private companies are exporting alfalfa hay and/or pellets. The most important are: a) **Alfalfa y Forraje de la Patagonia**: this is a Spanish investment with the industrial plant located in Bahía Blanca. Presently, it has the capacity for processing 50,000 MT year^{-1} for internal as well as external markets. In 2014 they exported about 15,000 MT of re-compacted big bales, including standard, premium and extra quality categories (i.e. 16-20% CP and 130-185 RFV). Their main destinations are Europe, Middle East and Asia. Last year's production came 50% from their own production and 50% from third party farms. Their own hay was produced from 1,300 ha in Choele-Choel y Viedma (Rio Negro Province) under irrigation with 23 central pivots. In the future, the final aim is to reach 10,000 ha of their own irrigated production with 160 central pivots; b) **Alfacal**: a trust of about 40 farmers from Córdoba, Santiago del Estero, Buenos Aires and San Luis Provinces, with 8,000 ha of alfalfa for hay. The industrial plant is located in Calchín, Córdoba and it has the capacity for processing 50,000 MT of big bales (400 kg) year^{-1}. This is split 30,000 MT for export and 20,000 MT for the domestic market. They expect to have a press for re-compacting bales by 2017. Main destinations are SA and UAE; c) **Alfa Pro**: a trust of 12 farmers from Calchín and Villa del Rosario, in Central-Eastern Córdoba Province. Every trustee has between 800 and 1,100 ha of alfalfa for hay. The trust can process about 20,000 MT year^{-1} of small and big bales, and it provides traceability of the production. In 2014/15, 3,000 MT of big bales were exported to SA and UAE. There are also contacts to initiate trade with China (the objective is to reach 9,000 MT) and Korea in the very near future. They also plan to produce alfalfa pellets in 2016; d) **Agro Export de la Sierra**: this is Jordan investment with the industrial plant located in the Villa Malbertina-San Francisco area (Eastern Córdoba Province), where 5,000 ha of alfalfa (own and third party farms) is processed. In 2014 they exported about 12,000 MT of re-compacted big bales and in 2015 expect to reach 25,000 MT. Their main destinations are the Middle East and Asia; e) **Zille Agro**: this is a private Argentine company located in 25 de Mayo (La Pampa Province). They process 6,000 to 10,000 MT year^{-1} of alfalfa cubes and pellets, and to a lesser extent big bales. Their alfalfa is produced on 800 ha (own and third

party farms) under both flood and central pivot irrigation. All production goes to the domestic market; f) **Alfaban**: a private Argentine investment that produces alfalfa hay on 1,100 ha located in Córdoba Province. The industrial plant is in Transito (Córdoba) and produces alfalfa pellets, small bales and big bales. Almost all of their products are for the domestic market, with the exception of some pellet production that is exported to Latin America; g) **Pellfood**: antoher Argentine private company with the industrial plant located in Calchín (Cordoba), where they process alfalfa hay obtained from 1,500 ha. They produce alfalfa pellets and big bales, mainly for the domestic market but also export pellets to Latin America; and h) **Alfa Agro**: a private investment located in Fernández (Santiago del Estero Province) that produces small, round and big bales. All production goes to the domestic market.

The **certified seed** market in Argentina is currently between 5,300 and 7,000 MT of coated seed year^{-1}, including newly produced and carry-over seed. Nearly 60% of this seed is imported mostly from USA and Australia, while the remaining 40% is locally produced. There are many private companies, either national or international, that sell seed of the currently available proprietary and public alfalfa varieties in Argentina. Most of them are affiliated to the Chamber of Seed Companies (*CSBC = "Cámara de Semilleristas de la Bolsa de Cereales"– www.csbc.com.ar)*. One of these companies, Palo Verde SRL, with 700 to 800 MT sold every year, is one of the largest and it is totally based on local production. Through a joint-venture with INTA (National Institute for Agricultural Technology), the company commercializes the new varieties released by INTA since 2009. Previous INTA's alfalfa varieties (released between 1998 and 2008) are sold by another national seed company, Produsem SA.

An Overview of Alfalfa Development in Argentina

Daniel Basigalup

(EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina)

Key words: forage production, varieties, breeding, insects, and diseases

Alfalfa was introduced in Argentina by the Spaniards in the 17th century and by 1921/22, the alfalfa was used on a record 8.5 million ha. Since then, the general trend was a reduction in area, even though in a non consistent way: 5.3 million in 1934/35, 7.6 million in 1954/55, 3.2 million in 1972/73, 7.1 million in 1996/97, and 3.5 million in 2003/04. At present, with nearly 3.7 million ha, Argentina is one the largest alfalfa producers in the world. About 60% of alfalfa is planted as pure stands and 40% in mixtures with temperate grasses, mainly tall fescue (*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh., formerly *Festuca arundinacea* Schreb.), prairie grass (*Bromus catharticus* Vahl.), ryegrass (*Lolium* spp.), and tall wheatgrass (*Thinopyron ponticum* (Podp.) Barkworth & Dewey). Pure stands are primarily used for dairy and hay production, while mixtures with grasses are usually devoted to beef production. Approximately 80% of the total alfalfa area is cultivated under rain fed conditions for dairy, beef and hay production in the Pampas Region, while the remaining 20% is devoted to hay and seed production under irrigation in the Northwestern, Western and Patagonia regions of Argentina (Figure 1). Direct grazing is still very popular for animal production; however, hay production for both domestic and international markets is becoming increasingly important.

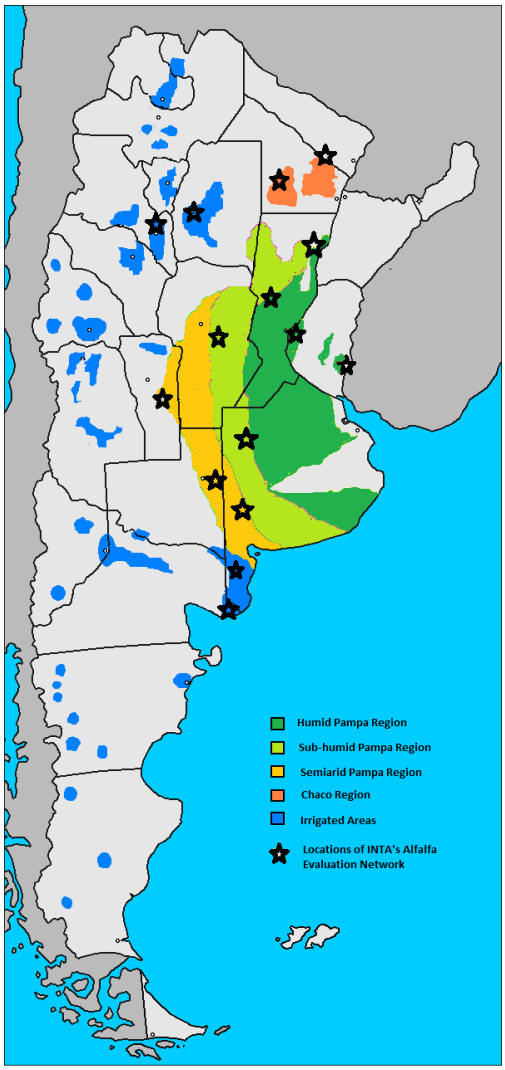


Figure 1. Alfalfa distribution in Argentina and locations in INTA's Alfalfa Cultivar Evaluations Network.

In 1970, INTA (Institute for Agricultural Technology), created the Alfalfa Program in order to initiate an organized and comprehensive research and extension activities on specific topics for overcoming the several problems the crop had at that time. In 1975, the program was enriched by the economic and technical assistance of FAO, through the FAO/INTA ARG 75/006 Project. As a consequence, a great

deal of information was produced and published in several books and many research articles and technical bulletins during the following years. The most recent book "*El Cultivo de la Alfalfa en la Argentina*" (The Alfalfa Crop in Argentina) was published in 2007 and it summarizes most of the research conducted by INTA in recent years (Basigalup, 2007).

More than 500 varieties have been registered since 1980, and about 130 varieties are currently in the market. Among these varieties, 65% belong to fall dormancy (FD) classes 8-10 and 35% to FD 6-7. The vast majority of those cultivars come from private companies, either domestic or international. Most of the new releases are provided by USA and Australian breeding programs; however, INTA's varieties currently have about 20% market share.

INTA has run the National Alfalfa Cultivar Evaluation Network since 1990 to help farmers in the process of choosing the most adapted varieties. This network has 15 locations across the country that represents the range of environmental conditions and production systems (rain fed or irrigated) (Figure 1). Cultivars are divided into two groups according to their growing cycle: moderately dormant (FD 6-7) and non-dormant (FD 8-10), generating two trials in each series. Every second year, a new series of trials is planted and the trials are conducted for four years under cutting conditions. At the end of each growing season (May-June), results from the evaluations (MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ and stand density) are statistically analyzed and published annually (Spada, 2014). Once a series of trials is finished (4 years), the statistical analyses of accumulated forage production and final persistence is provided, as well as a genotype*environment interaction analysis. Results from the last 10 years show that average forage production for FD 5-7 cultivars ranges from 5 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Anguil, Semiarid Pampa Region-5 cuts) to 24 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Marcos Juárez, Sub-humid Pampa Region-6 cuts) under rain fed conditions; and 17.2 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Hilario Ascasubi, Southern Pampa Region-6 cuts) to 20 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Viedma, Northern Patagonia-6 cuts) under irrigation. For the non-dormant cultivars (FD 8-10), forage production ranges from 5.3 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Anguil-5 cuts) to 25.2 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Marcos Juárez-8 cuts) under rain fed conditions; and 17.3 MT DM ha^{-1} $year^{-1}$ (Catamarca, Northwestern Region-8 cuts) to 23 ton MT ha^{-1} $year^{-1}$ (Santiago del Estero, North-Western Region-8 cuts) under irrigation. These previous forage yields from INTA's evaluation network provide an indication of DM yields that can be obtained in each location; however, DM productions obtained by farmers are usually lower, and in some cases much lower, due to management problems (planting failures, incorrect weed and insect control, soil fertility, improper cutting schedules, low grazing efficiency, etc.).

The certified seed market (coated seed) in Argentina was around 7,000 MT in 2014 and 5,343 MT in 2015, including newly produced and carry-over seed. About 60% of that seed is produced in USA and Australia and the remaining seed is produced locally. In addition, approximated another 0.8 to 1.2 million MT $year^{-1}$ of identified, illegal seed (known as "white bag") is informally sold. In 2014/15 Argentina imported 2,062 MT of raw seed (+ 50% weight increase due to coating = 3, 093 MT of coated seed) and produced

nearly 1,500 MT (= 2,250 MT of coated seed). In 2013/14, local seed production was 2,400 MT (raw seed), demonstrating the variability of local production. Sowing rate varies from 10 to 18 kg ha^{-1}, depending on farmer's preference, soil preparation and seed price. Direct planting (no-till) is a common practice in several areas of the Pampa Region and co-exists with conventional (tilling) planting.

Most of local seed in Argentina is produced under irrigation in the Lower Valley of the Colorado River (South of Buenos Aires Province), where there are about 7,000 ha planted for seed production. Average seed yields are 150-200 kg ha^{-1}, but yields of 400-500 kg ha^{-1} can be obtained with good management practices including the use of leaf-cutter bees (*Megachile rotundata*) as pollinators. In Western Argentina (i.e. San Juan and Catamarca Provinces), environmental conditions are much better for seed production and potential yields can reach 800-900 kg ha^{-1}; however, the actual average is around 250-300 kg ha^{-1} due to poor management and infrastructure. There are some areas, like Chaco and La Pampa, where production is under no irrigation and yields are quite variable (100 to 250 kg ha^{-1}), depending basically on the rainfall during the season.

Diseases and insect pests limit the growth and overall persistence of alfalfa. The most important insect pests are: 1) **aphids**, particularly pea aphid (*Acyrthosiphon pisum* Harris); blue alfalfa aphid (*Acyrthosiphon kondoi* Shinji); and spotted alfalfa aphid (*Terioaphis trifolii* Monnell). Most of the commercial varieties are now resistant/highly resistant to these aphids. The cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) is also present and eventually may cause economic damages; however, its importance resides in that it is the vector for the alfalfa dwarf and enation virus, an important, widely distributed and growing disease (Bejerman *et al.*, 2011); 2) **thrips** (*Caliotrips phaseoli; Thrips* spp.; and *Frankliniella* spp.) can cause economic damage and are especially important during establishment; 3) **caterpillars** and **cutworms**, represented by several species like *Colias lesbia* Fab., *Agrotis malefida* Guen, *Porosagrotis gypaetina* Guen, *Euxoa bilitura* Guen, and others can significantly reduce forage yield in any year; and 4) **root curculio complex**, a combination of several species (*Pantomorus leucoloma* Boh.; *P. auripes* Hust*; P. verecundus* Hust.*; P. viridisquamosus* Boh.*, P. ambiguous* Boh.*; Naupactus cinereidorsum* Hust.*; Priocyphus bosqui* Hust.*; Trychonaupactus densius* Hust*:*, and others) that can cause important root damages and dramatically affect stand density, particularly in semiarid and sandy soils areas.

Among the most important diseases are: a) **root/crown and wilt diseases**: corky root (*Xylaria* spp.); Phytophthora root rot (*Phytophthora megasperma* Drechs, f.sp. *medicaginis*); crown and root rot complex (several species of *Fusarium*, *Rhizoctonia solani* Kühn, *Colletotrichum trifolii* Bain & Essary, *Phoma* spp., etc.); Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* Schlecht. F. sp. *medicaginis*); and anthracnose (*C. trifolli*). There are good sources of resistance for these diseases, except corky root and crown and root rot complex; b) **leaf diseases**: common leaf spot (*Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc.; lepto leaf spot (*Leptosphaerulina briosiana* (Poll.) Graham & Lutrell); rust (*Uromyces striatus* Schroet.); spring black stem (*Phoma medicaginis* Malbr. & Roum var. *medicaginis*); yellow leaf blotch (*Leptotrochila medicaginis* (Fckl.) Schüepp); and mildew (*Peronospora trifoliorum* De Bary). In general, cultivars selected in Argentina under

field conditions have higher tolerance levels to leaf diseases than the foreign varieties; and c) **virus diseases**: alfalfa mosaic virus (AMV) and alfalfa dwarf and enation virus.

In terms of animal production, benign climatic conditions (i.e., mild winters with frosts of varied intensity but no snow in most production areas) allow cattle grazing all year round. Compared to other production systems, grazing alfalfa offers lower production costs and better utilization of alfalfa forage quality; on the other hand, it increases the risk of bloat and requires longer cattle finishing periods. The use of feed-lot type operations has dramatically increased in the last 15 years to take advantage of the faster cattle finishing. Utilization of corn or sorghum silage has become increasingly important for most dairy and beef production systems that use varied degrees of cattle confinement. In dairy operations, nearly 65% of milk is still produced in grazing-based systems in which alfalfa represents 50% (winter) to 80% (spring and summer) of the total diet. Essentially all farmers use rotational grazing for alfalfa, based on the fact that alfalfa can tolerate intensive grazing periods as long as they are not frequent. In order to define a rotational grazing system, it is critical to determine the grazing frequency and the intensity of utilization. For Argentina, Ustarroz *et al*. (1997), based on the influence of environmental conditions and cultivar fall dormancy, established a range of 23 (spring/summer) to 42 (fall/winter) days between grazing periods. The optimum length of the grazing period on average is 7 days for most cultivars. However, when the growth rate is high, grazing periods no longer than 5 days are preferable for very non-dormant varieties. Conversely, the more dormant cultivars can tolerate grazing periods up to 12 days most of the year. For dairy production, use of daily grazing strips (1 day of grazing: 35 days of resting) are quite popular.

Under appropriate management, even alfalfa cultivars bred for hay production are capable of high yields and persistence under grazing. The intensity of grazing is also important and relates to forage availability and stocking rate. Ustarroz *et al*. (1997) found that grazing intensity did not affect yield but did affect forage quality. Alfalfa digestibility and crude protein (CP) content decrease from the upper to the lower portion of canopy and the more intense the grazing the lower the quality of the diet, which is reflected in lower individual daily gains. However, where high grazing intensity corresponds to higher stocking rate, total production per unit area (kg of beef ha^{-1}) is higher. On the contrary, maintaining high diet quality is essential for dairy production; therefore, daily strips are recommended when using alfalfa for milk production under grazing.

Bloat causes important economic losses in Argentina every year, due to direct (animal death) or indirect (digestive disorders, prevention costs, pasture sub-utilization, etc.) effects. Several methods for reducing the incidence of the problem, with varying degree of effectiveness, are available for the farmers. In 2001, INTA released ProINTA Carmina, a non-dormant alfalfa variety with lower initial rate of DM disappearance that was able to reduce the incidence of bloat by an average of 25.2% compared to a conventional check variety (Bernádez *et al*.,2009).

Both private and public breeding programs are primarily aimed at high forage production and

persistence. In addition, due to fact that grain production (particularly soybeans) displaced a significant amount of alfalfa in the last decade to areas with limiting conditions, tolerance to abiotic stresses, mainly salinity, and to a lesser extent drought, are becoming more important breeding objectives. Some programs are also looking for higher forage quality through a decrease in lignin content or an increase in multifoliolate expression. Two genetically modified (GM) traits have deregulated in USA, and the first of these (RR alfalfa) is expected to be commercialized in Argentina in 2017.

Public sector partnerships with commercial seed companies are common internationally. INTA ́s alfalfa breeding program is conducted as a joint venture with Palo Verde SRL, an Argentine private seed company which is in charge of financing the activities and commercializing the resulting cultivars. As a consequence of this agreement, three new varieties were released in 2011: *Pulmari PV INTA* (FD 6), *Traful PV INTA* (FD 9) and *Limay PV INTA* (FD 9 adapted to heavy, silty-clay soils). In a near future, a new variety with very high (77%) multileaf expression, higher ($p< 0.05$) CP content and leaf/stem ratio, and lower ($p<0.05$) fiber (NDF and ADF) content, will be released. This new cultivar is intended primarily for high quality hay production. In cooperation with INTA Santiago del Estero, several experimental populations tolerant to salty soils (6 to 22 dS m^{-1}) have been developed using phenotypic selection under field conditions. Two of them have proven to be very promising in evaluations carried out in the USDA Salinity Lab in Riverside, CA, USA (data not published yet). There is also another research line oriented to develop a highly non-dormant bloat-tolerant cultivar through phenotypic selection cycles based on NIRS technology for identifying genotypes with lower initial rate of DM disappearance.

The use of new technologies, particularly molecular breeding, is becoming increasingly important in INTA's alfalfa improvement program. In searching for higher forage yield, a number of experimental populations were developed using SSR markers to identify genetically distant parents in order to increase heterosis in the resulting synthetic populations. Field evaluation of these materials will start in the spring 2015. Finally, a consortium among INTA, CONICET (another Argentine public institution) and a private company was conformed to produce a transgenic alfalfa tolerant to ammonia gluphosinate. The transgenic trait was introduced into an elite germplasm after six introgression cycles and some of the field evaluations of this experimental population will start in the spring 2015.

In summary, Argentina remains one of the main alfalfa producers in the world, offering large areas with highly appropriated environmental conditions for producing high forage yields of very good quality. It has long experience and a great deal of knowledge on the crop, as well as very active breeding programs and quick access to updated technology. These breeding programs are delivering new varieties with a range of traits to improve the profitability of this crop for Argentine farmers. These improvements should result in expanded use of alfalfa in the future.

第二部分

苜蓿基础研究

苜蓿皂苷对细胞胆固醇逆向转运的影响

陈言言，张冬强，朱晓艳，袁德地，刘伯帅，王成章，史莹华

（河南农业大学牧医工程学院，河南郑州 450002）

摘　要　为了研究苜蓿皂苷对胆固醇逆向转运的影响,本试验以大鼠BRL肝细胞、小鼠ANA-1 巨噬细胞为研究对象，从细胞和分子水平上研究了苜蓿皂苷对胆固醇逆向转运的影响及其机理。方法：以大鼠BRL肝细胞建立了脂变肝细胞模型，以小鼠ANA-1细胞构建了荷脂巨噬细胞模型，并测定了大鼠 BRL 肝细胞和小鼠 ANA-1 巨噬细胞中与胆固醇逆转运相关的受体 ATP 结合盒转运体 A1 (ABCA1)、清道夫受体B1(SR-B1) mRNA表达量的变化。 结果表明：(1) 正常BRL细胞ABCA1表达量上升，而苜蓿皂苷对脂变BRL细胞各基因的影响不大。(2) 苜蓿皂苷对 正常和荷脂ANA-1细胞ABCA1、SR-B1 mRNA表达量影响均不大。

关键词　苜蓿皂苷；BRL肝细胞；ANA-1巨噬细胞；逆转录；mRNA表达

Effects of Alfalfa Saponins on Reverse Cholesterol Transport in Cell

CHEN Yan-yan，ZHANG Dong-qiang,YUAN De-di,
LIU Bo-shuai,WANG Cheng-zhang,SHI Ying-hua

(College of Animal Science and Veterinary Medicine，Henan Agricultural University，Zhengzhou 450002，China)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the effects of alfalfa saponins (AS) on mRNA expression of ABCA1 and SR-B1, and to discuss the effects of AS on reverse cholesterol transport from molecular and cellular level. Methods: BRL and ANA-1 cells were used as materials, the hyperlipidemic BRL and ANA-1 cell model were established. Then the mRNA expressions of ABCA1 and SR-B1 were detected using qRT-PCR technique. Results: (1) AS significantly increased the mRNA expressions of ABCA1 in normal BRL cells, while AS had no effects on hyperlipidemic BRL cells. (2) AS had no effects on mRNA expressions of ABCA1 and SR-B1 both in normal and hyperlipidemic ANA-1 cells.

Keywords: Alfalfa saponins; BRL cells; ANA-1 macrophages cells; Reverse transcription; mRNA expression

苜蓿是一种优良的多年生豆科牧草，素有“牧草之王”的美称，在畜牧业上应用广泛，随着对苜蓿研究的深入，苜蓿所含有的多种生物活性物质越来越受到研究者的重视。苜蓿皂苷是一种从苜蓿中提

取的具有独特生物学活性的物质，由糖中羟基或非糖类化合物的羟基以缩醛链(苷链)脱水缩合而成的环状缩醛物，其机构为五环三萜烯类化合物。苜蓿皂苷的主要生物学功能是：促进胆固醇排泄、降血脂、减轻动脉硬化、抗菌、提高动物机体对抗原的特异性抗体的水平、抗氧化、清除自由基、镇痛、促生长、促蛋白消化合成及减少氮磷排泄的作用。但苜蓿皂苷调节胆固醇代谢的机制尤其是对胆固醇逆向转运方面的研究报道很少。本试验在细胞水平上研究了苜蓿皂苷对胆固醇逆向转运的影响，并对其分子机理进行了初步探讨，为其在安全、绿色、健康畜产品生产中的广泛应用提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用苜蓿皂苷由河北省沧州市宝恩生物科技有限公司提供。由苜蓿草粉经醇提法与大孔树脂柱分离纯化得到。经薄层层析法检测其主要成分为苜蓿皂苷，经紫外分光光度法检测其中总皂苷含量为51%。大鼠 BRL 肝细胞、小鼠 ANA-1 巨噬细胞购于中国科学院上海生科院细胞资源中心。

1.2 细胞计数

（1）制备浓度适中的细胞悬液。（2）将计数板及盖片擦拭干净，并在计数板上盖好盖片。（3）吸出 15 μl 细胞悬液，沿着盖片边缘缓慢滴加，直至悬液充满盖片和计数板之间，静置 3 min 左右，注意盖片下不要有气泡，也不能让悬液流入旁边槽中。（4）数计数板四大格中的所有细胞，压线细胞只计左侧和上方的，避免重复计数。 镜下俩个或细胞团按单个细胞计数，若细胞团 10% 以上，说明分散不好，需重新制备细胞悬液。（5）细胞数/ml=四大格细胞总数/4×104

1.3 BRL 细胞的培养

将 BRL 细胞接种于 25 cm 培养瓶中，加入含 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，铺满瓶底即可，置于 37 ℃，5% C02 培养箱中培养。每两天更换一次新鲜培养液，定期将培养瓶置于显微镜下观察，当细胞生长至瓶底 70%左右时即可传代或冻存。

（1）脂变 BRL 细胞模型的建立

BRL 细胞接种于 50 ml 的细胞培养瓶中，10% 胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，于 37 ℃，5% 二氧化碳培养箱中培养，待细胞贴壁长满瓶底，胰酶消化，计数后传代。接种于 6 孔板中，每孔接种约 1.5×105 个细胞，待细胞长满 80%后，更换新鲜培养基，在培养基中加入 50%胎牛血清，继续培养 24-48 h 至出现细胞内脂滴或泡沫样物沉积，即制成脂变肝细胞模型。将所得细胞改置于含 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中，使其静止 24 h 后，再做相应的处理。

（2）试验分组：

细胞用六孔板培养，试验分为为 4 个组，每组六个重复，具体分组情况如下：

正常对照组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液，培养 24 h 后换液，培养 48 h 后，置于 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h。

苜蓿皂苷组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 DMEM 高糖培液，培养 24 h 后换液，培养 48 h 后，置于 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的 300 μg/ml (终浓度为 100 μg/ml) 苜蓿皂苷溶解液，培养 24 h。

脂变模型组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，培养 24 h 后换成 50% 胎牛血清的高糖 DMEM 培养液培养 48 h 后、置于 0.1% 胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h。

脂变皂苷组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，培养 24 h 后换成 50% 胎牛血清的高糖 DMEM 培养液培养 48 h 后、置于 0.1% 胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的 300 μg/ml (终浓度为 100 μg/ml) 苜蓿皂苷溶解液，培养 24 h。

1.4 ANA-1 细胞的培养

将 ANA-1 细胞接种于 25 cm2 培养瓶中，加入含 10% 胎牛血清的 RPMI-1640 培养液，铺满瓶底即可，置于 37℃，5% CO2 培养箱中培养。注意更换新鲜培养液。密度达到 2×106 cells/ml，更换培养基，定期将培养瓶置于显微镜下观察，观察细胞形态。

（1）荷脂 ANA-1 细胞模型的建立

试验前以无血清的 RPMI-l640 培养细胞 12 h，使试验用细胞处于静止状态。用 50mg/L 的 ox-LDL 作用于巨噬细胞 48 h，造成荷脂 ANA-1 细胞模型。

（2）试验分组

细胞用六孔板培养，试验分为为 4 个组，每组六个重复，具体分组情况如下：

正常对照组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 RPMI-l640 培养液，培养 48 h 后置于 0.1% 胎牛血清的 RPMI-l640 培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h

苜蓿皂苷组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 RPMI-l640 培养液，培养 48 h 后置于 0.1% 胎牛血清的 RPMI-l640 培养液中静止 24 h，加入 100 μl 300 μg/ml (终浓度为 100 μg/ml)苜蓿皂苷溶解液的培养基培养 24 h。

荷脂模型组：六孔板每孔添加 2.8 ml 10% 胎牛血清的 RPMI-l640 培养液，100 μl 1.45 μg/μl 的 ox-LDL (终浓度 50 mg/L) 培养 48 h 后置于 0.1% 胎牛血清的 RPMI-l640 培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h。

荷脂皂苷组：六孔板每孔添加 2.8 ml 10% 胎牛血清的 RPMI-l640 培养液，100 μl 1.45 μg/μl 的 ox-LDL (终浓度 50 mg/L) 培养 48 h 后置于 0.1%胎牛血清的 RPMI-l640 培养液中静止 24 h，加入 100 μl 300 μg/ml (终浓度为 100 μg/ml) 苜蓿皂苷溶解液的培养基培养 24 h。

1.5 指标测定与方法

1.5.1 MTT 法测定苜蓿皂苷对 BRL、ANA-1 细胞活性的影响

1.5.1.1 MTT 溶液的配制

将 20ml FBS 加入 50ml 离心管中，再吸取 500-1000μl FBS 与 MTT 混匀，再移入离心管中混匀。要多重复几次，使 MTT 不残留于小管内。混匀后，用 0.22μm 滤膜过滤除去溶液中的细菌，每管分装 1ml,避光（锡箔纸包住）保存于-20℃。

1.5.1.2 细胞活性的测定方法

用浓度为 2×104 个/ml 的细胞悬液以每孔接种于 96 孔板，每孔 100ul，培养 24h 后加入不同剂量的苜蓿皂苷，终浓度分别为 50、100、200、250 μg/μl 。每组 6 个复孔，5%CO2,37℃培养 24h，显微

镜观察其效果；加入 10μl MTT 孵育，4h 后加入 3000rpm 离心 5min 后移走上清，每孔加 DMSO 150μl 震荡 10min,以无细胞空白孔为零点，在波长 490nm 处检测各孔吸光值。

1.6 mRNA 相对表达量测定

1.6.1 细胞总 RNA 提取

（1）匀浆的制备

BRL 细胞：吸去细胞培养皿中的上清，每 10 cm2 培养皿面积加 1 ml Trizol，枪头上下吹打几次，转移到 EP 管中。

ANA-1 细胞：将细胞悬液转移到 15 ml 离心管中 1000 rpm 离心 5 min，弃上清，每 5-106 个细胞添加 1 ml Trizol，枪头吹打几次后转移到 EP 管中。

（2）室温下静置孵育 5 min，使组织或细胞完全溶解。

（3）加入 200 μl 三氯甲烷，剧烈摇晃 15s。

（4）4℃下，12000 g，离心 15 min，液体分为三层。

（5）45 度倾斜离心管，吸收上层水相 400 μl 左右，移入新的离心管，操作过程中应避免碰到中间相与有机相。

（6）每 1 ml Trizol 加入 0.5 ml 异丙醇，轻轻翻转摇匀。

（7）室温下孵育 10 min。 4℃，12000 g 离心 10 min。

（8）弃去上清液，只留下 RNA 沉淀。

（9）每 1 ml Trizol 加入 1 ml 75%的乙醇，洗涤 RNA 沉淀。

（10）涡旋震荡数秒，4℃，7500 g 离心 5 min，弃去洗涤液。

（11）空气或真空干燥 5～10 min,干燥不要太彻底，以免 RNA 难以溶解。

（12）将其重新溶于 50 μl 不含 RNA 酶的水中，用枪头轻轻吹打，55℃～60℃，10～15 min 使 RNA 完全溶解。

（13）RNA 保存于-80℃冰箱，以备后续试验使用。

1.6.2 RNA 浓度的测定

采用 Thermo 微量紫外分光光度计 260 nm 处测定总 RNA 浓度，并记录 OD260/OD280 比值，结果在 1.8～2.0 之间的样本满足要求。

1.6.3 总 RNA 的质量检测

用 1%琼脂糖凝胶胶电泳鉴定 RNA 的完整性

1.6.4 RNA 反转录过程

采用大连宝生物工程公司提供的 Reverse Transcriptase M-MLV (Rnase H-)试剂盒，按照说明书进行操作

1.6.5 引物设计与合成

根据 Genebank 大鼠 GAPDH、ABCA1、SR-B1DNA 序列，小鼠 β-Actin、ABCA1、SR-B1DNA 序列运用 Primer 5.0 设计引物，本试验所设计的各种引物结果如下表：

表 1　荧光定量 PCR 引物

Table 1 Primers of real-time fluorescence quantitative PCR

基因名称	物种	基因库登记号		引物序列(5'-3')
GAPDH	大鼠	NC_005103.3	上游	ACATCAAGAAGGTGGTGAAGCAG
			下游	TCAAAGGTGGAAGAATGGGAGTT
ABCA1	大鼠	NC_005104	上游	GTGTCCCGAATCGTCTGT
			下游	CCAAGTTCTTCATCAAATCAT
SR-B1	大鼠	NC_005111	上游	TTCGTTTCCAGCCAGACAG
			下游	CCGTGCGGTTCATAAAGG
β-Actin	小鼠	NC_000071.6	上游	CCAACCGTGAAAAGATGACC
			下游	ATCACAATGCCTGTGGTACG
ABCA1	小鼠	NC_000070	上游	GAGCAAAGCCAAGCATCTTC
			下游	AGCAGGGACCACATAATTGC
SR-B1	小鼠	NC_000071	上游	AATGGAACGGACTCAGCAAG
			下游	AGGATTCGGGTGTCATGAAG

1.6.6　荧光定量 PCR

本试验采采用 SYBR qPCR Mix 为荧光染料，经过摸索确定最佳反应体系如下：SYBR qPCR Mix 5 μl，DEPC 处理水 3.8μl，模板量 1μl，上下游引物各 0.1 μl，总体系为 10μl。按照以下条件设定 RT-PCR 仪器，进行 PCR 反应：95℃预变性 2 min ；95℃变性 15 s ，95℃变性 15 s，60℃退火 20 s，72℃延伸 30 s；此步骤 40 个循环；Meilting Cule，20℃保存 10min。　根据本试验条件，采用 2-△△Ct 法对数据进行分析处理。

1.7　统计分析

试验数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析(One way ANOVA)，Duncan 氏法进行组间多重比较，以 $P < 0.05$ 表示差异显著，$P < 0.01$ 表示差异极显著，结果用"平均值±标准差"

2　结果与分析

2.1　苜蓿皂苷对 BRL、ANA-1 细胞活性的影响

由表 2 可知苜蓿皂苷添加终浓度为 50、100 μg/ml 时，BRL 细胞活性与对照组相比差异不大，而 200、250 μg/ml 时 BRL 肝细胞活性升高且差异极显著(P<0.01)。添加不同浓度的苜蓿皂苷对 ANA-1 巨噬细胞活性的影响均未达到显著水平，但随着皂苷浓度的上升，ANA-1 巨噬细胞活性有下降趋势。

表 2 苜蓿皂苷对 BRL、ANA-1 细胞活性的影响

Table 2 Effects of alfalfa saponins on activity of BRL and ANA-1 cells

皂苷浓度 (μg/ml) Concentration of alfalfa saponins (μg /ml)	BRL 肝细胞 BRL cells	ANA-1 巨噬细胞 ANA-1 cells
0	0.57±0.03A	0.80±0.03a
50	0.57±0.02A	0.84±0.01a
100	0.62±0.08A	0.84±0.03a
200	0.70±0.05B	0.82±0.06a
250	0.74±0.03B	0.76±0.05a

注：同列肩标大写字母不同表示差异极显著(P < 0.01)，同列肩标小写字母不同表示差异显著(P < 0.05)，下表同。

Note: within a column followed by different superscripts are different, a lower case letter means a significant difference (P < 0.05), a capital letter means a highly significant difference (P < 0.01), the same as in the following tables.

2.2 苜蓿皂苷对 BRL 细胞 ABCA1、SR-B1 的影响

由表 3 可知，和正常对照组相比较，苜蓿皂苷组 ABCA1 表达量升高了 5.97 倍，差异达到极显著(P<0.01)、脂变模型组升高了 1.46 倍，脂变皂苷组升高了 1.47 倍，但差异并不显著(P>0.05)，苜蓿皂苷组 SR-B1 的表达量升高 1.69 倍但差异达并不显著(P>0.05)，脂变模型组和脂变皂苷组则分别降低了 0.17、0.35 倍，但差异并不显著(P>0.05)。和脂变模型组相比较，脂变皂苷组 ABCA1 的表达量没有明显变化(P>0.05)，SR-B1 的表达量略有升高但差异不显著(P>0.05)。

表 3 苜蓿皂苷对 BRL 细胞 ABCA1、SR-B1 的影响

Table3 Effects of alfalfa saponins on ABCA1and SR-B1 mRNA expression in BRL cells

组别 Group	ATP 结合盒转运子 A1 ABCA1	清道夫受体 B1 SR-B1
正常对照组 Normal control group	1.00±0.12A	1.00±0.06a
苜蓿皂苷组 Alfalfa saponins group	5.97±0.18B	1.69±0.07a
脂变模型组 Hyperlipidemic model group	1.46±0.22A	0.17±0.01a
脂变皂苷组 Hyperlipidemia saponins group	1.47±0.13A	0.35±0.32a

2.3 苜蓿皂苷对 ANA-1 细胞 ABCA1、SR-B1 的影响

由表 4 可知，和正常对照组相比较，苜蓿皂苷组 ABCA1 表达量降低了 0.59 倍，但差异不显著(P>0.05)，荷脂模型组降低了 0.24 倍，荷脂皂苷组降低了 0.26 倍，差异均达到显著水平(P<0.01)，苜蓿皂苷组 SR-B1 的表达量下降了 0.60 倍但差异并不显著(P>0.05)，荷脂模型组和荷脂皂苷组则分别升高了 4.56、4.07 倍，差异极显著(P<0.01)。和荷脂模型组相比较，荷脂皂苷组 ABCA1、SR-B1 的表达量均没有明显变化(P>0.05)。

表 4　苜蓿皂苷对 ANA-1 细胞 ABCA1、SR-B1 的影响

Table 4 Effects of alfalfa saponins on ABCA1 and SR-B1 mRNA expression in ANA-1 cells

组别 Group	ATP 结合盒转运子 A1 ABCA1	清道夫受体 B1 SR-B1
正常对照组 Normoal control group	1.00±0.04a	1.00±0.16A
苜蓿皂苷组 Alfalfa saponins group	0.59±0.15ab	0.60±0.1A
荷脂模型组 Hyperlipidemic model group	0.24±0.07bc	4.56±0.02B
荷脂皂苷组 Hyperlipidemia saponins group	0.26±0.02bc	4.07±0.45B

3　讨论

3.1　苜蓿皂苷对 BRL、ANA-1 细胞活性的影响

苜蓿皂苷具有溶血作用，将皂苷水溶液注射入血液 ，低浓度时即可使红细胞破裂。一般认为溶血作用与皂苷和红细胞膜中胆固醇的相互作用有关。本试验用 MTT 法检测苜蓿皂苷对 BRL 细胞、ANA-1 细胞生长的影响，以确定苜蓿皂苷对这两种细胞是否具有毒性，并确定细胞培养过程中苜蓿皂苷的添加量，为后续试验打下基础。试验结果表明，苜蓿皂苷浓度小于 100 μg/ml 时对 BRL 肝细胞的活性并无影响，苜蓿皂苷各个剂量对 ANA-1 巨噬细胞的影响差异均不显著，但浓度高于 100 μg/ml 时，ANA-1 巨噬细胞活性有下降趋势，故选取 100 μg /ml 作为细胞培养过程中苜蓿皂苷的添加量。

3.2　苜蓿皂苷对胆固醇逆向转运的影响

胆固醇逆转运(RCT)是指除提供生理需要外，外周细胞包括巨噬细胞中多余的胆固醇从外周细胞流出，经一系列转运，最后被转运至肝脏，以胆汁内胆固醇及胆盐的形式排出体外的过程。RCT 是机体排出多余胆固醇的最主要途径，也是机体抗动脉粥样硬化的重要机制之一。本试验选取了胆固醇逆向转运过程中的两种关键受体 ABCA1、SR-B1，研究苜蓿皂苷对其 mRNA 表达量的影响。ATP 结合盒转运体 A1 是 ATP 结合盒转运体(ABC) 超家族的成员之一，能促进细胞内胆固醇流出而参与胆固醇的逆向转运过程,从而清除组织过量的胆固醇。它是近年来新发现的启动细胞内胆固醇外流、形成 HDL、增加 RCT 的关键基因，对脂质代谢和动脉粥样硬化的发生及发展具有重要影响。大量研究表明高表达 ABCA1 的转基因小鼠可以升高血清中 HDL 含量，降低 LDL 含量，加速体内胆固醇的流出， 同时，ABCA1 在巨噬细胞清除过多的胆固醇，阻止动脉粥样硬化进展方面发挥重要作用。本试验研究表明添加苜蓿皂苷后正常 BRL 细胞中 ABCA1 的表达量显著升高，说明苜蓿皂苷可增加正常肝细胞 ABCA1 的表达，增加胆固醇的逆向转运。而添加苜蓿皂苷后脂变 BRL 细胞和荷脂 ANA-1 细胞中 ABCA1 表达量变化并不大。表明苜蓿皂苷主要影响正常肝细胞胆固醇的逆向转运，而对脂变细胞胆固醇的逆向转运无影响。

SR-B1 是在分子水平上得到确认的第一个高密度脂蛋白受体，是肝细胞表面最重要受体之一，其表达水平的高低与 HDL 水平呈负相关，不仅参与介导胆固醇酯的选择性摄取，还参与介导外周细胞胆固醇的流出；由于其参与胆固醇逆转运过程的两端，因此对于体内胆固醇的代谢平衡十分重要。

Mariet 等的研究发现肝脏 SR-B1 低水平表达的小鼠血浆中胆固醇的水平升高了 50-70%，HDL 中脂质增加；而在 SR-B1 的表达模型中，小鼠血浆 HDL 水平明显下降，胆固醇和胆固醇脂从胆汁的排出明显增多，具有显著的抗动脉粥样硬化作用。本试验研究结果表明，苜蓿皂苷对正常和脂变 BRL 和 ANA-1 细胞 SR-B1 的表达均没有影响。前人的研究表明苜蓿皂苷可显著影响大鼠肝脏 SR-B1 的表达，推测苜蓿皂苷对大鼠肝脏 SR-B1 的影响可能是代偿性的而非直接作用，具体的作用机制还需进一步研究。

4 结论

（1）添加苜蓿皂苷后正常 BRL 细胞中 ABCA1 的表达量显著升高，说明苜蓿皂苷可通过调控 ABCA1 的表达来增加正常肝细胞胆固醇的逆向转运。

（2）苜蓿皂苷对正常和脂变 BRL 和 ANA-1 细胞中 SR-B1 的表达量均无影响。 (参考文献略)

富氢水缓解紫花苜蓿逆境胁迫:研究现状及应用探讨

崔为体，谢彦杰，沈文飚

（南京农业大学生命科学学院，江苏 南京 210095）

摘　要　紫花苜蓿是种植范围最广的优质牧草之一，但其产量和质量正受到生产环境的制约。利用氢气的生物调节功能，通过富氢水处理能够调控紫花苜蓿包括抗氧化能力在内的细胞进程，进而缓解逆境胁迫。文章综述了氢气在植物中的生理效应，尤其是缓解逆境胁迫的研究进展，并对未来的研究及在牧草生产中的应用进行了展望。

关键词　紫花苜蓿；逆境胁迫；富氢水；氧化伤害

Alleviated Environmental Stresses by Hydrogen-rich Water in Alfalfa: Research Situation and Possibility Application

CUI Wei-ti, XIE Yan-jie, SHEN Wen-biao

(College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Alfalfa is one of the high quality forage grasses in most range of growth. However, its production and quality are suffering of threats under the environment. Taking advantage of the biological regulatory of the hydrogen gas, the cell processes including anti-oxidative capacity were regulated by treating with hydrogen-rich water, which further resulted to the alleviation of environmental stresses. The physiological effects of hydrogen gas in plants, especially alleviation of the environmental stresses are reviewed in this paper. The prospects of research directions and further usage in forage grass production are forecast at the same time.

Keywords: Alfalfa; environmental stress; Hydrogen-rich water; Oxidative damage

紫花苜蓿是世界范围广泛种植的优质牧草，2011 年我国的种植面积就达 5662 万亩，产量约 2330 万吨。但是，2012 年我国仍进口苜蓿 44.22 万吨，比上年增加 60.46%（王加亭等，2013，中国畜牧业）。由于我国农业现代化过程中的普遍误区，草地畜牧业发展没有引起重视（任继周，2005，草业科学）；苜蓿种植大多不占用农田耕地，有些甚至为贫瘠污染等问题土壤，因此给优质牧草生产带来难题。为满足日益增长的优质牧草需求，在目前种植现状下，如何提高种质资源、辅助促进苜蓿生长及增强抗性是未来的出路。另一方面，由于重金属等有毒物质可在食物链中富集，牧草生产在注重量的同时，不能忽略质的重要性。

1 植物应对逆境胁迫的机制及其调控

了解苜蓿逆境生理是提高种质及促进生产的基础。常见的逆境胁迫包括盐胁迫、干旱胁迫、温度胁迫、紫外辐射等。目前的研究表明，植物应对重金属胁迫的机制包括：阻止吸收、离子螯合及亚细胞区域化隔离、提高抗氧化系统、以及维持营养元素稳态等（Clemens et al., 2002, Trends Plant Sci.; Sharma and Dietz, 2009, Trends Plant Sci.）。多数的逆境胁迫都与氧化伤害有关，许多报道也证实缓解氧化伤害同时也能导致植物逆境胁迫耐性的增强。

而这些过程可以受到植物细胞中存在的一些信号分子如钙信号、一氧化氮（NO）、一氧化碳（CO）、硫化氢（H_2S）等的调控。例如：一氧化氮能减少水稻叶片的镉毒性（Hse et al., 2004, Plant Growth Regul.）。一氧化碳信号通过提高抗氧化酶系统、谷胱甘肽和抗坏血酸等抗氧化剂缓解镉引起的氧化伤害（Han et al., 2008, New Phytol.）。硫化氢处理通过提高 ATP 酶、减少铝吸收和降低氧化伤害来缓解铝胁迫（Muhammad et al., 2012, J. Hazard. Mater.）。

2 氢气是一种新型植物生长调节剂

氢气（hydrogen gas，H_2）是一种无色、无味、易燃的气态小分子，在水中溶解度很低。Shirahata 等 1997 年就发现，具有高溶解 H_2 的电解水有类似抗氧化物歧化酶（SOD-like）活性，能够清楚活性氧自由基以保护 DNA 免受损伤。最近氢气也被证明具有生物调节活性，有抗氧化、抗炎症、抗凋亡等作用（Huang et al., 2010, Free Radical Res.）。

早在上世纪中期就有高等植物内源性氢气产生的报道，但目前为止，其具体机制还不清楚。有关氢气促进种子萌发和植物生长很早就有报道，而针对其生理调节作用的研究近几年才逐渐引起人们的兴趣。通过把富氢水通入水中形成饱和的富氢气水（hydrogen-rich water, HRW），人们发现其可以提高拟南芥、水稻、萝卜和白菜等植物对抗盐胁迫、镉胁迫和紫外线的能力（Xie et al., 2013, PLoS One; Xu et al., 2013, Plant Soil; Su et al., 2014, J. Agri. Food Chem.; Wu et al., 2015, J. Plant Physiol.），并可能和植物激素存在互作（Zeng et al., 2013, PLoS One）。对比其他已知的气体信号分子，氢气已有许多条件符合信号分子的要求；至少有一点可以肯定的是，氢气具有调节生理的功能。

3 富氢水缓解紫花苜蓿逆境胁迫

3.1 缓解百草枯引起的氧化胁迫

百草枯（paraquat，PQ）是广泛使用的除草剂之一，能迅速被植物绿色组织吸收使其枯死，对人毒性极大且无特效解毒药。百草枯对植物的伤害也包括根生长抑制和引起氧化胁迫，同时发现百草枯处理后紫花苜蓿内源氢气的含量增加。利用富氢水（hydrogen-rich water, HRW）处理模拟细胞内氢气的作用，发现 HRW 处理能缓解 PQ 引起的根生长抑制和脂质过氧化。进一步实验证实，富氢水处理调动了紫花苜蓿抗氧化系统，使得体内活性氧水平得到控制。供体和抑制剂处理结果表明，氢气的调控作用可能与血红素加氧酶/一氧化碳途径有关。另外，富氢水预处理还能缓解紫花苜蓿干旱、盐害和冷害胁迫（Jin et al., 2013, Plant Cell Environ.）。

3.2 缓解镉胁迫

通过 10%饱和度的富氢水预处理，显著减少镉（cadmium, Cd）引起的紫花苜蓿根部表征氧化伤害程度的丙二醛（TBARS）含量，明显缓解了镉引起的根长生长的抑制。进一步对抗氧化酶活性的测定发现，HRW 预处理提高了超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化物酶（POD）、抗坏血酸过氧化物酶（APX）和谷胱甘肽过氧化物酶（GPX）的活性，并增强其基因表达，并最终减少根部镉引起的活性氧（ROS）过量产生。另外，HRW 预处理还提高了还原型谷胱甘肽的含量，缓解了镉引起的细胞氧化还原失衡，这可能是通过调控谷胱甘肽合成基因表达水平来实现的，因为 HRW 预处理显著提高了 γ-谷氨酰半胱氨酸合成酶（ECS）、谷胱甘肽合成酶（GS）和谷胱甘肽还原酶（GR）的转录本。HRW 预处理还显著降低了紫花苜蓿根部的镉含量，但具体机制还不清楚。通过激光共聚焦显微镜（confocal laser scanning microscope）观察显示，HRW 预处理明显降低了镉引起的根尖细胞 DNA 片段化，增强细胞活力；同样 DNA laddering 电泳分析也显示出相同结果。以上结果表明，HRW 预处理通过提高抗氧化能力、减少镉吸收和降低 DNA 损伤缓解了镉胁迫（Cui et al., 2013, J. Hazard. Mater.）。

3.3 缓解汞胁迫

与镉相比，相同剂量的汞（mercury, Hg）能够引起植物更强的氧化伤害。10%饱和度的富氢水预处理 12 小时能明显缓解汞引起的氧化伤害和离子渗漏，使得紫花苜蓿汞毒害的表型得到明显缓解，根部汞含量也明显降低。HRW 预处理同样提高了紫花苜蓿根部 SOD、POD 和 APX 活性及基因表达，进而减少了活性氧产生，降低了膜脂过氧化和质膜透性。通过高效液相色谱测定发现，HRW 预处理增强了紫花苜蓿还原型同型谷胱甘肽（homoglutathione）和抗坏血酸含量，提高了细胞还原能力（Cui et al., 2014, Ecotoxicl. Environ. Safe.）。

3.4 缓解铝胁迫

铝（aluminum, Al）也是一种重金属，微摩尔浓度的 Al^{3+}就能对植物根的生长引起严重的抑制作用，并导致植物对矿质营养的吸收紊乱。一氧化氮是一种气体信号分子，已有许多研究表明其能够缓解铝毒引起的根生长抑制。通过富氢水预处理发现，50%饱和度的富氢水能够明显缓解铝对紫花苜蓿根生长的抑制，并明显减少根部的铝含量。利用一氧化氮的供体硝普钠（SNP）和清除剂 cPTIO 处理发现，HRW 对 Al 引起的根伸长能够被 SNP 模拟，并被 cPTIO 阻断，说明 HRW 缓解根生长的抑制可能是通过调控 NO 信号起作用。进一步通过激光共聚焦和电子磁选共振技术（electron paramagnetic resonance）发现，HRW 处理增强了铝毒害下的 NO 稳态，进而缓解了铝引起的紫花苜蓿根生长的抑制（Chen et al., 2014, J. Hazard. Mater.）。

3.5 缓解铬胁迫

铬（chromium, Cr）作为一种重金属，引起植物的氧化伤害和生长的抑制。富氢水预处理同样调动了包括 SOD、POD 和 APX 在内的抗氧化酶系统，改善了铬引起的根部是质膜透性和膜脂过氧化。另外，富氢水预处理也明显降低了紫花苜蓿对铬的吸收。

4 氢气的生理功能研究及富氢水在畜牧业中的应用前景展望

氢气可能是一种新型的气体信号分子，很长时间以来，人们认为他是不具备生理活性的惰性气体。

但是，自从 2007 年自然医学杂志（Nature Medicine）Ohsawad 等的一篇文章报道氢气具有选择性抗氧化功能以后，对氢气生物效应的研究受到越来越多的关注。在动物及人类中都有许多研究报道氢气在肝脏、血液透析、糖尿病等临床中的抗氧化、抗肿瘤、抗感染和抗凋亡等作用（Zheng et al., 2011, Clin. Exp. Pharm. Acol. P.），但是其具体的作用机理还不清楚。关于动物体内氢气产生的来源，目前还没有找到直接产生氢气的酶；但有趣的是，动物体一直以来都在受到氢气调控的益处，因为动物肠道的微生物可以产生氢气（Kajiya et al., 2009, Biochem. Biophysi. Res. Commun.）。另外，利用人、小鼠等模型动物的研究表明，动物饮用富氢水可以缓解多种病症并提高免疫力。

在植物中，关于氢气生理调节功能的研究才刚开始，文章报道多针对于其在抵抗非生物胁迫中的作用。目前植物中氢气的研究还处于表型及初步的生理生化阶段，我们对其作用的分子机制还知之甚少。未来的研究，关于氢气内源产生途径、作用方式和靶位点等方面的研究将会是研究的热点和方向。另外，虽然有报道氢气可以通过一氧化氮、一氧化碳信号系统起作用，对其他细胞通路或激素如生长素、脱落酸、乙烯等的互作也是值得探查的。

虽然已经有氢气作为植物生长调节剂的相关专利，但是还未见其大规模应用及转化。氢气在农业上的应用还需很长的路要走。第一：关于大量富氢水的制备方法，目前氢气的制备多用电解水的方法，市面上有多种仪器供选择，但是要制备大量的富氢水，时间和操作上还存在制约因素；第二：关于制备的安全性，虽然氢气溶解度很小，富氢水的安全性也没问题，但是氢气是易燃易爆气体，在制备富氢水时会有大量气体逃逸，还需注意在比较通风的环境进行；第三：关于富氢水的使用，目前的试验结果显示，氢气生物学效应类似于信号分子，具有广谱性的特点，这并不象一些农药或化肥能专一解决某种农业生产问题。但是，也许在多种环境问题的综合解决上，氢气具有一些优势。尤其是氢气自身拥有绿色、无污染等优点，其生产应用也具有良好的前景。解决以上这些问题，需要一些公司和个人能开发出一些新型产品，来提高富氢水的效果同时解决存在的问题。科技的发展日新月异，相信不久的将来能有基于氢气研究的产品或理论能惠及农业生产，为现代农业助力腾飞。

淹水胁迫对不同苜蓿品种抗氧化酶和产量的影响

董　慧[1]，徐为宁[1]，赖　念[1]，魏素君[1]，齐龙昌[2]，曹　刚[2]，董召荣[2]
（1.安徽省司尔特肥业股份有限公司，安徽宁国 242300；2.安徽农业大学农学院，安徽合肥 230036）

摘　要　为筛选出对淹水胁迫具相对较强适应性的品种，研究了淹水处理对不同苜蓿品种抗氧化酶和产量的影响，以金皇后（Jh）、阿尔金刚（Ar）、维多利亚（Wd）、巨能 551（J551）和巨能耐湿（Jn）5 个紫花苜蓿品种为材料，于始花期进行淹水处理，分别在淹水 0，1，2，3，4，5 天取样，测定叶片抗氧化酶活性和丙二醛（MDA)含量，并进行产量测定。结果表明，巨能耐湿叶片的超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化物酶（POD）和过氧化氢酶（CAT）等抗氧化酶活性较高，巨能 551 和金皇后次之，阿尔金刚和维多利亚相对最低。而叶片中丙二醛（MDA)含量变化与之相反，表现为阿尔金刚和维多利亚含量最高，金皇后次之，巨能 551 和巨能耐湿相对最低，且胁迫结束时，二者与其他 3 个品种差异达到极显著。产量比较显示，整个胁迫周期内巨能耐湿产量下降幅度最小，且下季产量恢复较快，产量水平较高。巨能 551 和金皇后次之，阿尔金刚和维多利亚当季产量下降幅度最大，下季产量恢复情况较差。淹水胁迫下，巨能耐湿在整个周期内受胁迫伤害最小，MDA 的积累最小，而活性氧清除酶最多，细胞膜受伤程度最小，有利于植株抗淹水胁迫能力的提高，可以在我国淮河以南多雨地区推广种植。

关键词　苜蓿；淹水胁迫；抗氧化酶；产量

Effects of Waterlogging Stress on Antioxidant Enzymesin and Yield of Different Alfalfa Varieties

Dong Hui[1], Xu Weining[1], Lai Nian[1], Wei Sujun[1],
Qi Longchang[2], Cao Gang[2], Dong Zhaorong[2]
（1.Anhui Sierte Fertilizer Industry Co., LTD. Ningguo, Anhui 242300, China;
2.School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036）

Abstract: In order to explore the effects of waterlogging stress on antioxidant enzymes and yield of different Alfalfa varietieshas and get stronger adaptability to waterlogging stress, the study selected five varieties including Jh, Ar, Wd, J551 and Jn in experiment. Six waterlogging treatments: 0, 1, 2, 3, 4 and 5 days of waterlogging were imposed on first flowering dates. The antioxidant enzymesin, malondialdehvde contents and yields of five Alfalfa varieties were evaluated in this six treatments. The results showed that: The activity of SOD, POD and CAT of Jn were the highest, J551 and Jh comes second, Ar and Wd was

relatively the lowest. The content of MDA was oppositely compare with the activity of antioxidant enzyme. The accumulations of MDA of Ar and Wd were the highest, and the content of MDA of J551 and Jn were the lowest. It was noted that the MDA contents of J551 and Jn were extremely significant difference with others at the end of the treatment. The result of yield showed that: In the experiment, the decrease arrange of the yield of Jn was least, and the yield recovered quickly after waterlogging stress, the quality was better. The maximum decrease in yield was Ar and Wd, and the production recovery was poor after waterlogging stress. Under waterlogging stress, the MDA accumulation of Jn was minimal and ROS scavenging enzymes activity was the highest. The cell membrane damage degree is minimal, which was conducive to improve the ability to resist waterlogging stress of plant. So the Jn could growth in the southern rainy area of the Huaihe River in our country.

Keyword: alfalfa; waterlogging stress; antioxidant enzymesin; yield

紫花苜蓿产量高品质优，生态适应性广，以“牧草之王”著称[1, 2]。近年来，草食畜牧业的快速发展使高品质、高产量的牧草需求量不断提高[3]。江淮地区光热水资源丰富，牧畜产品需求量大，蕴藏着发展牧草产业的巨大潜力，但该地区降水集中，夏季的高温高湿制约紫花苜蓿的生长发育，不耐湿苜蓿品种难以发挥生产优势。众多研究表明，当植物受到涝渍等不利的环境胁迫时。植物体内的活性氧会大量增多、积累，超过一定限度即会破坏膜脂、核酸等[4]，影响植物的正常代谢和生长发育[5, 6]。一般情况下，植物体受到胁迫时，自身会有保护反应来阻止活性氧自由基过多带来的毒害作用[7]，Blokhina[8, 9]等研究表明 SOD、POD、CAT 等活性氧清除酶类对活性氧有清除功能，可减轻植物因逆境胁迫产生的过多活性氧自由基对植物体的伤害。而丙二醛(MDA)是细胞毒性物质，它与细胞膜上的蛋白质、酶等结合、交联并使之失活，最终对植物细胞产生毒害作用[10]。因此，其含量的高低可以间接反映植物受逆境伤害的程度[11, 12]。目前， 关于紫花苜蓿耐涝性的研究较少，且关于受涝后紫花苜蓿的产量恢复情况鲜有报道。本试验以金皇后（Jh）、阿尔金刚（Ar）、维多利亚（Wd）、巨能 551（J551）和巨能耐湿（Jn）等 5 个紫花苜蓿品种为材料，研究淹水胁迫对苜蓿抗氧化酶和产量的影响，旨在筛选出在淹水胁迫下具有较强适应性的苜蓿品种，为江淮地区乃至广大南方地区耐湿性苜蓿品种的选用和推广提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2013 年 10 月至 2014 年 7 月安徽农业大学校园内进行。土壤为黄褐土，pH 值 6.8,有机质含量 12.36g/kg，全氮含量 0.83 g/kg，速效氮 102.4mg/kg，速效磷 8.6mg/kg，速效钾 94.6mg/kg。

供试材料金皇后（Jh）、阿尔金刚（Ar）、维多利亚（Wd）、巨能 551（J551）和巨能耐湿（Jn）等 5 个紫花苜蓿品种。

1.2 试验设计

表 1　试验具体设计

Table 1 The specific design of experiment

因素	**B1**（品种 1）	**B2**（品种 2）	**B3**（品种 3）	**B4**（品种 4）	**B5**（品种 5）
A1（0 d）	A_1B_1	A_1B_2	A_1B_3	A_1B_4	A_1B_5
A2（1 d）	A_2B_1	A_2B_2	A_2B_3	A_2B_4	A_2B_5
A3（2 d）	A_3B_1	A_3B_2	A_3B_3	A_3B_4	A_3B_5
A4（3d）	A_4B_1	A_4B_2	A_4B_3	A_4B_4	A_4B_5
A5（4 d）	A_5B_1	A_5B_2	A_5B_3	A_5B_4	A_5B_5
A6（5 d）	A_6B_1	A_6B_2	A_6B_3	A_6B_4	A_6B_5

盆栽试验，共设 20 个处理、3 个重复、60 个小区。试验依据淹水天数的不同共设 6 个处理(用 A 表示)：A1：0 d（对照）；A2：1 d；A3：2d；A4：3d；A5：4d；A6：5d；依据苜蓿品种不同，设 5 个处理（用 B 表示），即 B1：金皇后；B2：阿尔金刚；B3:维多利亚；B4:巨能 551；B5:巨能耐湿。小区面积约 0.05m^2(桶直径 26cm)，于 2013 年 10 月 14 日播于塑料营养钵（试验用盆采用塑料营养钵(塑料桶直径 26cm，高度为 25cm）中，播种量为每盆 1g，播种深度为 0.5cm，施尿素 45kg/hm^2。出苗后选取生长较一致的植株间苗至株距 0.8cm。正常生长至 2014 年春季始花期(2014 年?月?日)按处理收割，记录每种品种的草产量。收割后正常生长，待夏季梅雨季节(2014 年?月?日)进行淹水处理，此时期恰逢苜蓿始花期，苜蓿平均高度为 26±2cm。淹水水面保持在土面以上 4cm 处,每次处理 3 次重复。

1.3　测定项目与方法

1.3.1　抗氧化酶活性的测定

称取苜蓿顶叶 1 g 于预冷的研钵中，加入预冷的磷酸缓冲液(pH7.0)冰浴研磨成浆，并定容至 10ml，于 12000rpm 条件下离心 20min，取上清液，即为酶粗提液。依据赵海泉[13]的方法对 SOD、POD 和 CAT 的活性进行测定。

1.3.2　丙二醛含量的测定

称取苜蓿顶叶 1 g 于预冷的研钵中，加入少量石英砂和 2ml10％三氯乙酸研磨成浆，加 8 ml 10％三氯乙酸进一步研磨成匀浆后于 4000 r/min 下离心 10 min，其上清液，即为丙二醛提取液。加入 2 ml 0.6％硫代巴比妥酸溶液摇匀，将混合液于沸水浴中反应 15 min，迅速冷却后离心。取上清液分别在 532、600 nm 波长下测定吸光度值。

1.4　数据处理

本实验用 Microsoft Excel 2007 软件进行相关数据的计算和作图，用 DPS 7.5 软件进行方差、显著性检验(LSD 法)和相关分析。

2 结果与分析

2.1 淹水胁迫对不同苜蓿品种酶活性的变化

2.1.1 淹水胁迫对不同苜蓿品种 SOD 活性的影响

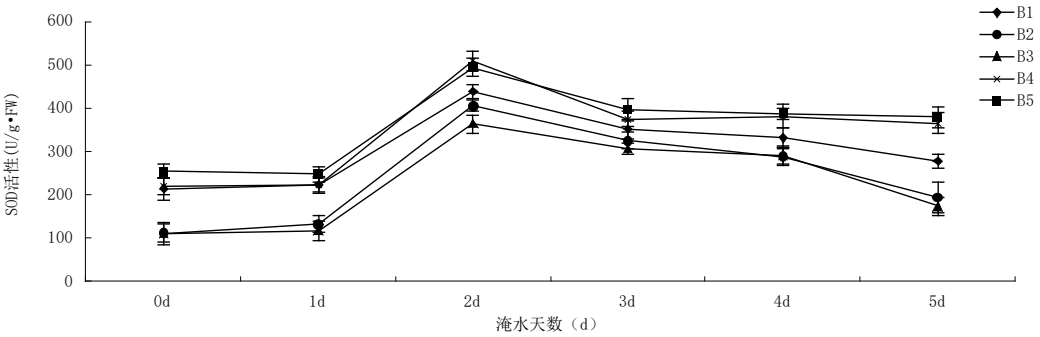


图 1 淹水胁迫对不同苜蓿品种 SOD 活性的影响

Fig 1 Effects of waterlogging stress on SOD acitivity of different alfalfa varieties

由图 1 可见，各苜蓿品种在淹水处理下整体上均呈先升后降的“倒钟形”变化。但不同品种的变化幅度有所差异。刚进入淹水处理时，5 个苜蓿品种的 SOD 活性变化差异显著。淹水 1d 时，金皇后、阿尔金刚和维多利亚的 SOD 活性出现了相对较明显的增加，三者较对照分别增加了 3.72%、18.56%和 5.90%。巨能 551 变化不显著，较对照仅增加了 1.73%。巨能耐湿的 SOD 活性较对照出现了小幅度的下降。淹水进入 2d 时 5 个苜蓿品种的 SOD 活性均大幅度增加，之后随着胁迫时间的延长出现缓慢下降，但 SOD 活性仍处于较高水平。其中巨能耐湿和巨能 551 在淹水后期 SOD 活性变化最缓慢，金皇后次之，阿尔金刚和维多利亚降低幅度相对较大。胁迫结束时，巨能 551 和巨能耐湿的 SOD 活性较接近，且该条件下二者 SOD 活性最高，较对照分别增加了 66.36%和 49.22%。此条件下，金皇后 SOD 活性为 278.03U/g FW，对照增加了 29.61%。而阿尔金刚和维多利亚活性最低。

2.1.2 淹水胁迫对不同苜蓿品种 POD 活性的影响

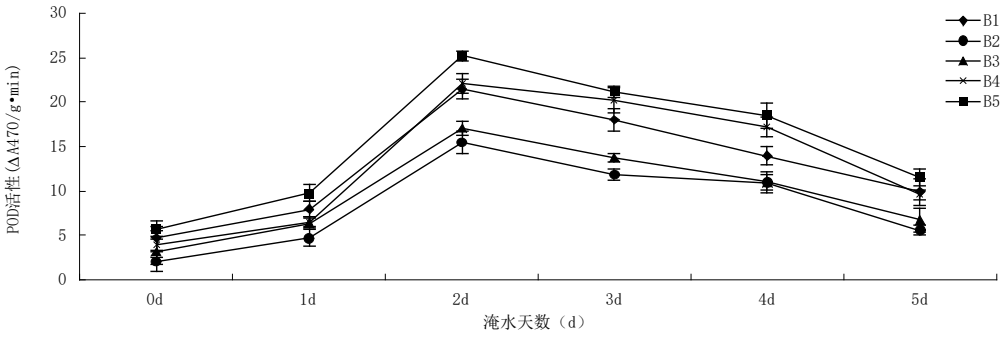


图 2 淹水胁迫对不同苜蓿品种 POD 活性的影响

Fig 2 Effects of waterlogging stress on POD acitivity of different alfalfa varieties

由图 2 可见，各苜蓿品种在整个胁迫周期内的变化均呈先升后降的趋势。淹水 1d 时各苜蓿品种的 POD 活性变化较小，处理进入 2d 时 POD 活性出现骤增，之后缓慢下降，但整体的 POD 活性仍保持较高水平。但各品种间的变化幅度有所差异。淹水进入 1d 时巨能耐湿 POD 活性达到 25.21ΔA470/g·min，增长最明显。巨能 551 和金皇后次之。该处理下阿尔金刚和维多利亚 POD 活性最低，仅分别为 15.50ΔA470/g·min、17.06ΔA470/g·min。淹水 3d 时，巨能耐湿 POD 活性的降低幅度高于巨能 551，但均低于其他供试品种。之后巨能 551 降低幅度增加，开始高于巨能耐湿。胁迫结束时，二者 POD 活性分别为 9.63ΔA470/g·min、11.58ΔA470/g·min。整个胁迫周期内，阿尔金刚和维多利亚的 POD 活性值较其他品种均最低。胁迫结束时，二者 POD 活性分别为 5.61ΔA470/g·min、6.74ΔA470/g·min。

2.1.3　淹水胁迫对不同苜蓿品种 CAT 活性的影响

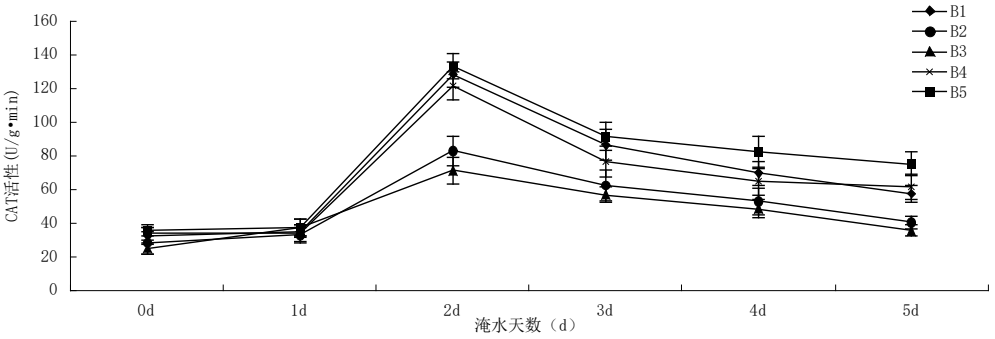


图 3　淹水胁迫对不同苜蓿品种 CAT 活性的影响

Fig 3　Effects of waterlogging stress on CAT acitivity of different alfalfa varieties

由图 3 可见，在淹水胁迫下各苜蓿品种的 CAT 活性变化与 SOD、POD 活性的的变化趋势相同，均先升后降。且各品种间也存在差异。淹水 1d 时，各供试品种 CAT 活性变化较小，淹水 2d 时开始出现明显的增加。胁迫前三天，金皇后、巨能 551 和巨能耐湿三者的变化幅度较为接近，且 CAT 活性相对较高，淹水 2d 时，三者的 CAT 活性值分别达到 128.45U/g min、121.25U/g min 和 133.25U/g min。该条件下的阿尔金刚和维多利亚的 CAT 活性值仅为 82.75U/g min 和 71.00U/g min。淹水后期巨能耐湿的 CAT 活性降低幅度明显低于巨能 551 和金皇后，胁迫结束时，其 CAT 活性值高于巨能 551 和金皇后，为 75.00U/g min。该条件下巨能 551 和金皇后的 CAT 活性值为 61.35U/g min 和 57.30U/g min。阿尔金刚和维多利亚进入淹水 2d 后，CAT 活性值明显低于其他三个供试品种，其中维多利亚相对更低。胁迫结束时，二者的 CAT 活性值仅为 40.10U/g min 和 35.20U/g min。

2.2　淹水胁迫对不同苜蓿品种 MDA 含量的影响

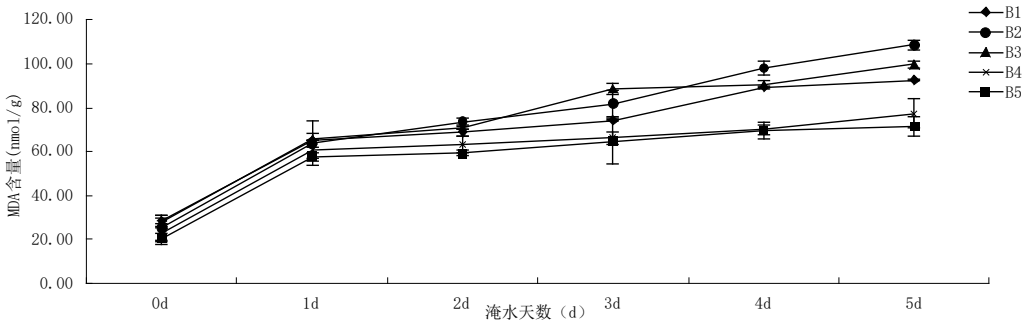


图 4　淹水胁迫对不同苜蓿品种 MDA 含量的影响

Fig 4　Effects of waterlogging stress on MDA content of different alfalfa varieties

由图 4 可见，各苜蓿供试品种 MDA 含量随淹水胁迫的延长而增加。但品种间增加幅度差异明显。处理进入 2d 前，各品种的 MDA 含量值较接近，后期阿尔金刚和维多利亚增加幅度明显提高，MDA 含量值明显高于其他 3 个苜蓿品种。淹水 3d 前维多利亚增加幅度较高，MDA 含量值达到最高。淹水进入 3d 时阿尔金刚增长幅度明显增加，MDA 含量值开始变为最高。之后维多利亚和阿尔金刚 MDA 含量值持续处在最高水平，金皇后和巨能 551 次之，巨能耐湿相对最低。胁迫结束时，阿尔金刚和维多利亚的 MDA 含量值分别达到 108.68nmol/g 和 99.84nmol/g。巨能 551 和巨能耐湿在整个胁迫周期内 MDA 含量值变化相对较平缓，淹水进入 2d 后，二者的 MDA 含量值始终处于最低值。淹水 1d 时，二者的 MDA 含量值分别为 60.47nmol/g 和 57.74nmol/g，胁迫结束时为 77.42nmol/g 和 71.41nmol/g。仅提高了 28.04%和 23.68%。相同条件下的金皇后和维多利亚分别达到 42.30%和 52.49%，阿尔金刚更是增加了 70.52%。

2.3　淹水胁迫对不同苜蓿品种产量的变化

表 2　淹水胁迫对不同苜蓿品种产量的影响

Table 2　Effects of waterlogging stress on yield of different alfalfa varieties

品种	产量（kg/hm^2）Alfalfa　yield					
Variety	0d	1d	2d	3d	4d	5d
B1	103193.67aA	94562.31aA	92846.61aA	83243.51bB	76658.04aA	73589.82bAB
B2	78506.11cC	74632.96bB	61536.58bB	58597.49cC	48317.43bB	33445.07cC
B3	60205.42dD	72375.74B	59939.95bB	56487.96cC	48557.61bB	37096.23cC
B4	89154.98bB	95044.65aA	91926.52aA	87243.25abAB	77010.52aA	71447.99bB
B5	91396.65bB	98601.37aA	94706.21aA	89633.83aA	80543.65aA	79418.57aA

由表 2 可见，受到淹水胁迫后各苜蓿品种产量的变化有所差异。其中维多利亚、巨能 551 和巨能耐湿在淹水 1d 时产量出现小幅度上升，较对照分别增加了 20.21%、6.60%和 7.88%。之后随胁迫的延

长产量持续下降。金皇后和阿尔金刚在整个胁迫周期内产量持续下降。金皇后在淹水 1d 时产量下降较明显，较对照下降了 8.36%，且与通处理条件下的阿尔金刚和维多利亚产量差异达到极显著。淹水进入 2d 后，金皇后的下降幅度与巨能 551 和巨能耐湿接近，胁迫结束时，三者产量值分别为 73589.82kg、71447.99kg 和 79418.57kg，较对照分别下降了 28.69%、19.86%和 13.11%。淹水进入 2d 后，阿尔金刚和维多利亚产量变化较接近，与同条件下的其他苜蓿品种差异均达到极显著水平，胁迫结束时，二者产量值分别降为 33445.07kg 和 37096.23kg，较对照分别下降达到 57.40%和 38.38%。

2.4 淹水胁迫对不同苜蓿品种下季草产的变化

表 3 淹水胁迫对不同苜蓿品种下季产量的影响

Table 3 Effects of waterlogging stress on yield of different alfalfa varieties on next season

品种 Variety	产量（kg/hm²）Alfalfa yield					
	0d	1d	2d	3d	4d	5d
B1	84573.94aA	81050.85aA	78755.34aA	76268.82aA	74654.82aA	64467.57aA
B2	72506.09cC	63280.96cC	61003.65dC	57130.25dD	55030.68dC	48602.33eD
B3	74274.52bcBC	76996.43bB	68647.05cB	64136.56cC	56490.62dC	51776.56dC
B4	75799.42bB	82049.12aA	69614.99bcB	66092.70cBC	60234.52cB	54334.22cC
B5	75168.43bBC	76219.88bB	71410.70bB	68413.66bB	62570.72bB	57288.68bB

同列中不同小写字母表示处理间差异显著（P<0.05）;列中不同大写字母表示处理间差异极显著（P<0.01）。

由表 3 可见，淹水胁迫对各苜蓿品种下季产量的影响整体呈下降趋势。但处理 1d 的苜蓿下季产量中维多利亚、巨能 551 和巨能耐湿出现小幅度上升，其他 2 个品种持续下降，但 5 个品种处理 1d 的下季产量变化幅度均较小，升高和降低均不明显。但该条件下品种间产量差异明显，其中金皇后和巨能 551 产量达到 81050.85kg/hm² 和 82049.12kg/hm²，二者与其他 3 个苜蓿品种差异均达到极显著水平。之后随处理时间的延长，各供试苜蓿品种的下季产量均持续下降。胁迫周期内，除淹水 1d 外，金皇后的下季产量均为最高值，且与其他各品种相同处理下的差异均达到极显著水平。胁迫 5d 的金皇后下季产量为 64467.57kg/hm²，较对照降低了 23.77%。淹水 2d 后的巨能耐湿和巨能 551 下季产量值仅次于金皇后，且胁迫 5d 的二者下季产量分别为为 57288.68kg/hm² 和 54334.22kg/hm²，较对照分别降低了 23.79%和 28.32%。阿尔金刚和维多利亚下季产量值整体处最低水平。阿尔金刚整个水分胁迫周期对下季产量的影响均较明显，下季产量的下降幅度最大，胁迫 5d 下季产量为 48602.33kg/hm²，较对照降低达到 32.97%。该处理下维多利亚下季产量为 51776.56kg/hm²，较对照降低了 30.29%。

3 讨论

植物受到外界逆境胁迫后，活性氧会大量增加[14]，MDA 是植物细胞膜脂过氧化的产物之一，是检测植物细胞膜受损伤程度的重要指标[15]。而 SOD、POD 和 CAT 对活性氧有清除作用，可减轻植物

逆境带来的损伤。冯昌军等[16]对苜蓿品种幼苗的逆境胁迫研究表明，随胁迫时间的延长，供试苜蓿品种叶片 SOD、POD 活性呈先升后降的趋势，但后期的酶活仍处较高水平。即较高水平的相关酶活可减轻外界逆境胁迫对植株的伤害。任佰朝[17]研究发现，淹水胁迫后夏玉米 SOD、POD 和 CAT 活性的降低，护酶系统的破坏可能是叶绿素降低的原因。MDA 含量的持续增加加剧了细胞的毒害作用，加快的叶绿素的降解和衰老。本实验研究表明，随淹水时间的延长，各苜蓿品种叶片的 MDA 含量持续增加，说明胁迫对植株产生了一定程度的毒害。而 SOD、POD 和 CAT 活性表现为先升后降的趋势，但后期活性仍处于较高水平，这可能由于此类酶的耐涝机制已形成，较高水平的保护酶能促使活性氧代谢平衡，减轻植物因胁迫带来的毒害。这与冯昌军[16]等对苜蓿低温胁迫的研究结果相符合。各品种比较显示巨能 551 和巨能耐湿的 SOD 活性下降幅度最小，金皇后次之，阿尔金刚和维多利亚下降幅度最大。POD 和 CAT 活性下降幅度表现为巨能耐湿>巨能 551>金皇后>阿尔金刚>维多利亚。MDA 含量的增加幅度表现为维多利亚>阿尔金刚>金皇后>巨能 551>巨能耐湿。即维多利亚和阿尔金刚对胁迫最敏感，细胞膜脂受损害程度增大，金皇后和巨能 551 次之，巨能耐湿相对受害最轻。各苜蓿品种产量比较显示阿尔金刚和维多利亚在整个胁迫周期内产量下降幅度最大，金黄后次之，巨能 551 和巨能耐湿产量下降幅度最小，与前面的酶活变化研究相一致。此外，前人对淹水胁迫后植株后季产量变化的研究极少。本实验研究表明，各苜蓿品种下季产量因上季受到淹水胁迫，仍呈下降趋势。但品种比较显示，金皇后和巨能耐湿的下降幅度最小，巨能 551 次之，阿尔金刚和维多利亚的下降幅度仍较大。说明胁迫对金皇后和巨能耐湿下季产量影响最小，二者的恢复能力最好。而阿尔金刚和维多利亚受淹水胁迫伤害较严重，恢复最缓慢，耐涝能力最差。可见，巨能耐湿在整个周期内受胁迫伤害最小，MDA 的积累最小，而活性氧清除酶最多，细胞膜受伤程度最小产量更高。且其下季产量的恢复情况仅次于金黄后，产量值较高，对淹水胁迫的耐受能力和恢复能力均最强。巨能 551 和金皇后次之，阿尔金刚和维多利亚最低。因此，苜蓿新品种巨能耐湿具有较强耐涝特性，可作为江淮地区乃至南方多雨地区推广种植的苜蓿品种。

参考文献（略）

苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能、血液生化指标和激素的影响

姜义宝[1]，王美静[1]，王成章[1]，玉　柱[2]，刘艳娜[1]
（1.河南农业大学，河南郑州 450002；2.中国农业大学，北京 100094）

摘　要　为研究苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能、血液生化指标和激素的影响，本试验以杜湖杂交公羔羊为研究对象,选用苜蓿和红三叶两种提取物,将公羔羊随机分成 3 组分别进行饲喂，其中对照组饲喂基础日粮，试验Ⅰ组饲喂基础日粮+苜蓿提取物（20 mg·kg-1），试验Ⅱ组饲喂基础日粮+红三叶提取物（15mg·kg-1）。结果表明，黄酮类物质可以显著提高肉羊的日增重（P<0.05)，明显降低料重比（P<0.05)，显著降低甘油三酯和总胆固醇（P<0.05)，在某种程度上提高生长激素和甲状腺激素 T3 含量。本试验说明苜蓿和红三叶黄酮类物质可以在肉羊饲养中推广应用。

关键词　黄酮类物质；生长性能；料重比；甘油三酯；总胆固醇；生长激素

Effect of Flavonoids which come from Alfalfa and Trifolium Pretense on Growth Performance, Blood Indices and Hormone of Mutton Sheep

JIANG Yi-bao[1]，WANG Mei-jing[1]，WANG Cheng-zhang[1]，YU Zhu[2], LIU Yan-na[1]
(1.Henan Agricultural University，Zhengzhou 450002，China;2. China Agricultural University, Beijing 100094,China)

Abstract: In order to research the effect of flavonoids which comed from alfalfa and Trifolium pretense on growth performance,blood indices and hormone of mutton sheep ,we took the male lamb of hybridization between Dorper sheep and Hu sheep on as the object of the research,selected and used the extracts of alfalfa and red clover ,then divided them into three groups randomly.The control group fed on asal diet ，experiental group I fed on basal diet adding extracts of alfalfa according to 20 mg per 1kg weight,experiental group II fed on basal diet adding extracts of Trifolium pretense according to 15 mg per 1kg weight .The results showed that flavonoids significantly improved the daily gain of mutton sheep (P<0.05);significantly decreased feed/gain ratio (P<0.05);significantly decreased the content of TG and TC in blood (P<0.05);could increase the content of GH and T3 in blood to some extent .The research can illustrate that flavonoids which comed from alfalfa and Trifolium pretense would be generalized and used widely on mutton sheep in the future .

Keywords：Flavonoids; Growth performance;Feed/gain ratio; TG; TC ;TH

肉羊产业是我国畜牧业发展的重要组成部分，其发展有利于改善我国居民的膳食结构，促进我国农业尤其畜牧业的生产结果调整。刘玉凤等研究结果表明，我国肉羊产业不断发展的同时也面临许多问题，如供需不平衡且羊肉质量有待提高等。杜泊羊和湖羊均为产肉性能最好的绵羊品种，不仅生长发育快，肉用性能好，而且肉质鲜美，营养价值高。黄华榕等研究表明，杜泊羊与湖羊的杂交是理想的杂交组合，适宜规模化生产。但是在饲养过程中，由于抗生素等化学添加剂的使用，不仅严重影响其肉质，而且肉中残留的添加剂成分还严重威胁肉产品安全，黄酮类物质是一种绿色天然添加剂，具有类雌激素功能，能影响动物的神经内分泌系统，降低总胆固醇和甘油三酯，提高动物的生长性能。朱宇旌等研究表明,日粮中添加红三叶异黄酮可改善肉鸡的平均体增重、平均日采食量以及料重比等。但在反刍动物中，尤其在杜湖杂交绵羊中应用较少，本试验研究在基础日粮中添加苜蓿和红三叶黄酮类物质对杜湖杂交肉羊生长性能、血液生化指标和激素的影响，为豆科牧草提取物在反刍动物中的应用提供科学支持和理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物与管理

随机选择来源相同、体重相近的断奶 1.5 月龄且由健康杜泊（♂）×湖羊（♀）杂交 F1 代公羔羊 36 只。试验预备期为 10 天，然后进入正式试验。试验羊均为舍饲，舍温 25 左右，室内通风干燥，采光良好。每天每只饲喂两次，饲喂时间分别为 06:00、16：00，饲喂饲料为羊场自配料、青贮料、干草，同时保证自由饮水。试验期间对羔羊注射三联四防苗（预防羊快疫、羊猝狙、羊黑疫和羊肠毒血症），并进行驱虫一次，其余各饲养管理条件均相同。

1.2 试验设计

试验采用单因素设计，将 36 只健康杜泊（♂）×湖羊（♀）杂交 F1 公羔羊随机分为 3 组，每组 12 只，分别为对照组（CK）、苜蓿提取物组（Ⅰ）、红三叶提取物组（Ⅱ）。参照肉羊饲养标准配制饲粮，具体饲粮组成见表 1，对照组饲喂基础日粮，试验Ⅰ组饲喂基础日粮+苜蓿提取物（20 mg ƙg-1），试验Ⅱ组饲喂基础日粮+红三叶提取物（15mg ƙg-1）。试验日期为 2014 年 07 月 02 日至 2014 年 09 月 01 日。

表 1 基础饲粮组成及其营养水平（干物质基础）

Table 1 Basic diet composition and nutrient levels(dry matter basis)

原料 Material	比例 Proportion（%）	项目 Items	含量 Content（%）
青贮玉米 Silage Corn	21.50	干物质 DM（%）	93.62
花生秧 Peanut Straws	33.00	粗蛋白 CP（%）	12.38
玉米 Corn	30.00	粗脂肪 Crude Fat（%）	2.80
豆粕 Soyabean	13.50	粗灰分 CA（%）	6.10
食盐 Salt	0.50	中性洗涤纤维 NDF（%）	43.62
碳酸氢钙 Calcium Hydrogen Carbonate	0.85	酸性洗涤纤维 ADF（%）	17.85
预混料 Premix	0.65	钙 Ca（%）	0.78
		磷 P（%）	0.41
		消化能 DE（MJ/kg）	10.61

预混料每千克日粮可提供：Fe:18mg；Zn:60 mg；Cu:15 mg；I:0.64 mg；Mn:10.30mg；Se:0.37 mg；Co:0.16 mg；VA:6 IU；VE:18 IU；VD3:1 IU。

Premix per kilogram of diet can provide：Fe:18mg；Zn:60 mg；Cu:15 mg；I:0.64 mg；Mn:10.30mg；Se:0.37 mg；Co:0.16 mg；VA:6 IU；VE:18 IU；VD3:1 IU

1.3 样品采集与指标测量方法

1.3.1 生长指标

预饲期结束后，分别在试验期开始和结束前一天，对实验动物禁食并保证正常饮水，空腹 12h 后于次日早 8:00 对其进行空腹称重，每隔 15 天称重一次，同时对每次饲喂的饲料剩余量进行称重，并记录统计耗料量，然后计算平均日采食量、日增重和料重比，并记录羊只的发病和死亡情况。

平均日增重（g）=（试验结束时全组总体重－试验开始时全组总体重）/（试验天数×试验只数）

平均日采食量（g）=（试验开始时添加饲料总重－试验结束时剩余饲料总重）/（试验天数×试验只数）

料重比=平均日采食量/平均日增重

1.3.2 血液生化指标

在屠宰前一天对待屠宰羊只进行颈静脉采血，采血时间分别在采食前和采食后 4h 进行，然后对采集的血液进行 3000×g 离心 10 min，并取血清于-20℃冰箱保存备用。对不同组别的血清分别采用全自动生化分析仪（日立 7100）测定其中葡萄糖（GLU）、总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）、谷丙转氨酶（GPT）、谷草转氨酶（GOT）、碱性磷酸酶（ALP）、尿素氮（UN）、总蛋白（TP）和白蛋白（ALB）含量并作相关记录。

1.3.3 激素测量

血清生长激素（GH）、胰岛素生长因子（IGF-1）、T3、T4 采用免疫发光法进行检测。按照试剂盒说明进行相关操作，在发光免疫分析仪（Beckman Coulter DXI800）中测量。

1.3.4 数据处理

试验数据以平均值（$\bar{x}$）±标准差（SD）表示，统计分析用 SAS 软件包的方差分析软件（ANOVA）进行分析。实验结果各字母相同表示差异不显著(p>0.05),字母不同表示差异显著（p<0.05)。

2 结果与分析

2.1 苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能的影响

苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能的影响见图表 2。由图可知,试验组 I 较对照组日增重有增高趋势，但差异不显著（p>0.05)，料重比有降低趋势，但差异也不显著（p>0.05)，但干物质采食量试验组 I 高于对照组；试验组 II 较对照组日增重有明显增高趋势，差异显著（p<0.05),且料重比有明显降低趋势，差异显著（p<0.05)，但试验组 II 干物质采食量高于对照组；试验组 II 较试验组 I 日增重有明显升高趋势，差异显著（p<0.05)，试验组 II 较试验组 I 料重比有增高趋势，但差异不显著（p>0.05)，干物质采食量高于试验组 I。

图表 2 黄酮类物质对肉羊生长性能的影响

Table 2 Effect of flavonoids on growth performance of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	试 验 组 I group I	试验组 II group II
初始重 Original Weight （kg）	18.46±1.55	18.73±1.74	18.27±1.84
末重 Final Weight （kg）	27.72±`2.97	28.61±1.96	29.21±2.75
日增重 Daily Gain（g）	154.29±8.73^{b}	164.68±9.28^{b}	182.43±10.86^{a}
干物质采食量 DMI(g/d)	1250.74±9.28	1279.62±10.11	1302.86±10.85
料重比 F / G	8.11±0.70^{a}	7.76±0.64^{ab}	7.14±0. 58^{b}

注:同一行小写字母不同表示差异显著（P＜0.05）,下同

Note: Means in the same row with different superscript letters are different at (P<0.05). The same as below.

2.2 苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊血液生化指标的影响

苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊血清生化指标的影响见图表 3。从表中看出，试验组 I 甘油三酯显著低于对照组（p<0.05)，总胆固醇也显著低于对照组（p<0.05)，尿素氮也低于对照组，其余各指标试验组 I 均高于对照组；试验组 II 甘油三酯显著低于对照组（p<0.05)，较对照组总胆固醇有降低趋势，但差异不显著（p>0.05)，尿素氮也低于对照组，其余各指标试验组均高于对照组；试验组 I 较试验组 II 甘油三酯和总胆固醇均有降低趋势，但差异都不显著（p>0.05)，但试验组 I 尿素氮和碱性磷酸酶均低于试验组 II，谷丙转氨酶 、谷草转氨酶 、总蛋白 、白蛋白、葡萄糖试验组 I 均高于试验组 II。

表 3 黄酮类物质对肉羊血液生化指标的影响

Table 3 Effect of flavonoids on blood indices of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验组Ⅰ group I	试验组Ⅱ group II
谷丙转氨酶 GPT （U Ł-1）	9.42±3.87	9.95±2.46	9.52±5.08
谷草转氨酶 GOT（U Ł-1）	19.38±4.82	23.79±8.52	21.59±6.37
尿素氮 UN（mmol Ł-1）	5.11±1.12	4.69±0.84	4.74±0.69
总蛋白 TP（g Ł-1）	48.75±6.84	50.32±7.14	49.63±8.92
白蛋白 ALB（g Ł-1）	24.33±5.64	27.80±7.12	25.09±3.69
碱性磷酸酶 ALP（U Ł-1）	120.58±26.42	132.35±30.74	152.49±40.06
甘油三酯 TG（mmol Ł-1）	0.56±0.11[a]	0.44±0.06[b]	0.48±0.06[b]
总胆固醇 TC（mmol Ł-1）	2.11±0.29[a]	1.75±0.22[b]	1.98±0.28[ab]
葡萄糖 GLU（mmol Ł-1）	1.32±0.35	1.45±0.39	1.35±0.40

2.3 苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊激素的影响

对肉羊激素的影响见图表 4。从表中可以看出，试验组 I 生长激素、类胰岛素生长因子、T3 均高于对照组，但 T4 低于对照组；试验组 II 生长激素、类胰岛素生长因子、T3 均高于对照组，但 T4 低于对照组；试验组 II 生长激素、T4 均低于试验组 I，但类胰岛素生长因子、T3 均高于试验组 I。

图表 4 对肉羊激素的影响

Table 4 Effect of flavonoids on hormone of mutton sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验组Ⅰ group I	试验组Ⅱ group II
生长激素 GH（ng ml-1）	0.82±0.23	0.93±0.40	0.84±0.26
类胰岛素生长因子 IGF-1（ng ml-1）	0.45±0.21	0.52±0.26	0.63±0.37
三碘甲腺原氨酸 T3（Pmol Ł-1）	2.08±0.52	2.55±0.46	2.75±0.41
四碘甲腺原氨酸 T4（Pmol Ł-1）	6.02±1.13	5.29±0.96	5.14±0.77

3 讨论

3.1 苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊生长性能的影响

苜蓿和红三叶均为豆科牧草，营养价值高，不仅粗蛋白含量高，氨基酸种类齐全且含量丰富，而且富含多种维生素和微量元素，同时还含有一些未知促生长因子，对畜禽的生长发育均具良好作用。研究发现，豆科牧草提取物中含有大量黄酮和异黄酮类物质，它们能够影响畜禽体内激素水平，促进蛋白质合成，对机体生长具有促进作用。冯涛等研究表明，苜蓿全草中含有总黄酮 3.75%，苜蓿叶子中含有总黄酮 4.85%[4]。熊小文等研究表明，崇仁麻鸡母雏饲粮中添加 5%的苜蓿草粉或添加 300mg/kg 黄酮的提取物，可促进鸡只生长，减少脂肪的沉积，改善胴体品质，提高生产效益。Pace 等用含有异

黄酮饲料饲喂绵羊，研究发现，公羊增重显著增加。本试验中将苜蓿提取物和红三叶提取物依照羊只的不同体重，分别添加到基础日粮中，结果发现试验组 I 和试验组 II 较对照组，日增重和干物质采食量均增高，料重比均降低，且试验组 II 较试验组 I 增高趋势更明显，这与前人研究结果一致。朱宇旌等研究表明，苜蓿异黄酮对小鼠生长性能的影响与性别和剂量有关，40mg/kg bw d 处理可显著地提高雄性小鼠的生长性能，也对小鼠的特异性和非特异性免疫功能有一定程度的提高和改善，且适宜剂量为 120mg/kg bw d。说明苜蓿异黄酮在体内可能有双重作用，含量低时起促进作用，含量高时能起抑制作用。由此推断出异黄酮对动物肌肉生长和内分泌的影响有剂量关系，选择合适的剂量非常重要。但本试验只是探究出苜蓿提取物黄酮和异黄酮类物质能够提高杜湖杂交绵羊的生长性能，究竟剂量多少最为适宜仍需进一步探究。

3.2 苜蓿和红三叶黄酮类物质对肉羊激素的影响

动物的生长过程受到相关激素的调节，生长激素(GH)作为动物生长轴的核心，可促进多种组织生长，增强机体合成代谢、蛋白质合成与脂肪分解，抑制葡萄糖进入组织的传递活性，并和其他激素和生长因子共同作用，促进动物新陈代谢和生长发育,血清生长激素水平可直接反映动物的生长情况。本试验结果显示生长激素有升高趋势，可见促进了动物的生长发育。

类胰岛素生长因子（IGF—1）可以增加机体或细胞对氨基酸的摄取和利用，促进蛋白质和 DNA 合成，促进肌肉生长，是生长内分泌调控中直接促进机体生长的激素。此外，IGF—1 的分泌依赖于 GH，GH 对 IGF—1 的分泌也起到正调控作用，刺激肝脏分泌 IGF—1，促进成肌细胞、成骨细胞及胶质细胞等的增殖和分化。肉仔鸡饲喂大豆黄酮可显著提高血清类胰岛素生长因子水平。李垚等研究认为，沙棘黄酮提高了 42 日龄肉鸡的血清胰高血糖素和 IGF—1 水平。本试验结果显示类胰岛素生长因子有升高趋势，说明苜蓿和红三叶黄酮类可刺激肝脏分泌或降低其在血液中的分解速度。黄酮以及异黄酮等植物雌激素可能与下丘脑、垂体等雌二醇受体不同程度地结合，既影响动物神经内分泌系统的性轴和生长轴，也影响动物体内激素的变化，使垂体 GH 和 IGF—1 的释放与合成增加，能够在脂肪等组织抑制芳香化酶的活性，从而加速动物的生长。

甲状腺激素包括 T3 和 T4,可促进小动物的生长发育和能量代谢。作为动物生长非常重要的因子，T3 作用快而强，T4 作用弱而慢，血浆 T3 对生长具有促进作用，而血浆 T4 对生长具有抑制作用，甲状腺激素对动物生长的促进作用更主要体现为 T3 与 T4 的比值。本试验中，添加提取物后使血清中 T4 水平降低，T3 / T4 均高于对照组，这与陶胜宏等得出的依普黄酮可降低肉鸡血清中 T4 水平的结果相一致。Skipor 等研究表明，大豆黄酮等植物雌激素对绵羊 T3 分泌具有刺激作用。Gunnarsson 等研究发现黄酮类物质可以通过调节公山羊的睾酮分泌而刺激 T3 分泌因此提高 T3 水平，可能也是黄酮类物质促进畜禽生长的原因。姜义宝等研究表明，红三叶异黄酮可通过调节体内 GH、IGF-1、T3 和 T4 的水平来影响肉鸡的生长性能，且饲粮中添加 20mg/kg 时促生长效果较好。本试验结果显示各激素变化也与前人研究结果相同。

3.3 苜蓿和黄酮类物质对肉羊血液生化指标的影响

血液生化指标是反应和影响动物营养满足程度、新陈代谢状况、体内外环境平衡与否、机体健康情况、生长发育快慢和生产性能高低的综合因素。

谷丙转氨酶和谷草转氨酶是广泛存在于动物机体中的非常重要的氨基酸转氨酶，在氨基酸代谢中起着至关重要的作用，尤其是在肝脏和某些组织损伤、坏死时，谷丙转氨酶和谷草转氨酶就会释放到血液里，使其浓度增加。本试验中发现，试验组 I 和试验组 II 较对照组谷丙转氨酶和谷草转氨酶无明显差异，可见日粮中添加黄酮类物质不会引起肉羊肝细胞和某些组织的损伤。

碱性磷酸酶是消化代谢的关键酶，对淀粉、糖和脂肪的代谢有重要作用，因此这种酶的活性越高，畜禽体内代谢越旺盛，越有利于加快动物的生长速度。易国华等报道，碱性磷酸酶的活性对提高动物日增重有积极的影响。本试验结果显示，试验 I 和试验 II 较对照组碱性磷酸酶有升高趋势，但差异不显著，可见在日粮中添加黄酮类物质可提高碱性磷酸酶含量，进而提高增重。

总蛋白和白蛋白有营养、运输、缓冲、凝血与抗凝血以及参与机体的免疫等功能，在维持机体代谢的稳定性方面发挥重要作用。本试验发现试验组 I 和试验组 II 较对照组，总蛋白和白蛋白均有升高趋势，但无明显差异，说明添加黄酮类物质有利提高机体蛋白含量。

尿素氮的含量能够反应出动物体内蛋白质代谢和氨基酸之间的平衡状况，当氨基酸平衡良好时尿素氮浓度就会下降。本试验中总蛋白和白蛋白浓度上升，尿素氮浓度下降，则说明肉羊生长内环境良好，不仅蛋白质代谢方面得到改善，而且有利于蛋白质的吸收和沉积。

葡萄糖的主要功能是在动物体内氧化供能，同时也是肌肉、脂肪组织、胎儿生长发育等组织代谢活动的重要能量来源，还是合成脂肪代谢所必需的还原性辅酶以及合成乳糖和乳脂的前体物质，当供应不足时妊娠羊易发生毒血症，严重影响动物的生长和健康。本试验中葡萄糖含量有升高趋势，但差异不显著，说明动物机体内能量供应方面良好。

血液中总胆固醇和甘油三酯的不正常上升易引起心、脑血管和肾脏等器官的疾病，而高密度脂蛋白能够将内源性胆固醇从组织逆向转运至肝脏，使其转化为胆汁酸或直接通过胆汁从肠道排出，从而确保体内胆固醇浓度稳定。于娟等研究表明，苜蓿提取物对高脂血症大鼠具有降低总胆固醇 、甘油三酯 的作用，并可减轻高脂血症大鼠肝脏病变的程度。本试验中，各试验组的总胆固醇、甘油三酯含量均较对照组显著降低，说明黄酮类物质可通过提高肉羊血液中高密度脂蛋白的含量，清除体内多余胆固醇，维护机体的健康。

4 结论

苜蓿和红三叶中的黄酮类物质具有促进动物生长、降低血液胆固醇和甘油三酯的作用。通过本试验研究证明，黄酮类物质通过其自身的类雌激素性质，刺激与生长相关激素的分泌，增加日增重，降低料重比，提高绵羊的生长性能，同时降低其总胆固醇和甘油三酯含量。因此，苜蓿和红三叶黄酮类物质可以作为一种绿色添加剂，在杜湖杂交绵羊的饲用中进行推广。当然，最适宜添加剂量仍需进一步的研究与证明。

参考文献（略）

苜蓿黄酮与红三叶异黄酮对肉羊屠宰性能及肉品质的影响

姜义宝[1]，李　敏[1]，玉　柱[2]，王成章[1]，刘艳娜[1]

（1.河南农业大学，河南郑州 450002；2.中国农业大学，北京 100094）

摘　要　36 只杜湖 F1 肉羊（父本为杜泊，母本为湖羊）随机分为三组，分成对照组、试验Ⅰ组（添加苜蓿黄酮）和试验Ⅱ组（添加红三叶异黄酮）每组 12 只，研究苜蓿黄酮与红三叶异黄酮对肉羊屠宰性能及肉品质的影响。结果表明：与对照组相比，试验Ⅰ组显著提高了羊肉的 GHS-PX、SOD、亚麻酸、多不饱和脂肪酸含量（$p < 0.05$）。试验Ⅰ组显著降低了羊肉硬脂酸含量（$p < 0.05$），但各组肉羊屠宰性能、大理石纹和肉色、氨基酸差异不显著（$p > 0.05$）。以上结果表明，苜蓿黄酮在提高羊肉品质方面具有更广阔的开发前景。

关键词　肉羊；苜蓿黄酮；红三叶异黄酮；屠宰性能；肉品质

Effect of Alfalfa Flavonoids and Red Clover Isoflavones on Carcass Traits and Meat Quality in Sheep

JIANG Yi-bao[1]，LI Min[1]，YU Zhu[2], WANG Cheng-zhang[1]，LIU Yan-na[1]

(1.Henan Agricultural University，Zhengzhou 450002，China;2. China Agricultural University, Beijing 100094,China)

Abstract: the effect of Alfalfa flavonoids and Red Clover Isoflavones on carcass traits and meat quality in sheep had been studied in the paper. thirty-six F1 sheep(♂dorper,♀hu sheep)were equality divided into 3 groups:control,treatment I (adding Alfalfa flavonoids) and II(adding Red Clover Isoflavones),with 12 replicates in each treatment. The results indicated: there were higher GHS-PS,SOD,linolenic acid and PUFA content in treatment I（$p < 0.05$）; and there were lower stearic acid content in treatment I（$p < 0.05$）.There were no significant differences in carcass traits, marbling,the color of the meat and amino acid among three groups（$p > 0.05$）.All results mention above indicated that Alfalfa flavonoids has a more broader development prospects in meat quality in sheep.

Keywords: Sheep; Alfalfa flavonoids; Red Clover Isoflavones; Carcass traits;Meat quality

黄酮类化合物广泛存在于葛根、豆科植物大豆、红三叶草和紫花苜蓿中。研究表明，黄酮类化合物可以促进动物生长激素生成和释放，提高饲料中蛋白质和钙、磷的利用率，提高畜禽的免疫、抗氧化及抗应激能力，从而促进畜禽的健康生长。紫花苜蓿(Medicago sativa L.)是世界上栽培面积最广泛的豆科牧草之一,其特点是产量高、品质好，素有“牧草之王”之称。苜蓿富含黄酮、皂苷、多糖等多种生

物活性成分，黄酮作为苜蓿的生物活性成分之一，在一定剂量范围内对畜禽有明显的促进生长、提高繁殖力和增强机体免疫力等作用。红三叶（Trifolium pretense L.）又名红车轴草、红荷兰翘摇等，耐刈割，随着畜牧业的发展和种植业结构的调整，红三叶的饲草价值和药用价值越来越受到人们的重视，并且已开始大面积种植。据研究红三叶异黄酮适量应用于动物饲料具有促进动物生长、提高饲料利用率、改善畜产品品质、促进生殖系统发育、提高泌乳和繁殖力等作用，并且具有剂量小、见效快、无毒副作用等优点。本试验选择杜湖 F1 作为试验动物，旨在研究苜蓿黄酮以及红三叶异黄酮对肉羊屠宰性能及肉品质的影响，为这两种新型饲料添加剂在我国优质肉羊生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验羊由浚县牧业有限公司提供。随机选择刚断奶 1.5 月龄、出生日期相近、体重相近、繁殖代数一致、健康杜泊（♂）×湖羊（♀）杂交 F1 公羔 36 只。

1.2 试验设计

试验采用完全随机试验设计，预试期为 10 天。将 36 只健康杜泊（♂）×湖羊（♀）杂交 F1 公羔羊随机分为 3 个处理，每处理 12 只羊，分别为对照组（CK）、苜蓿黄酮组（Ⅰ）、红三叶异黄酮组（Ⅱ）期间对羔羊注射三联四防苗（预防羊快疫、羊猝狙、羊黑疫和羊肠毒血症），并进行驱虫一次，羔羊饲喂羊场自配料，并饲喂青贮料和干草自由饮用清洁水。每日投喂两次饲料，分别为上午 6:00 和下午 4:00。各组饲养管理条件相同。试验进行时间为 2014 年 7 月 2 日~2014 年 9 月 1 日。

1.3 试验日粮

参照肉羊饲养标准，配制饲粮，饲粮组成见表 2-1，对照组饲喂基础日粮，试验Ⅰ组喂基础日粮+苜蓿提取物（20 mg ƙg-1），试验Ⅱ组喂基础日粮+红三叶提取物（15mg ƙg-1）。

表 1 基础饲粮组成及其营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets(air-dry basis)

原料 Ingredients	比例 Proportion（%）	项目 Items	含量 Content（%）
青贮玉米 silage corn	21.50	干物质 Dry Matter（%）	93.62
花生秧 Peanut seedling	33.00	粗蛋白 Crude protein（%）	12.38
玉米 Corn	30.00	粗脂肪 Ether extractive（%）	2.80
豆粕 Soybean meal	13.50	粗灰分 crude ash（%）	6.10
食盐 NaCl	0.50	中性洗涤纤维 NDF（%）	43.62
碳酸氢钙 CaHPO4	0.85	酸性洗涤纤维 ADF（%）	17.85
预混料 Premix	0.65	钙 Calcium（%）	0.78
		磷 Phosphorus（%）	0.41
		消化能 Digestible energy（MJ/kg）	10.61

注：1）预混料为每千克日粮可提供：铁：18mg；锌:60 mg；铜:15 mg；碘:0.64 mg；锰:10.30mg；硒:0.37 mg；钴:0.16 mg；维生素 A:6 IU；维生素 E:18 IU；维生素 D3:1 IU。

Note:1) The premix provided the following per kg of diet :Fe:18mg；Zn:60 mg；Cu:15 mg；I:0.64 mg；Mn:10.30mg；Se:0.37 mg；Co:0.16 mg；Va:6 IU；Ve:18 IU；VD3:1 IU。

1.4　样品采集与指标测量方法

1.4.1　屠宰性能的测量

在饲养结束后，每组取 5 只肉羊，颈静脉放血屠宰。称取并记录血液、内脏、胴体重量。计算屠宰率、净肉率、眼肌面积、GR 值。

各指标的测定公式如下:

屠宰率:胴体重/宰前活重×100%;

净肉率:胴体净肉重/宰前活重×100%;

宰前活重:绵羊空腹 24h 后临宰前的体重。

胴体重:屠宰放血后，剥去毛皮、去头、去内脏及前肢膝关节和后肢祉关节以下部分后，整个躯体(包括肾脏及其周围脂肪)静置 30min 的重量。

眼肌面积:测量倒数第 1 与第 2 助骨之间脊椎上眼肌(背最长肌)的横切面积，用硫酸绘图纸描绘出眼肌横切面的轮廓。

GR 值:在第 12 与第 13 助骨之间，距背脊中线 11cm 处的组织厚度。

1.4.2 肌肉抗氧化性的测定

屠宰后取肌肉，测量谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-PX)、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)和丙二醛 (MDA)含量，采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。

1.4.3　肌肉颜色测定

肉颜色采用目测法测定各肌肉颜色。在室内自然广度下，用目测评定法，评定肉新鲜面，避免在阳光直射下或室内阴暗处评定。灰白色评 1 分，微红色评 2 分，鲜红色评 3 分，为深红色评 4 分，暗红色评 5 分。评分 3 分或 4 分属于正常。

灰白色（1 分）　微红色（2 分）鲜红色（3 分）　深红色（4 分）　暗红色（5 分）

1.4.4　肌肉大理石纹的测定

在室内自然光线下，以猪肉美式标准图谱为参照，与肉样新鲜横切面进行对照打分，几乎没有得 1 分，微量得 2 分，少量得 3 分，适量得 4 分，大量得 5 分

几乎没有（1 分）　微量（2 分）　少量（3 分）　适量（4 分）　大量(5 分)

1.4.5　羊肉氨基酸和脂肪酸的测定

氨基酸参照 GB/T 5009.124-2003，脂肪酸参照 GB/T 17377-2008 测量。

1.5　统计分析

试验数据用 Microsoft Excel（2003）软件处理后，采用 SPSS16.0 统计软件进行方差分析，试验数据用平均数±标准差表示，并用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 对肉羊屠宰性能的影响

由表 2 可知，各组间屠宰率、净肉率、眼肌面积和 GR 值差异不显著（p > 0.05）但是试验Ⅰ组和试验Ⅱ组的屠宰率、净肉率、眼肌面积都高于对照组，试验Ⅰ组的 GR 值为 2.11cm 高于对照组、试验Ⅱ组的 2.09cm、2.06cm。

表 2 对肉羊屠宰性能的影响

Table 2 Effect of alfalfa flavonoids and red clover isoflavones on carcass traits in sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 group Ⅰ	试验Ⅱ组 group Ⅱ
屠宰率 Dressed percentage（%）	47.83±0.62	48.52±0.34	48.17±0.87
净肉率 neat percentage（%）	34.37±0.54	34.59±0.29	35.28±0.71
眼肌面积 eye muscle area (cm2)	28.43±1.85	29.76±1.93	28.57±2.15
GR 中英文对照（cm）	2.09±0.07	2.11±0.14	2.06±0.12

注：2）同一行不同小写字母表示差异显著（p < 0.05）,未标表示不显著（p > 0.05），下同。

Note ：2） Means with different small letters in the same column are significantly different（p < 0.05）,no letters means no difference（p > 0.05）,same as below.

2.2 对羊肉抗氧化性的影响

由表 3 可知，各组间 CAT、MDA 差异不显著（p > 0.05），但试验Ⅰ组低于其他两组。试验Ⅰ组的 GHS-PX、SOD 分别为为 118.04 U/mg、2.61 U/mg，显著高于对照组和试验Ⅱ组（p < 0.05），试验Ⅱ组与对照组差异不显著（p > 0.05），但试验Ⅱ组高于对照组。

表 3 对羊肉抗氧化性的影响

Table 3 Effects of alfalfa flavonoids and red clover isoflavones on antioxidant activity in sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 group Ⅰ	试验Ⅱ组 group Ⅱ
谷胱甘肽过氧化物酶 GHS-PX（U/mg）	83.68±15.12 ^{b}	118.04±12. 38^{a}	92.05±10. 71^{b}
超氧化物歧化酶 SOD（U/mg）	2.13±0.29 ^{b}	2.61±0.27 ^{a}	2. 24±0.23^{ab}
过氧化氢酶 CAT （U/mg）	1.87±0.21	1.08±0.14	1.88±0.17
丙二醛 MDA（nmol/mg）	0.48±0.03	0.41±0.02	0.47±0.04

2.3 对羊肉颜色和大理石纹的影响

由表 4 可知，各组间大理石纹、肉色差异不显著（p > 0.05），但试验Ⅰ组和试验Ⅱ组的大理石纹都高于对照组，肉色都低于对照组。

表 4 对羊肉颜色和大理石纹的影响

Table 4 Effect of **alfalfa flavonoids and red clover isoflavones on marbling and the color of the meat in sheep**

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 group Ⅰ	试验Ⅱ组 group Ⅱ
大理石纹 marbling	3.48±0.23	3.68±0.32	3.52±0.24
肉色 the color of the meat	3.88±0.36	3.67±0.31	3.59±0.26

2.4 对羊肉脂肪酸的影响

由表 5 可知，试验Ⅰ组的硬脂酸显著低于对照组和试验Ⅱ组（$p < 0.05$），对照组和试验Ⅱ组差异不显著（$p > 0.05$）；试验Ⅰ组的亚麻酸显著高于对照组和试验Ⅱ组（$p < 0.05$），对照组和试验Ⅱ组差异不显著（$p > 0.05$）；试验Ⅰ组的多不饱和脂肪酸显著高于对照组（$p < 0.05$），与试验Ⅱ组差异不显著，但高于试验Ⅱ组。其他脂肪酸差异不显著（$p > 0.05$）。

表 5 对羊肉脂肪酸的影响

Table 5 Effect of alfalfa flavonoids and red clover isoflavones on fatty acid in sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 group Ⅰ	试验Ⅱ组 group Ⅱ
肉豆蔻酸(Myristic acid) C14:0	1.31±0.21	1.74±0.18	1.25±0.22
棕榈酸(Palmitic acid) C16:0	15.42±3.46	17.08±2.35	14.72±0.14
棕榈油酸(Palmitoleic acid) C16:1	1.32±0.11	1.33±0.17	1.42±0.20
硬脂酸(Stearic acid) C18:0	15.56±0.28[b]	10.05±0.13[a]	14.33±0.26[b]
油酸(Oleic acid) C18:1n9c	40.28±4.34	38.64±4.01	40.11±7.63
亚油酸(Linoleic acid) C18:2n6c	17.03±3.66	21.45±4.37	19.63±5.71
亚麻酸(Linolenic acid) C18:3n3	1.51±0.31[b]	5.34±0.41[a]	2.48±0.21[b]
花生酸(Arachidic acid)C20:0	0.68±0.12	0.62±0.09	0.72±0.05
花生四烯酸 (Arachidonic acid)C20:4n6	0.27±0.10	0.61±0.14	0.38±0.19
山嵛酸(Behenic acid) C22:0	0.34±0.13	0.55±0.21	0.37±0.25
二十一烷酸(The 21st alkanes acid)21:0	0.38±0.01	0.48±0.12	0.42±0.07
饱和脂肪酸（SFA）	33.69±4.58	30.52±2.47	31.81±3.26
单不饱和脂肪酸（MPUFA）	41.6±4.29	39.97±4.12	41.53±7.93
多不饱和脂肪酸（PUFA）	18.81±3.78[b]	27.40±5.45[a]	22.49±6.71[ab]
不饱和脂肪酸（UFA）	60.41±8.42	67.37±9.06	64.02±10.94
总脂肪酸（TFA）	94.1±9.95	97.89±10.42	95.83±11.03

2.5 对羊肉氨基酸的影响

由表 6 可知，3 组间各个氨基酸以及总氨基酸差异不显著（$p > 0.05$），但试验Ⅰ组和试验Ⅱ组各个氨基酸（除胱氨酸外）以及总氨基酸都高于对照组。

表 6 对羊肉氨基酸的影响

Table 6 Effect of alfalfa flavonoids and red clover isoflavones on amino acid in sheep

项目 Items	对照组 Control group	试验Ⅰ组 groupⅠ	试验Ⅱ组 groupⅡ
天冬氨酸 Asp	1.60±0.12	1.72±0.04	1.62±0.05
苏氨酸 Thr	0.86±0.05	0.93±0.02	0.95±0.06
丝氨酸 Ser	0.80±0.03	0.84±0.03	0.81±0.05
谷氨酸 Glu	2.91±0.05	3.00±0.11	2.95±0.09
甘氨酸 Gly	0.82±0.04	0.86±0.02	0.84±0.01
丙氨酸 Ala	1.06±0.08	1.15±0.04	1.17±0.03
胱氨酸 Cys	0.29±0.01	0.22±0.03	0.28±0.04
缬氨酸 Val	0.81±0.08	0.89±0.03	0.84±0.05
蛋氨酸 Met	0.50±0.02	0.52±0.02	0.53±0.01
异亮氨酸 Ile	0.82±0.04	0.90±0.03	0.83±0.04
亮氨酸 Leu	1.46±0.05	1.58±0.04	1.49±0.02
酪氨酸 Tyr	0.76±0.03	0.84±0.05	0.82±0.03
苯丙氨酸 Phe	0.83±0.02	0.98±0.04	0.89±0.03
赖氨酸 Lys	1.71±0.06	1.86±0.03	1.89±0.05
组氨酸 His	0.68±0.04	0.88±0.04	0.87±0.12
精氨酸 Arg	1.25±0.02	1.32±0.10	1.28±0.04
脯氨酸 Pro	0.69±0.02	0.70±0.02	0.71±0.03
必须氨基酸 EAA	8.92±0.35	9.86±0.24	9.54±0.31
非必须氨基酸 NEAA	8.93±0.28	9.33±0.17	9.2±0.25
总氨基酸 TAA	17.85±0.69	19.19±0.72	18.77±0.55

3 讨论

3.1 对羊肉抗氧化性的影响

红三叶提取物中的异黄酮和多酚化合物具有良好的生理健康促进作用，被认为是有效的抗氧化剂、自由基清除剂和功能食品增补剂,另外，红三叶异黄酮还可提高抗氧化酶的活性。杨丽珍等用红三叶异黄酮高、低剂量及大豆黄酮、倍美力组对比治疗衰老大鼠试验，说明红三叶异黄酮通过提高 SOD 活性，降低 MDA 浓度，达到提高机体清除氧自由基能力，从而有效延缓衰老；王成章等报道，添加 5%和 10%的苜蓿草粉能显著或极显著提高黄河鲤鱼血清和肝胰脏中 SOD 和 GSH-Px 活力，同时也能显著或极显著降低 MDA 含量，说明苜蓿草粉能有效地提高黄河鲤鱼的抗氧化能力，这可能与紫花苜蓿中含有大量苜蓿黄酮等活性物质有关。本试验中试验Ⅰ组和试验Ⅱ组也都显著的提高了 GHS-PX、SOD，不显著的降低了 MDA 浓度，由此可知，苜蓿黄酮和红三叶异黄酮能有效的提高肉羊的抗氧化能力，

而苜蓿黄酮效果较好。

3.2 对羊肉脂肪酸的影响

脂肪酸是重要的肉质指标之一，一定比例的脂肪酸含量，是优等肉质的一个重要指标。脂肪的氧化是产生风味物质的主要途径,不同种类风味的差异主要是由于脂肪氧化产物不同而导致的。据测定，芳香物质的 90%来自脂质反应，特别是不饱和脂肪酸总量与香味特性有较强的关系，不饱和脂肪酸具有极高的营养价值，其含量直接影响到肌肉的风味。亚油酸是人体不能合成，或是合成的量远不能满足需要的脂肪酸。由于亚油酸能降低血液胆固醇，预防动脉粥样硬化而备受重视。本试验中亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸、多不饱和脂肪酸都是以试验Ⅰ组最高，试验Ⅱ组次之，对照组最低。而硬脂酸这个性状试验Ⅰ组又是最低，试验Ⅱ组次之，对照组最高。说明苜蓿黄酮和红三叶异黄酮都能改善羊肉脂肪酸结构性能 ，而苜蓿黄酮效果较好。

3.3 对羊肉氨基酸的影响

氨基酸是构成蛋白质的基本单位，现代营养学认为肉品蛋白质的营养价值取决于组成蛋白质的氨基酸种类、含量与比例以及消化率等。研究表明氨基酸中的丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、丙氨酸和脯氨酸是肉香味的必须前提氨基酸。研究结果表明，3 组间各个氨基酸以及总氨基酸差异不显著，但试验Ⅰ组和试验Ⅱ组各个氨基酸（除胱氨酸外）以及总氨基酸都高于对照组。说明试验Ⅰ组和试验Ⅱ组都有提高氨基酸含量的趋势。

4 结论

在同一饲养管理条件下，从肉羊屠宰性能、肉色和大理石纹、羊肉抗氧化性、脂肪酸和氨基酸等性状综合分析，苜蓿黄酮组（Ⅰ）和红三叶异黄酮组（Ⅱ）都有提高肉羊屠宰性能及肉品质的趋势。但苜蓿黄酮组（Ⅰ）优于红三叶异黄酮组（Ⅱ）。因此苜蓿黄酮组（Ⅰ）具有更广阔的开发利用前景。

参考文献（略）

空间环境对苜蓿叶片过氧化物同工酶的影响

李　红[1]，李　波[2]，杨　曌[1]

（1.黑龙江省畜牧研究所，黑龙江齐齐哈尔 161000；2.齐齐哈尔大学生命科学与农林学院，黑龙江齐齐哈尔 161006）

摘　要　利用聚丙稀酰胺凝胶电泳技术，对经由返回式科学与技术试验卫星搭载苜蓿种子，地面种植后筛选的 47 株变异苜蓿株系的叶片，进行过氧化物同工酶的分析。结果表明：空间诱变苜蓿株系和对照苜蓿的过氧化物酶同工酶酶带数和带级各不相同，酶活性明显增强或减弱，空间环境能引起苜蓿过氧化物同工酶的变化。

关键词　空间环境；苜蓿；过氧化物同工酶

Influence of Space Environment on Peroxidase Isozyme of Alfalfa Leaves

LI Hong[1]，LI Bo[2]，LI Xue-ting[1], YANG Wei-ran

(1.Animal Science Institute of Heilongjiang，Qiqihar 161000，China;

2.School of Life Science and Agroforestry, Qiqihar university ,Heilongjiang Qiqihar 161006 China)

Abstract: The seeds of Alfalfa were loaded by return type science and technology experiment satellite，In this paper，POD isoenzymes of 47 variant strains leaves of Alfalfa in the ground planted were analyzed by SDS-PAGE．The results showed: Mutation Strains and control Alfalfa peroxidase existence difference bands and bands class. Enzyme activity was significantly enhanced and weakened．Space environment can cause peroxidase isozyme changes of Alfalfa.

Keywords: Space environment；Alfalfa；Peroxidase Isozyme

苜蓿(*Medicago sativa* L.)是豆科苜蓿属多年生草本植物，是一种豆科牧草，它具有产量高，牲畜用的饲料利用价值高，适口性好的优点。自 1987 年以来，中国利用卫星搭载技术已经诱变育成一系列高产、优质、多抗的作物新品种、新品系及新种质。

同工酶是受基因控制的一种酶的多分子形式。其存在于植物体的任何部位。参与植物体内所有代谢过程。基因改变的微小的差别都可在同工酶中反映出来。在生物的种群间，同工酶的差异是可以反映遗传基础差异的。针对同工酶进行的研究可以用来阐明卫星搭载苜蓿株系间的差异性。

1　材料与方法

1.1　材料

2008 年收获的紫花苜蓿龙牧 801 种子于 2008 年 10 月 15 日~11 月 2 日期间，经由返回式科学与技术试验卫星搭载，经过 17d 的空间诱变处理后返回地面，于 2010 年 5 月在齐齐哈尔大学生物园实验基

地种植。经两年的地面生长后，以形态上初步筛选的 47 份空间诱变苜蓿株系和未搭载的苜蓿（对照）的叶片为材料，材料编号见表 1。

1.2 *方法*

1.2.1 样品制备

分别取0.5g相同部位的幼嫩叶片，在冰浴中用pH=8.0 Tris-HCl 样品提取液3 ml进行匀浆研磨后，12000 rpm 离心10 min，上清液于-20℃冰箱中备用。

1.2.2 聚丙稀酰胺凝胶制备

采用不连续垂直板聚丙稀酰胺凝胶电泳，分离胶浓度7%，浓缩胶浓度3%。

1.2.3 电泳

起始电压调至100 V，当溴酚蓝到达下层分离胶时电压调至200V，待溴酚蓝移至距玻板下端1.0cm处停止电泳。在4℃冰箱中4～5h。用0.1%溴酚蓝作前沿指示剂，待指示剂离板底1cm 时停止电泳。电极缓冲液为Tris-Gly 缓冲液(pH=8.3)。

1.2.4 染色

过氧化物酶（POD）用醋酸联苯胺染色液，于室温下显色 5-10min，即得到 POD 同工酶的蓝色酶谱。

1.2.5 数据分析

用扫描仪对胶片进行扫描，利用BandScan5.0对图片进行分析酶带，根据酶谱计算迁移率R_f。

$$R_f = ri/R$$

式中，ri-从“电泳泳道”的点样点到电泳条带的距离；R-从“电泳泳道”的点样点到溴酚蓝条带的距离。同工酶聚类分析

参照Sheath和Sokal于1973年的报道，根据任何2份材料同工酶酶谱相似值的估算，可知2份材料之间的相似性系数。

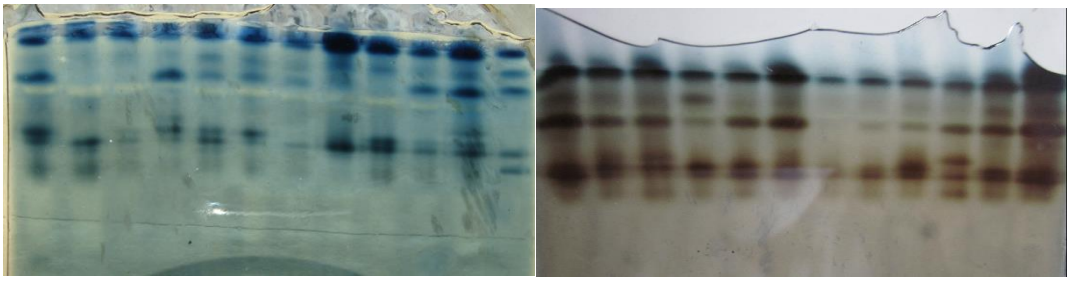
相似性系数=两品种间共同具有的酶带数/两品种酶带总数。

表 1 供试苜蓿单株材料编号

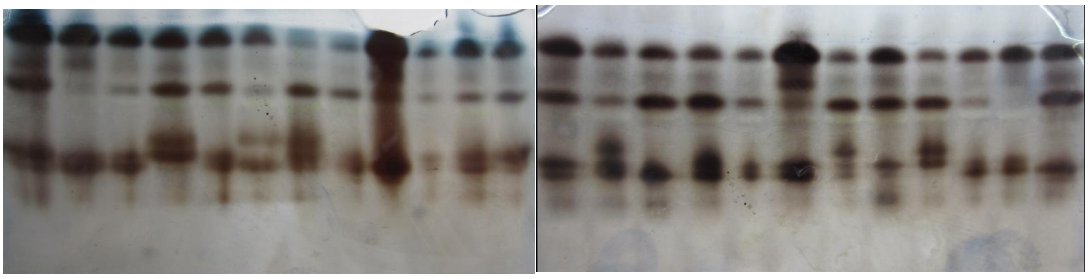
编号	单株	编号	单株	编号	单株	编号	单株
1	CK	13	5L-12	25	2L-6	37	4L-7
2	1L-4	14	3L-12	26	2L-12	38	3L-9
3	2L-1	15	6L-9	27	2L-2	39	7L-1
4	1L-1	16	3L-8	28	3L-10	40	7L-6
5	8L-11	17	5L-7	29	8L-12	41	3L-3
6	6L-1	18	6L-6	30	8L-8	42	5L-13
7	5L-11	19	3L-13	31	5L-1	43	3L-6
8	6L-5	20	7L-5	32	4L-1	44	7L-13
9	5L-9	21	6L-11	33	4L-13	45	1L-5
10	5L-4	22	1L-3	34	5L-5	46	3L-7
11	8L-10	23	5L-10	35	8L-9	47	5L-6
12	2L-8	24	2L-9	36	2L-5	48	8L-1

2 结果与分析

2.1 POD 的酶谱分析



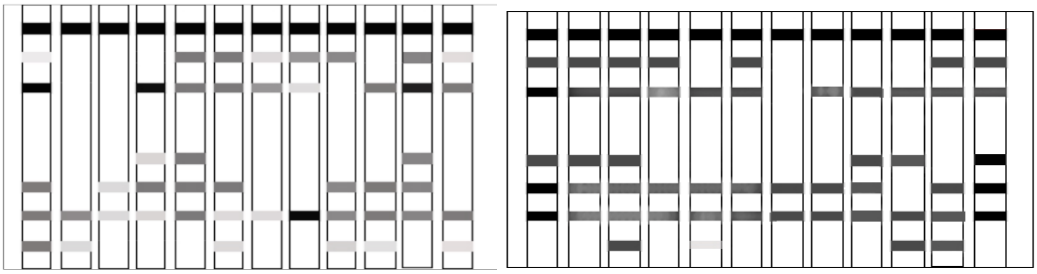
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



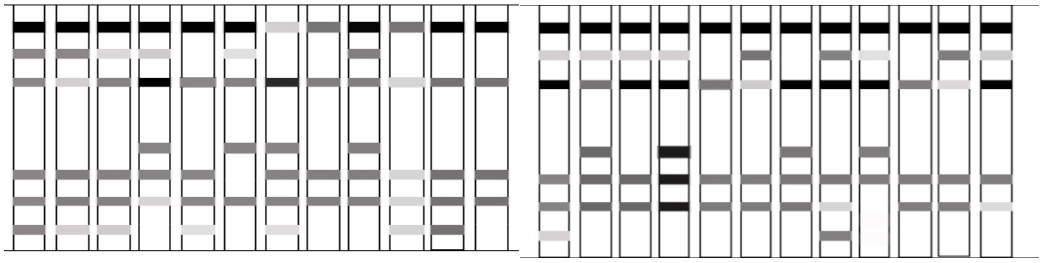
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48

图 1 苜蓿株系的 POD 同工酶电泳图谱

供试的 48 份苜蓿株系的过氧化物同工酶电泳图谱和酶谱模式图见图 1 和 2。 从图 2 可以看出，各卫星搭载苜蓿单株的酶带数量、位置、酶活强弱各有不同。其中酶带数最多有 7 条，最少有 3 条。其中株系 6L-5 表现出了一条与对照明显不同的超强的特征酶带，株系 1L-4 较对照缺失 3 条酶带，株系 3L-13 较对照明显缺失第 3 条酶带，株系 3L-8 在 A 区（0.06～0.18）展现的酶带位置和酶带强弱程度明显和对照不同。这些特征酶带和差异酶带的显现说明了空间环境对苜蓿过氧化物酶的表达产生了影响。



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48

图 2 苜蓿株系 POD 同工酶酶谱模式图

注：酶带由弱至强顺序依次为：

根据酶带的特征，计算从负极到正极按迁移率（Rf=酶带迁移的距离/溴酚蓝迁移的距离），见表 2，按特定可划分成 3 个区：A 区（0.06～0.18），B 区（0.18～0.28），C 区（0.28～0.43）。其中酶带数量较多、活性较强、分布较集中的是 C 区。而 B 区没有酶带出现。

表 2 POD 同工酶谱带迁移率

株系	酶带数及迁移率			总酶带（条）
	A 区（0.06～0.18）	B 区(0.18～0.28)	C 区(0.28～0.43)	
1	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
2	1(0.06)	0	2(0.35;0.43)	3
3	1(0.06)	0	2(0.32;0.35)	3
4	2(0.06 ,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	5
5	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
6	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(;0.32;0.35;0.43)	6
7	3(0.06,0.12,0.18)	0	1(0.35)	4
8	3(0.06,0.12,0.18)	0	1(0.35)	4
9	2(0.06,0.12)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
10	2(0.06,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
11	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
12	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.35;0.43)	5
13	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
14	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
15	3(0.06,0.12,0.18)	0	4(0.28;0.32;0.35;0.43)	7
16	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5
17	2(0.06 ,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
18	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5
19	1(0.06)	0	2(0.32;0.35)	3
20	2(0.06,0.18)	0	2(0.32;0.35)	4

21	2(0.06,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	5
22	2(0.06, 0.18)	0	3(0.28; 0.35;0.43)	5
23	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
24	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
25	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
26	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
27	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
28	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
29	2(0.06, 0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
30	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.28; 0.35)	5
31	2(0.06, 0.18)	0	4(0.28;0.32;0.35;0.43)	6
32	2(0.06, 0.18)	0	2(0.32;0.35)	4
33	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
34	2(0.06, 0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
35	2(0.06, 0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	5
36	2(0.06, 0.18)	0	2(0.32;0.35)	4
37	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
38	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
39	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5
40	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	6
41	2(0.06, 0.18)	0	2(0.32;0.35)	4
42	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5
43	2(0.06, 0.18)	0	3(0.28;0.32;0.35)	5
44	3(0.06,0.12,0.18)	0	3(0.32;0.35;0.43)	6
45	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.28;0.32)	5
46	2(0.06, 0.18)	0	2(0.32;0.35)	4
47	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5
48	3(0.06,0.12,0.18)	0	2(0.32;0.35)	5

2.2 同工酶聚类分析

通过各株系所具有的酶带数，计算出相似性系数，相似性系数在 0～1 之间，相似性系数愈小，说明两品种间差异越明显[29]。利用 SPSS17.0 软件进行聚类分析，对照和 47 份卫星搭载苜蓿株系的相关性系数见表 3，筛选出相关性系数大于 0.445 的 7 株苜蓿株系。

3 讨论

同工酶是基因表达的产物，是植物系统分类学研究的重要工具。其酶带的多少，迁移率的大小，

都是由结构基因所控制的。采用同工酶分析法对物种进行分析能较为客观的反映物种内的遗传差异，是一种较为方便、有效的手段。并且同工酶可以较直接的反应出植物间某些基因的异同和受到的诱变，虽然相对于遗传信息载体 DNA 水平的标记，同工酶所能反映出的遗传变异并不能完全代表差异。但同工酶作为生化水平的标记，反映的是遗传信息载体 DNA 所编码的蛋白质差异，也就是表型差异的一种，并且其操作相对于 DNA 来说比较简单，适合于大量的植物差异筛选[1]。

本实验中，对 47 株经卫星搭载的苜蓿株系进行了过氧化物同工酶的分析。大部分的过氧化物同工酶酶谱都与地面对照不同，同工酶受基因调控，空间环境会改变基因的结构和功能，进而表现在过氧化物同工酶上，所以本实验通过过氧化物同工酶作为形态指标后的第二步筛选方法，如果酶谱较地面对照差异明显，则说明其受到的空间诱变效果越强，如果酶谱较地面对照相似，则说明其受空间环境的影响较小，通过过氧化物同工酶酶谱的分析可以发现，大部分的株系都有酶带的增加和缺失、酶活性的增强和减弱，卫星搭载苜蓿株系 6L-9 较对照增加了一条条带，卫星搭载苜蓿株系 1L-4 较对照缺失了 3 条条带，这些都反应出了空间诱变的结果，并且证明了酶是受基因调控的一种蛋白质。刘润堂等研究发现，近缘品种间随着进化程度的提高过氧化物同工酶酶带条数有增加的趋势[2]。但王秀伶等的研究结果于之恰恰相反，她们发现进化品种叶片的过氧化物同工酶带数反而要少于普通品种的酶带数。本研究中卫星搭载苜蓿单株 1L-4 同工酶酶谱仅表现出 3 条条带，但其却是经卫星搭载后长势最好的，这和王秀伶等的研究结果是一致的[3]。有些株系酶带较地面对照明显增强，卫星搭载苜蓿株系 6L-5 酶带亮度显著高于对照，说明其酶活显著增强，说明其需要比正常株系更多的酶来清除过多的活性氧来维持正常的细胞功能。形态上此株长势低矮，叶片黄绿等特征。有研究表明当植物受到空间的强烈辐射时，其体内的过氧化物酶活性也表现出显著增加的特征。这与本实验的研究也是一致[4]。

同工酶是植物体内重要的酶之一，它参与了植物体内许多的生理生化反应，本研究结果表明，当苜蓿种子经空间环境的高辐射，微重力，低温等极端环境诱变后，过氧化物同工酶酶酶带和酶活强弱都有显著变化，这是植株适应的标志，通过过氧化物同工酶酶的筛选和对酶谱的分析可以进一步探讨空间环境对植物诱变的机制[5]。

表 3 卫星搭载株系与地面对照的相关性系数

株系	相关性系数	株系	相关性系数
对照	0.000	2L-2	0.340
6L-5	0.490	3L-10	0.340
1L-4	0.445	5L-1	0.340
2L-1（死亡）	0.445	4L-13	0.340
3L-13	0.445	7L-6	0.340
7L-5	0.445	4L-1	0.309
1L-1	0.445	5L-4	0.297
5L-9	0.445	6L-6	0.297
3L-8	0.445	2L-12	0.297
5L-7	0.404	8L-12	0.297

1L-3	0.404	5L-5	0.297
8L-8	0.404	8L-9	0.297
3L-9	0.404	7L-1	0.297
3L-6	0.404	5L-13	0.297
1L-5	0.404	8L-1	0.297
5L-6	0.404	6L-9	0.289
5L-11	0.360	6L-10	0.250
2L-5	0.360	5L-12	0.250
3L-3	0.360	3L-12	0.250
3L-7	0.360	6L-11	0.250
8L-11	0.340	5L-10	0.250
8L-10	0.340	2L-9	0.250
2L-8	0.340	4L-7	0.250
2L-6	0.340	7L-13	0.250

4 结论

通过对差异带、特征带和迁移率的分析和计算，表明了卫星搭载对苜蓿过氧化物同工酶的表达产生了影响。通过聚类分析，得出了卫星搭载苜蓿各株系的相似性系数，并通过相似性系数筛选出 7 株差异较大的卫星搭载株系，进行进一步筛选。

参考文献（略）

苜蓿愈伤组织细胞学观察及芽分化的研究

李　红[1]，李　波[2]，杨　曌[1]

（1. 黑龙江省畜牧研究所，黑龙江齐齐哈尔 1610006；2.齐齐哈尔大学生命科学与农林学院，黑龙江齐齐哈尔 16100）

摘　要　以龙牧 801 苜蓿叶片诱导产生愈伤组织为材料，接种在诱导和胚性发生培养基上，采用形态学、涂片法和石蜡切片法对愈伤组织的形态和内部细胞结构进行观察。以 NAA 和 KT 两种激素不同水平，进行芽分化最佳激素配比筛选。结果表明：胚性愈伤组织和非胚性愈伤组织在形态和细胞学特性方面存在显著差异，为苜蓿体细胞胚胎发生提供了理论基础。苜蓿愈伤组织芽分化最佳激素配比为 NAA 0.5mg/L+KT 1.5mg/L。

关键词　苜蓿；愈伤组织；解剖结构；芽分化

Cytological Observation and Redifferentiation of on the Alfalfa Callus

LI Hong[1]，LI Bo[2]，YANG Zhao[1]

(1.Farming research Institute of Heilongjiang, Qiqihar, Heilongjiang Province 161006, China;

2.Shool of Life Science and Agriculture and Forestry Qiqihar university, Qiqihar, Heilongjiang Province 161006, China)

Abstract：During inducd and embryogenic culture medium of the callus of Alfalfa of Longmo 801, histological and cytological observations of the callus were performed with morphology, smear and paraffin slice . In order to the best hormone levels，NAA and KT different levels were shoot differentiation.The results showed there were obvious difference form and structure between embryonic callus and non-embryonic callus. Research of alfalfa somatic embryos can provide theoretical basis. NAA 0.5mg/L+KT 1.5mg/L was the optimum hormone　combination on shoot differentiation of callus.

Keywords：Alfalfa；callus；anatomy structure ；shoot differentiation

紫花苜蓿（*medicago sativa* L.）是世界上最广泛种植的牧草之一，为豆科草本植物，是畜禽优选的饲料，再生性和适应性较强[1]。利用植物组织培养技术产生愈伤组织可以进行苜蓿的抗逆性育种，但是普遍研究中发现苜蓿愈伤组织的再分化率较低，易产生玻璃化现象[2]。激素的选择及浓度的筛选更是影响苜蓿愈伤组织形成及分化的首要因素。通过对愈伤组织显微结构分析，旨在为了解愈伤组织再分化提供一些细胞学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

以龙牧 801 苜蓿叶片诱导出的愈伤组织为材料。愈伤组织诱导和继代培养基为 MS+1mg/L 2,4-D +0.5 mg/L 6-BA +琼脂 8.5g + 蔗糖 30g，每 20d 继代一次。胚性愈伤组织诱导培养基为 MS+0.2mg/L NAA+0.1mg/L 6-BA+0.1mg/L KT +琼脂 8.5g + 蔗糖 30g [3]。挑取新鲜的苜蓿愈伤组织，将其切成 5mm^3 的大小，接种于胚性愈伤组织诱导和芽分化培养基，在 23-25℃和 1000-3000Lx 的光照培养箱下培养。

1.2 实验方法

1.2.1 愈伤组织形态观察

对继代培养第 8 天的愈伤组织进行细胞表面结构、颜色和质地的观察。

1.2.2 愈伤组织涂片和石蜡切片制作

取新鲜的、长势良好的愈伤组织小块，放在培养瓶中，滴 3-5 滴卡宝品红染液，用注射器胶皮头将愈伤组织充分捣碎，吸取上层清液，滴 1 滴于干净的载玻片上，显微镜下观察并拍照。

选取新鲜的、长势较好的愈伤组织材料，进行常规石蜡切片制作，用番红和固绿双重染色。

1.2.3 愈伤组织芽分化激素配比的筛选

选用 MS 培养基为基础培养基，添加 NAA 和 KT 两种激素，NAA 浓度为 0.1 mg/L、0.3 mg/L、0.5 mg/L， KT 浓度为 0.5 mg/L、1.0 mg/L、1.5 mg/L，两种激素进行排列组合的 9 种培养基见表 2。将新鲜的愈伤组织分割成约 5mm3 的小块，接种到 9 种不同培养基中，每瓶 6-9 块。培养条件同上，培养 15d 后对 1-9 号各培养基的材料进行观察和统计。

2 结果与分析

2.1 胚性与非胚性愈伤组织形态上的差异

胚性愈伤是指具有胚胎发生能力的愈伤组织,它处于增值旺盛和分化状态。非胚性愈伤是指愈伤组织中的细胞虽具有增殖能力,但没有胚胎发生能力的愈伤[5]。这 2 种愈伤组织在形态学和细胞学上有明显的差异。本试验中对培养第 8 天的愈伤组织观察发现两类愈伤组织的特点，两类愈伤组织的比较见图 1 和表 1。

A

B

图 1 愈伤组织外部形态

Fig 1 Outer morphology of callus

注：A 非胚性愈伤组织　　B 胚性愈伤组织

表 1 胚性与非胚性愈伤组织的形态比较

Table 1 Comparison of embryonic callus and non-embryonic callus morphology

类型	颜色	质地	表面结构
胚性愈伤组织	淡绿色	较致密	较粗糙，表面有颗粒状突起
非胚性愈伤组织	黄绿色	较疏松	较光滑

2.2 解剖结构的观察

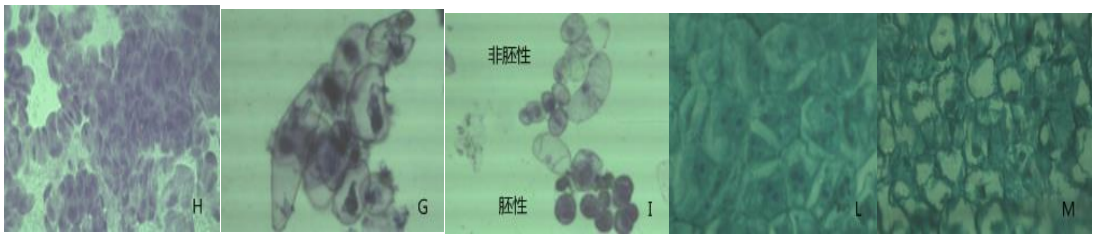


图 2 愈伤组织显微结构

Fig 2 Microstructure of callus

注：G、H、I 为愈伤组织涂片图　　L、M 为愈伤组织石蜡切片图

G 和 L 非胚性细胞；H 和 M 胚性细胞；I 胚性和非胚性细胞共存

对愈伤组织显微结构观察（见图2）发现，胚性细胞与非胚性细胞差异显著。胚性愈伤组织细胞为体积较小，细胞直径约10μm左右、胞质浓厚、染色深、细胞核大、细胞形状较规则，排列紧密的近圆形细胞，具有分生组织细胞的特点，因此，胚性愈伤组织细胞分裂能力强，代谢活跃，具有体细胞胚发生能力；非胚性愈伤组织细胞为体积较大，直径约20μm左右、胞质稀薄、染色浅、细胞核小、形状不规则排列疏松的大细胞，细胞表面褶皱，细胞分裂能力弱，无体细胞胚发生能力。初始愈伤组织细胞的形态结构位于上述两者之间，也无体细胞胚发生能力。

2.3 芽分化的最佳激素 NAA 和 KT 浓度的筛选

本试验在MS 培养基上附加不同浓度的NAA，并分别与不同浓度的KT配比，研究其对芽分化的影响，结果见表2。从接种的第10天开始愈伤组织开始陆续长出绿色芽点（见图3），不同浓度的NAA和KT的芽的分化率有一定的差异，1-9号培养基出芽率依次为9>7>8>3>5>6>1>2>4，9号培养基的出芽率最高，达到48.8%，在第15d时长出丛生芽，MS培养基添加NAA 0.5mg/L和KT 1.5mg/L时，苜蓿愈伤组织出芽率最高，其他培养基也有芽的分化，说明添加一定浓度的NAA和KT配合有利于苜蓿愈伤组织芽的再分化。

表 2　芽分化培养基的激素浓度及愈伤组织芽分化率(%)

Table 2　The concentration of hormone in culture medium on shoot differentiation and shoot differentiation ratio of callus

培养基编号	NAA 浓度(mg/L)	KT 浓度（mg/L）	愈伤组织接种数(块)	分化块数(块	分化频率(%)
1	0.1	0.5	47	9	19.1
2	0.1	1.0	42	7	16.7
3	0.1	1.5	40	11	27.5
4	0.3	0.5	45	5	11.1
5	0.3	1.0	44	11	25.0
6	0.3	1.5	48	11	22.9
7	0.5	0.5	49	17	34.7
8	0.5	1.0	43	13	30.2
9	0.5	1.5	43	21	48.8

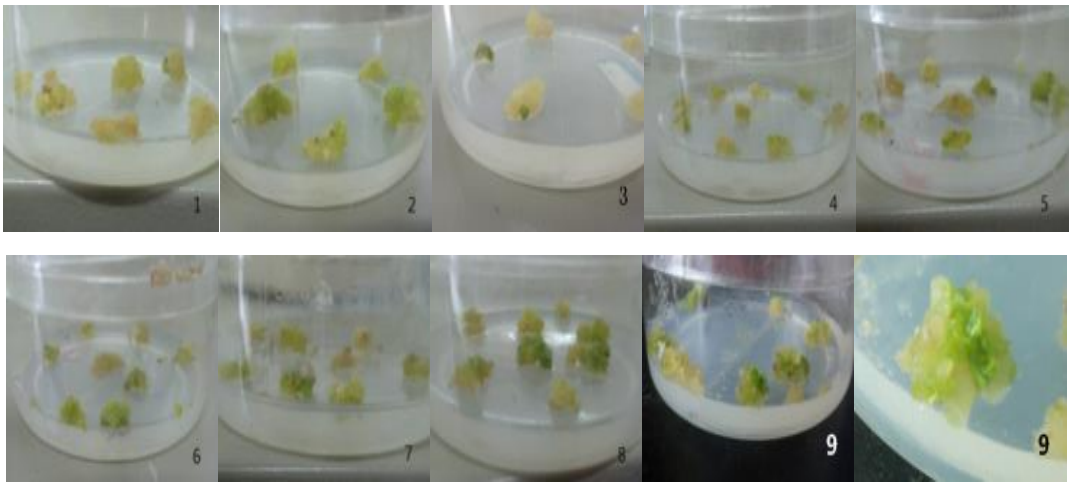


图 3　两种激素配比下苜蓿愈伤组织芽的分化

Fig 3　Effect of different hormone constitution on shoot induction in Alfalfa

3　讨论

3.1　愈伤组织的鉴定为苜蓿不定芽的发生提供可能性

愈伤组织在长期继代过程中，有胚性和非胚性愈伤组织两类组织发生。胚性愈伤组织发生前要经历愈伤组织生长发育阶段。苜蓿成熟叶片在含有一定浓度的 2，4-D 和 6-BA 的激素配比的培养基中可诱导出大量的愈伤组织，经长期培养愈伤组织失去绿色，变成淡黄色，有的愈伤组织失去胚性化。愈伤组织在 MS+0.2mg/l NAA+0.1mg/l 6-BA+0.1mg/l KT 培养基培养过程中，在培养第 8 天时，发现愈伤组织开始逐渐变成绿色，并逐渐形成颗粒状突起，此类愈伤组织即为胚性愈伤组织。共接种 208 块愈伤组织，有 163 块愈伤组织长出颗粒状突起，诱导率达 78.4%。对苜蓿愈伤组织采用形态学和细胞学的方法对其发生的状态进行观察，准确判断其愈伤组织的发生类型和愈伤组织是否进入胚性化，可为

实现苜蓿愈伤组织的再分化创造条件。

3.2 植物激素在愈伤组织的诱导和再分化的作用

植物激素是植物体愈伤组织诱导的关键因素，调节激素水平和组合已成为提高愈伤组织诱导与分化频率的有效手段。不同的植物激素对植物细胞的识别能力不同，植物激素浓度不同，与植物细胞结合的机会也不同，因此不同种类和浓度的植物激素组合会影响愈伤组织的诱导和再分化。朱苏文等研究表明 2,4-D 对大岩桐愈伤组织诱导的作用最显著[4]，杜希华等人研究表明，单独使用细胞分裂素不能使愈伤组织生长，而同时加入一定配比的细胞分裂和生长素有利于愈伤组织的诱导，细胞分裂素是植物脱分化所必须的[5]。实验中发现添加一定配比的 2,4-D 和 6-BA 可以诱导苜蓿叶片产生大量的愈伤组织。2,4-D 的浓度控制在 1.0 mg/ L 左右， 6-BA 0.5 mg/ L 左右时有利于愈伤组织的诱导和继代培养，2,4-D 的浓度过高不利于愈伤组织的再分化。但是愈伤组织的不定芽的分化率和激素的浓度不呈正相关，胡静对甘农 2 号杂化苜蓿最佳的芽分化培养基和伊风艳对黄花苜蓿最适分化培养基筛选均为 MS 附加 0. 5 mg/ L KT 和 0.1 mg/ L NAA [6-7]。实验发现在愈伤组织芽的分化中，可以配合添加一定浓度 NAA 和 KT，NAA 的浓度在 0.1-0.5 mg/ L 之间，KT 浓度在 0.5-1.5 mg/ L 时，均有不定芽的分化，以 0.5mg/L NAA 和 1.5mg/L KT 愈伤组织不定芽的分化率最高。

参考文献（略）

不同种植年限苜蓿对沙地土壤过氧化氢酶活性的影响

石立媛[1]，邓　波[2]，王显国[2]，高　凯[1]，张永亮[1]
（1.内蒙古民族大学农学院，内蒙古通辽 028042；2.中国农业大学，北京 100083）

摘　要　通过测定不同种植年限紫花苜蓿地土壤中过氧化氢酶的活性，分析了人工种植地土壤在耕层的垂直分布以及根际土与非根际土中过氧化氢酶活性的变化情况。结果表明：种植紫花苜蓿时间越长，对土壤过氧化氢酶活性影响越大，紫花苜蓿地土壤过氧化氢酶活性随土层深度的增加而先降后升，相同种植年限根际土与非根际土过氧化氢酶活性差异明显。随着种植年限的增加过氧化氢酶活性均呈现升-降-升趋势。过氧化氢酶活性整体表现为：2 年生＞4 年生＞5 年生＞1 年生＞3 年生。不同生长年限苜蓿土壤中过氧化氢酶活性变化幅度较大。

关键词　紫花苜蓿；生长年限；过氧化氢酶

Effect of Different Planting Years of Alfalfa Soil Catalase Activity

SHI Li-yuan[1],Deng Bo[2],Wang Xian-guo[2],Gao kai[1],Zang Yong-liang[1]
(1 College of Agronomy, Inner Mongolia University for Nationalities, Tong Liao, 028042;
2, China Agricultural University, Bei Jing, 100083)

Abstract: Through the determination of the activity of catalase in different years of planting alfalfa soil, and analyzing the changes of the planting soil in the vertical tilth and rhizosphere and non-rhizosphere of the soil of catalase activity. The results showed that the longer planting alfalfa, the greater impact on the soil, catalase activity in alfalfa soil increased after the first reduction with the increase of soil depth, the same age rhizosphere soil and non- rhizosphere soil catalase activity obviously different. With the increasing of cropping years the activity of catalase were showed up - down - up trend. Catalase activity in overall performance: 2 years old> 4 years old> 5 years old> 1 year old> 3 years old. In different growth period , the activity of the catalase were quite different.

Keyword: Alfalfa; Number of growth years; catalase

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是一种高产、优质的豆科牧草，具有产量高、品质好、抗逆性强、生态适应性广和保持水土等功能[1-4]，同时，紫花苜蓿种植对土壤的理化性质具有一定的改良效果，能够提高土壤肥力，是我国北方草田轮作的首选草种[5-6]。紫花苜蓿种植对土壤理化性质的改良效果是当前苜蓿研究的热点问题之一，学者们分别从苜蓿种植对土壤全碳活性、磷活性、氮活性、酶活性等方

面进行了细致的研究[7-10]。结果已经证实苜蓿种植均能提高土壤的氮素、磷素、钾素活性，对土壤的淀粉酶、脲酶、过氧化氢酶也有提高作用。关于不同种植年限苜蓿对土壤的改良效果我国学者杨恒山、邰继承等从土壤微生物和酶活性方面也进行了研究，且证实随着紫花苜蓿种植年限的增加,土壤微生物的活动增强，酶活性均随土层深度的增加而依次递减；杨玉海、蒋平安也对不同种植年限苜蓿的土壤改良效果进行了相关研究，其研究表明苜蓿种植时间的长短对有机质和全量养分在耕层垂直分布的影响无差异, 而速效养分和容重等特性随苜蓿种植时间的延长,土层之间的差距愈明显。上述研究虽然对不同种植年限苜蓿的土壤改良效果进行了研究，但其均在控制条件下进行，不能够准确说明实际生产过程中不同种植年限苜蓿对土壤的改良效果。且在以往的研究中没有对不同种植年限苜蓿根际土和非根际土进行比较研究。鉴于此，本文立足大田生产，通过对内蒙古通辽珠日河不同年限苜蓿人工草地和原生植被地不同土层土壤中过氧化氢酶活性的对比研究以及对不同种植年限苜蓿根际土和非根际土过氧化氢酶活性的对比研究，揭示大田生产过程中不同种植年限苜蓿对土壤的改良效果，为合理的苜蓿草田轮作提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 自然概况

内蒙古通辽市珠日河，位于北纬 43°36′，东经 122°22′属温带大陆性季风气候。年平均气温 5.2℃；年平均日照 2906h；极端最高气温 37.8℃；极端最低气温-35.9℃；最热月平均气温 24℃；最冷月平均气温-16.2℃。年平均无霜期 140d。年平均降雨量在 300-450mm。相对湿度为 55%-61%。

1.2 土壤取样方法

取样地为 1 年生、2 年生、3 年生、4 年生和 5 年生苜蓿人工草地，取样时间为 10 月 6 日。分别于各生长年限苜蓿地选取 4 个样点，各样点分 0～10 cm、10～20 cm 、20～30cm、30～50 cm 、50～70 cm、70~100 cm6 个层次，每个取样点取 5 钻，将同一土层土壤进行混合，利用四分法进行取样，将样品在阴凉通风条件下阴干磨细，过 1mm 筛备用。

采集根际土与非根际土时先用铁锨铲除杂物，然后用铁锨小心沿植株基部向下挖大约 50cm，将抖落的土壤作为非根际土收集，用小毛刷将不能抖落的沾附在根上的土轻轻刷下作为根际土收集，风干、磨细，过 1mm 筛备用。

1.3 土壤测定方法

过氧化氢酶采用容量法测定。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限对土壤过氧化氢酶活性的影响

表 1　不同年限苜蓿过氧化氢酶活性

	一年苜蓿	二年苜蓿	三年苜蓿	四年苜蓿	五年苜蓿
0-10	0.6242 Aa	1.3168 Aa	0.6719 Aa	1.4305 Aa	0.9537 Aa
10-20	0.5419 Aa	1.2084 ABb	0.4335 ABbC	0.8887 Bb	0.6936 Aa
20-30	0.5982 Aa	1.0783 BCc	0.4064 BbC	0.8453 Bb	0.7640 Aa
30-50	0.5375 Aa	1.1000 BCc	0.5202 AaBb	0.6773 Bb	0.9700 Aa
50-70	0.5419 Aa	1.0621 Cc	0.1897 Cc	0.8670 Bb	0.8995 Aa
70-100	0.6069 Aa	1.1272 BbCc	0.3901 BbC	0.8453 Bb	0.9158 Aa
均值	0.5751	1.1488	0.4353	0.9257	0.8661

注:同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01),不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

由表 1 可知，不同种植年限以及原生植被的紫花苜蓿土壤过氧化氢酶活性的平均值大小关系为 2 年生＞4 年生＞5 年生＞1 年生＞3 年生；1 年生与五年生紫花苜蓿土壤各土层过氧化氢酶活性没有明显差异，2 年生紫花苜蓿 0-10cm 与 10-20cm 土层过氧化氢酶活性明显高于其他各土层。3、4、5 年生紫花苜蓿表层（0-10cm）土壤过氧化氢酶活性明显高于其他土层，剩余土层酶活性无明显差异。0-10cm 土层过氧化氢酶活性的大小关系为 4 年生＞2 年生＞5 年生＞3 年生＞1 年生。10-20cm 与 20-30cm 土层 2 年生紫花苜蓿土壤过氧化氢酶活性明显高于其他年限，剩余年限变化不明显，30-50cm 与 50-70cm 土层变化规律相同，峰值均出现在第 2 年，次峰值出现在第 5 年，其余年份变化不明显。50-70cm 与 70-100cm 土层三年生紫花苜蓿土壤过氧化氢酶活性较低外其他各年限无明显差异。

2.2　不同土层土壤过氧化氢酶的动态变化

表 2　变异系数

	一年	二年	三年	四年	五年
0-10	0.10	0.05	0.07	0.04	0.33
10-20	0.10	0.05	0.40	0.18	0.43
20-30	0.15	0.06	0.36	0.12	0.16
30-50	0.24	0.07	0.29	0.44	0.28
50-70	0.16	0.06	0.67	0.29	0.37
70-100	0.19	0.07	0.18	0.12	0.40
均值	0.16	0.06	0.33	0.20	0.32

由表 2 可知，变异系数的均值大小关系为 3 年生＞5 年生＞4 年生＞1 年生＞2 年生土壤，1 年生和 4 年生土壤的变异系数最大值均出现在 30-50cm 土层，2 年生土壤的变异系数最大值出现在 30-50cm 和 70-100cm 土层，3 年生土壤的变异系数最大值均出现在 50-70cm 土层，5 年生土壤的变异系数最大值均出现在 10-20cm 土层。0-10cm、10-20cm 和 70-100cm 土层的变异系数最大值均为 5 年生土壤，20-30cm、50-70cm 土层变异系数最大值为 3 年生土壤，30-50cm 土层变异系数最大值为 4 年生土壤。

2.3 根际土与非根际土土壤过氧化氢酶活性

表 3 根际与非根际土壤过氧化氢酶活性

	根际土	非根际土
1 年	1.3005 Aa	0.9429 Bb
2 年	1.6635 Aa	1.3763 Bb
3 年	1.3438 Aa	0.9970 Aa
4 年	1.4956 Aa	1.3051 Ab
5 年	1.4305 Aa	1.4208 Aa
均值	1.4468	1.2086

注：同列不同大写字母表示差异极显著(P<0.01),不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

由表 3 可知，根际土与非根际土过氧化氢酶活性平均值的大小关系为根际土>非根际土，根际土过氧化氢酶活性大约为非根际土的 1.20 倍。任一生长年限任一土层的过氧化氢酶活性均为根际土>非根际土，不同生长年限根际土中过氧化氢酶活性的大小关系为 2 年生>5 年生>4 年生>3 年生>1 年生，非根际土中过氧化氢酶活性的大小关系为 5 年生>2 年生>4 年生>3 年生>1 年生。相同年限中 4 年生与 5 年生根际土与非根际土过氧化氢酶活性差异不显著，其余年限活性差异均显著。

2 讨论

苜蓿作为改良贫瘠土壤的重要豆科牧草[5-6]，已有研究表明苜蓿种植能够有效地提高土壤肥力[11-12]。土壤酶是土壤中的生物催化剂，参与许多重要的生物化学过程,与土壤肥力的形成和转化有密切关系[13-15]。不同种植年限土壤中过氧化氢酶与土壤养分存在一定的相关性，它说明了土壤肥力与不同土层深度以及不同生长年限的关系，是测定土壤品质的指标[16]。本文通过对不同种植年限苜蓿人工草地土壤过氧化氢酶活性的比较也证实了这一结论。同时也为紫花苜蓿制定轮作年限提供理论依据。

本研究中任何生长年限的根际土中养分活性明显高于非根际土，且达到显著差异水平（$P<0.05$），这主要是由于根际是围绕于植物活根周围很小的土壤微域，受根系生理活动的影响，所以在物理、化学和生物特性上不同于原土体，是土壤-植物根系-微生物三者相互作用的场所。对于植物来说，根际养分是最容易、最优先被吸收的养分。所以作为植物根系生长发育、营养成分吸收和新陈代谢的场所，根际各种酶的活性会与非根际有所差异。由于根系从土壤中吸收水分和养分，同时也向土壤中分泌各种有机及无机物质，加上根系本身具有强烈的穿插能力，使得根际土性质与非根际土有明显的差异[17]。所以根际具有影响土壤性质的能力。

参考文献（略）

基于特征参数观测的苜蓿叶重估测模型

陶　雪[1]，苏德荣[1]

（北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083）

摘　要　在大田紫花苜蓿生长过程中，通过对苜蓿农艺性状的测定进行苜蓿叶重的估测，具有成本低、操作简单等特点，其关键是估测模型的建立。本试验通过在苜蓿不同生长阶段对几个主要生长指标的测定，获取单株的茎粗（参数 1）、株高（参数 2）和一级分枝数（参数 3）共三个参数作为自变量，以测定单株干叶重为因变量，建立回归估测模型，并进行模型验证。结果表明：在茎粗、株高、分枝数与叶重构建的叶重估测模型中，叶重与株高、分枝数相关性不显著，仅与茎粗呈显著关系，再以茎粗构建叶重估测模型得：Y=-1.104+0.632X，由茎粗构建的叶重估测模型测得的叶重与实测值差异不显著，因此，该模型具有一定的可靠性，且该模型的建立对今后苜蓿叶蛋白及叶重与叶蛋白含量关系的研究具有重要的指导意义。

关键词　紫花苜蓿；特征参数；叶重；茎粗；回归分析；估测模型

The Model of Alfalfa Leaf Weight Estimation Based on the Observation of Characteristic Parameters

TAO-Xue[1]，　SU De-rong[1※]

(Center for Grassland Ecology and Resources Research, Beijing Forestry University, Beijing, 100083, China)

Abstract: In the field growth experiment of alfalfa, it was such as low cost and simple operation to estimate alfalfa leaf weight through the measurement of alfalfa agronomic traits, and the key was to make an estimating model. This experiment obtained plant stem diameter parameters (1), plant height parameters (2) and primary branch number of parameters (3) a total of three parameters as independent variables through measurements of alfalfa agronomic traits, and regression estimating model was established and verified. The results showed that stem diameter, plant height, branch number, and leaf weight to build models for predicting the leaf weight, leaf weight and no significant correlation between plant height, branch number, only the relationship between stem diameter was significantly, with thick stems to build models for predicting the leaf weight: $Y = -1.104 + 0.632X$. There was no significant difference by the stem diameter to build models for predicting leaf weight of alfalfa between the measured leaf weight and the estimated leaf weight. Therefore, the estimated model had a certain reliability to predict alfalfa leaf weight and this model had　important guiding significance the relationship between leaf weight and leaf protein content research in

the future.

Keywords: Alfalfa; Characteristic parameters; Leaf weight; Stem diameter; Regression analysis; Estimation model

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)被誉为“牧草之王”，有适应性强、栽培面积大、产量高、营养品质好、防风固沙等优点，已经成为“草-畜-肥-粮”物质循环中的主要成分[1]。苜蓿作为高产量及高蛋白的饲草作物，被广泛地种植在我国北方，尤其是西北干旱地区[2]。紫花苜蓿的茎秆和叶片分别具有不同的经济价值，与传统的整株收获利用相比较，将茎和叶分开收获可大幅度提高苜蓿利用效率和经济价值[3, 4]。苜蓿的产量和品质是评价苜蓿种植的重要基础，近年来随着苜蓿产业的发展，出现了许多先进的苜蓿加工技术，苜蓿叶蛋白就是其中较为热门的一个研究方向，将苜蓿叶加工成各种高蛋白的产品成了一些企业的一项主打产业[5, 6]。

国内外对苜蓿生物量做了很多研究，往往是将叶和茎干一起研究，叶片是苜蓿植株蛋白含量最高的部分，而对叶片单独研究的鲜有报道，对田间苜蓿叶量的估测报道甚少。掌握苜蓿叶干重对于了解苜蓿蛋白产量具有重要的意义，同时对企业苜蓿的选购具有重要的指导意义和参考价值。苜蓿株高、茎粗、分枝数等简单指标为苜蓿生物量的估算提供了一种简易的方法，这种方法得到了广泛的应用。因此，苜蓿叶生物量的生长模型也可以尝试利用这种方法建立模型，以便为田间估测苜蓿叶蛋白产量做基础研究。

本研究首先基于生育期苜蓿生长指标的测定，以几个基本特征参数作为自变量构建苜蓿单株叶重的回归方程，探讨茎粗、株高和分枝数与叶重的关系，从而实现对苜蓿叶重进行估算，旨在为准确估算苜蓿叶蛋白产量提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地选择在农业部作物高效用水武威科学观测试验站（37°52'N，102°51'E），该站位于甘肃省武威市凉州区东河乡王景寨村，海拔 1581m，多年平均降水量 164.4mm，但时空分布不均匀，主要集中在 7、8 月份，年蒸发量 1131.5～1508.7 mm，日照时间 3000 h 以上，光热资源丰富，全年日照时数达 3000 h 以上，无霜期 150 d 以上，年均气温 8℃，多年平均风速为 1.3 m/s，属典型的内陆干旱荒漠气候区，土质为砂壤土，有机质含量中等。

1.2 试验设计

试验供试牧草植物为紫花苜蓿（*Medicago sativa* L.），品种名：皇冠（Phabulous），秋眠级 3.7 级，由北京克劳沃草业技术开发中心提供，2012 年 4 月 30 日播种，人工条播，播种量 30kg/hm^2，播深 2cm，行距 22.5cm。在苜蓿播种之前对每一个小区铺设了地下滴灌系统，采用旁壁式滴灌带（由甘肃大禹节水有限公司提供），内径 16 mm，壁厚 0.4 mm，滴头流量 3.0 L/h，滴头间距 30 cm，滴灌带行距 90cm，埋深 30cm，每个小区布设 3 条滴灌带，1 条滴灌带控制 4 行苜蓿，每个小区为一个灌水单元，单元入口管道上安装有计量水表，灌溉水水源为地下水，试验地实行统一管理。试验小区面积为 6.0m×2.7m，

三个重复，试验共 3 个小区，于 2014 年 7～8 月进行数据采集，在苜蓿不同生长阶段，每个重复的小区随机取正常生长苜蓿植株 15 株，并分为两组（一组 10 株，另一组 5 株），其中 10 株组作为构建苜蓿叶重估测模型的具体参数测定，如：株高（cm）、茎粗（mm）、分枝数及单株叶干重（g），5 株一组用来验证模型，数据均取组内平均值。

1.3 观测项目

在紫花苜蓿不同生长阶段对小区苜蓿株高、茎粗、一级分枝数及叶干重进行测定，每 5～7 天测一次：每个小区按“S”形状随机取 10 株长势一致的苜蓿，用直尺测定地面至主茎叶尖的拉直长度，为株高（cm）；用游标卡尺测定植株主茎基部的茎直径，为茎粗（mm）；数植株主茎长出的分枝数，为一级分枝数，然后分别将叶从茎秆上分离，装入信封，将信封放入烘箱，烘至恒重后称叶重（g）。

1.4 数据处理

利用 Excel 2010 进行数据整理、简单统计分析和绘图，利用 SPSS 17.0 进行回归分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 试验结果

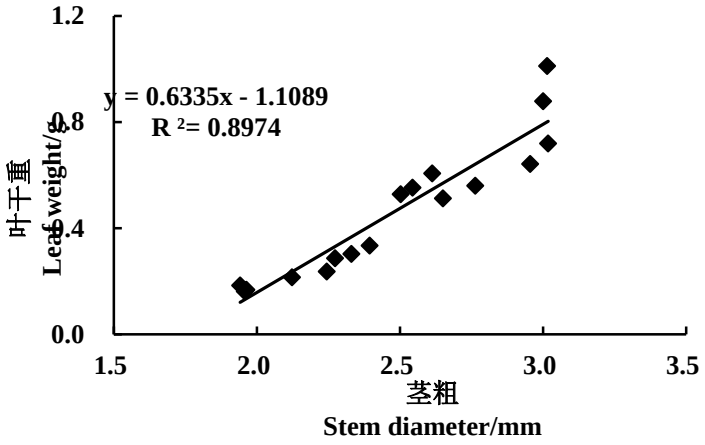
紫花苜蓿的茎粗、株高、分枝数及叶重的实测统计如表 1 所示，随着苜蓿的生长，茎粗、株高、分枝数及叶重也在不断增大。由图 1 可知，三种特征参数（茎粗、株高及分枝数）与单株叶重的相关关系均较高，其中茎粗与单株叶重的相关关系最大。

表 1 苜蓿茎粗、株高、分枝数及叶干重的统计值

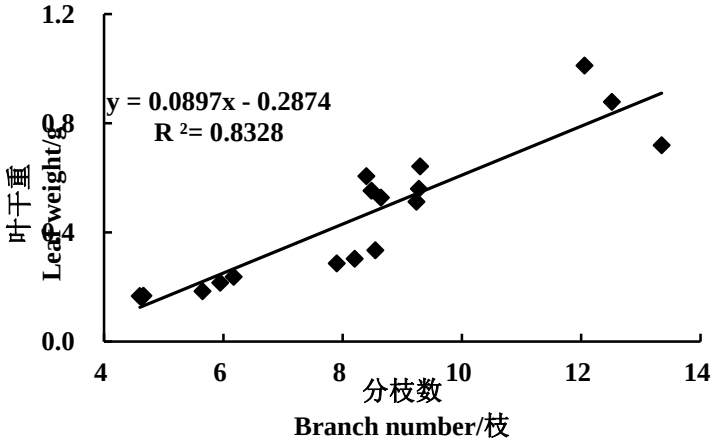
Table 1 Statistics of Alfalfa stem diameter, plant height, branch number, and weight per plant

取样次数 Sampling frequency/次	茎粗 Stem diameter/mm	株高 Height /cm	分枝数 Branch number/枝	叶干重 Leaf weight/g
1	1.96	31.07	4.6	0.1670
1	1.96	31.33	4.7	0.1680
1	1.96	31.50	4.6	0.1623
2	1.94	39.50	5.7	0.1843
2	2.12	41.40	6.0	0.2154
2	2.24	42.75	6.2	0.2372
3	2.39	59.19	8.6	0.3347
3	2.33	58.32	8.2	0.3034
3	2.27	57.15	7.9	0.2869
4	2.61	66.10	8.4	0.6065
4	2.54	65.08	8.5	0.5530
4	2.50	64.82	8.6	0.5279

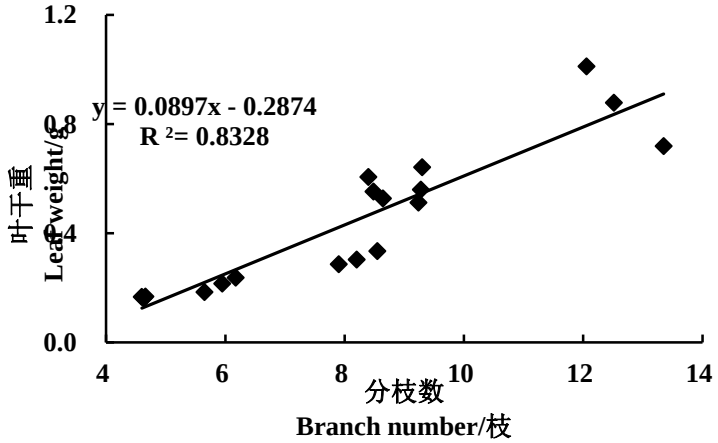
5	2.96	69.63	9.3	0.6422
5	2.76	68.26	9.3	0.5601
5	2.65	67.13	9.2	0.5123
6	3.02	90.18	13.4	0.7194
6	3.00	85.47	12.5	0.8784
6	3.01	82.86	12.1	1.0114



（a）茎粗与单株叶重的相关关系



（b）株高与单株叶重的相关关系



（c）一级分枝数与单株叶重的相关关系

图 1　苜蓿单株叶重与茎粗、株高及分枝数的相关关系

Fig. 1　The correlation of alfalfa stem diameter, plant height, branch number and leaf weight per plant

由表 2 可知，分枝数和株高的偏回归系数均未达到显著水平，其由误差造成的概率分别为 75.%和 99.2%，所以考虑将分枝数和株高剔除该模型，再次进行回归分析，再次回归分析结果见表 3。由表 3 可知，在剔除分枝数和株高两个因素后，苜蓿叶重的估测回归方程为：$Y = -1.104+0.632X$（cm，茎粗；$P<0.01$）。

表 2　回归常数显著性检验

Table 2　Regression constant significance test

模型	系数	标准误差	*t* Stat	*P*-value
截距	-0.979	0.278	-3.523	0.003
茎粗	0.525	0.208	2.519	0.025
分枝数	0.016	0.051	0.314	0.758
株高	8.847E-5	0.009	0.010	0.992

表 3　剔除分枝数和株高后回归常数显著性检验

Table 3　Regression constant significance test after eliminating branch number and plant height

模型	系数	标准误差	*t* Stat	*P*-value
截距	-1.104	0.134	-8.251	0.000
茎粗	0.632	0.054	11.736	0.000

2.2　估测模型验证

每个小区选取 5 株苜蓿，对苜蓿茎粗和叶干重进行实测，将叶干重实测与同估测模型回归方程计

算值进行比较，所得结果见表 4。

表 4　5 株苜蓿茎粗、株高及分枝数均值统计

Table 4　Statistics of alfalfa stem diameter, plant height and branch number of five plants

取样次数 Sampling frequency/次	茎粗 Stem diameter/mm	株高 Height /cm	分枝数 Branch number/枝
1	1.96	0.1689	0.1378
1	1.95	0.1567	0.1297
1	1.96	0.1638	0.1335
2	2.30	0.2464	0.3522
2	2.37	0.2589	0.3907
2	2.14	0.2182	0.2466
3	2.27	0.2721	0.3284
3	2.22	0.2703	0.2965
3	2.32	0.3077	0.3597
4	2.48	0.4994	0.4603
4	2.46	0.5028	0.4514
4	2.54	0.5487	0.4981
5	2.57	0.4780	0.5210
5	2.54	0.4645	0.4994
5	2.74	0.5509	0.6296
6	2.98	1.0374	0.7812
6	3.03	1.1443	0.8097
6	3.01	0.9103	0.7974

对叶干重的实测值和估测值进行配对样本 t 检验，结果见表 5。由表 5 可知，紫花苜蓿叶重实测值与估测值差异不显著（$P>0.05$）。由图 2 可见，苜蓿叶重估测模型所得的叶重与实测叶重变化趋势基本一致，随着茎粗的增大，模型叶干重也在不断增重，但也存在实测叶重波动较大的情况，尤其是在刈割期，叶重的实测值明显高于估测值，这可能是因为叶重与茎粗的关系不仅仅是一般线性性关系，它们之间可能还存在其它函数关系，还需要进一步研究。

表 5　紫花苜蓿叶干重实测值、估测值的 t 检验

Table 5　The *t* test of the measured values, and the estimated values of alfalfa

模型	实测值	估测值
均值	0.4555	0.4346
标准差	0.2997	0.2168
相关系数	0.946	
t	0.751	
P	0.463	

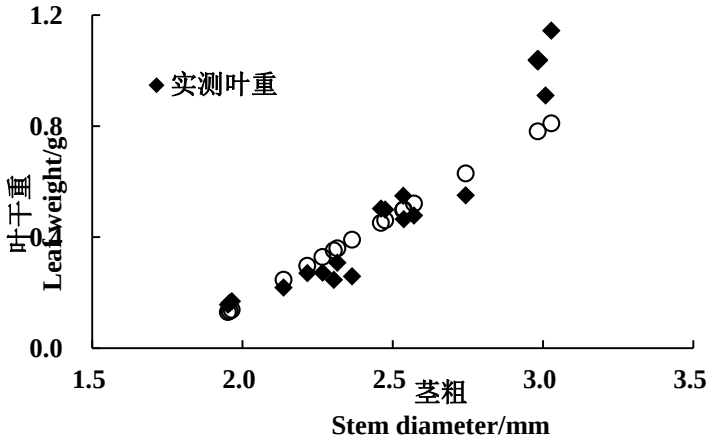


图 2　实测叶重与估测叶重的比较

Fig. 2　Comparisons of the measured leaf weight and the estimated leaf weight of alfalfa

3　讨论与结论

有研究报道，影响作物生长的因素有株高、茎粗、分枝数、茎叶比等，而影响叶片生物量的因素主要有冠幅、株高、分枝数等，这方面的研究集中在乔木及灌木，对草本植物研究较少，尤其是紫花苜蓿。本实验以苜蓿茎粗、株高、分枝数作为特征参数构建苜蓿叶重估测模型。结果表明，在模型中苜蓿叶片生物量与茎粗和株高相关性不显著，仅与茎粗呈显著关系。该研究揭示，由苜蓿茎粗建立的叶重估测模型对苜蓿叶重的估测结果可靠，试验结果对今后苜蓿叶重估测及叶蛋白产量的估算具有重要意义。

参考文献（略）

苜蓿皂苷对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响

张宪磊，李海洋，李德锋，王成章

（河南农业大学牧医工程学院，河南郑州，450002）

摘　要　本文以460日龄的褐壳蛋鸡为试验对象，在蛋鸡饲粮中添加不同水平紫花苜蓿皂苷，研究对其生产性能和蛋品质的影响。试验将200只蛋鸡随机分为5个处理，每个处理5个重复，每个重复8只鸡。分别饲喂基础日粮(Ⅰ)，基础日粮+0.5%胆固醇(Ⅱ)，基础日粮+0.5%胆固醇+120 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷(Ⅲ)，基础日粮+0.5%胆固醇+240 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷(Ⅳ)，基础日粮+0.5%胆固醇+480 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷(Ⅴ)，试验期为63d。结果表明：在蛋鸡饲粮中添加胆固醇或胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷能改善其产蛋率、增加蛋重、降低料蛋比，其中0.5%胆固醇+120 mg•kg^{-1}组有应用意义。添加胆固醇对蛋黄重改进作用较大；各试验组的蛋黄颜色都有改进，其中0.5%胆固醇+240 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷组(Ⅳ)和0.5%胆固醇+480 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷组(Ⅴ)的蛋黄颜色显著提高；各试验组的哈氏单位都比对照组提高，其中0.5%胆固醇+480 mg•kg^{-1}组(Ⅴ)提高显著。综合认为，在蛋鸡饲粮中添加胆固醇或胆固醇+苜蓿皂苷有提高蛋鸡生产性能和蛋品质的作用。

关键字　蛋鸡；苜蓿皂苷；生产性能；蛋品质

Effects of Alfalfa Saponins on Performance and Egg Quality of Laying Hens

ZHANG Xian-lei, LI Hai-yang, LI De-feng, WANG Cheng-zhang

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou, China, 450002)

Abstract: The objective of the study was to evaluate the effects of alfalfa saponins on performance and egg quality in laying hens by adding cholesterol or cholesterol and different levels alfalfa saponins in diets. A total of 200 Hy-Line Brown laying hens (66-week-old) were randomly assigned to five treatment groups, each treatment had five replicates with eight hens each, and fed on diets supplemented with 0 (control group, Ⅰ), 0.5% cholesterol(Ⅱ) , 0.5% cholesterol with 120(Ⅲ), 0.5% cholesterol with 240(Ⅳ), 0.5% cholesterol with 480 mg•kg^{-1}(Ⅴ) alfalfa saponins (alfalfa saponins groups) respectively for a 9-week experimental period. The result showed that the egg-laying rate and egg weight were improved and the feed conversion ratio was reduction by supplemented cholesterol or cholesterol and different level alfalfa saponins in diets. 0.5% cholesterol and 120 mg•kg^{-1} alfalfa saponins group can be applied in commercial production. Addition of cholesterol in diets can improve yolk weight and the color of egg yolk can be changed in each

experimental group. The egg yolk color of 0.5% cholesterol with 240 mg•kg^{-1} alfalfa saponins and 0.5% cholesterol with 480 mg•kg^{-1} alfalfa saponins groups was significantly improved. The haugh unit of experimental groups were higher than the control group, 0.5% cholesterol with 480 mg•kg^{-1} alfalfa saponins group was significantly increased. In conclusion, 0.5% cholesterol or 0.5% cholesterol with different level alfalfa saponins were added in the laying hens fodder have a role to improve the production performance and egg quality of laying hens.

Keywords: Laying hen; Alfalfa saponin; Performance; Egg quality

紫花苜蓿(*Medicaga sativa L*)是一种多年生的豆科牧草，享有“牧草之王”的美誉，因其具有适口性好、产量高、品质好、蛋白含量高且各种氨基酸平衡等优点而在世界各地广泛种植。研究证明，苜蓿草粉添加在禽类或者其他家畜的饲粮中可以促进动物的生长、繁殖，提高饲料的利用率和胴体品质。

苜蓿皂苷是从紫花苜蓿中提取出来的一种天然物质，是由羟基糖或非糖类化合物的羟基脱水缩合而成的疏水性糖苷缩醛物，主要成分是五环三萜类化合物。苜蓿皂苷有多种生物学活性，包括抗氧化、抗病毒、抗癌、提高免疫力和降血糖等。胆固醇又称胆甾醇，是一种环戊烷多氢菲衍生物，也是动物组织不可缺少的重要物质并广泛存在于动物机体中。胆固醇不但是形成动物体内细胞膜的重要成分，而且调节着质膜的流动性和相变，既是合成胆汁酸、维生素 D 以及甾体激素的前体物质，也是神经细胞髓壳的组成成分。鉴于鸡蛋中胆固醇过对人类的不利影响，降低商品蛋鸡鸡蛋中胆固醇含量有重要意义；皂苷有降低胆固醇的功能，随着苜蓿草粉在蛋鸡饲粮中添加日益增多，有必要研究苜蓿皂苷对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响。相关的报道有限，且结果并不一致。Anderson 等报道，在雏鸡饲粮中添加 0.1%和 0.3%苜蓿皂苷能抑制雏鸡的生长，饲料转化率降低，但饲粮中添加 1%的胆固醇后，这些现象消失。Heywang 等指出，蛋鸡日粮中皂苷添加量为 0.26%或 0.4%时，会降低蛋鸡的产蛋量。侯永刚研究发现，饲粮中添加 30、60、90 mg•kg^{-1}苜蓿皂苷饲喂 400 日龄海蓝褐蛋鸡 60d，其产蛋率、蛋质量均有所提高，料蛋比分别降低了 1.8%、3.7%、3.1%。鉴于此，我们以 460 日龄的产蛋鸡为试验对象，在饲粮中添加 0.5%的胆固醇和不同水平的苜蓿皂苷，研究其对蛋鸡产蛋后期的生产性能和蛋品质的影响，为产蛋鸡饲粮中胆固醇的营养研究和苜蓿皂苷的添加量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究所用苜蓿苜皂苷由河北省沧州市宝恩生物科技有限公司提供，提取苜蓿皂苷所用的苜蓿青干草由河北省农科院提供。经紫外分光光度计测定，其苜蓿皂苷含量为 61.19%。蛋鸡试验在河南省郑州市二七区侯寨乡饲养场进行。

1.2 试验设计与分组

试验选用 200 只 460 日龄健康、产蛋率和体重接近的海兰褐壳商品蛋鸡，随机分为 5 个处理，每个处理 5 个重复，每个重复 8 只鸡。采用单因素随机区组设计，在蛋鸡玉米-豆粕型饲粮基础上分别添加 0（对照组，Ⅰ），0.5%的胆固醇（试验Ⅱ组），0.5%的胆固醇与 120 mg•kg^{-1}的苜蓿皂苷（试验Ⅲ组），

0.5%的胆固醇与 240 mg•kg^{-1}的苜蓿皂苷（试验Ⅳ组）和 0.5%的胆固醇与 480 mg•kg^{-1}的苜蓿皂苷（试验Ⅴ组），试验期 63d。蛋鸡试验饲粮配方见表 1。

表 1　日粮组成及营养水平

Table 1　Composition and the nutrient content of diet

饲粮成分(ingredient)	%	营养水平（nutrient levels）	
玉米 Corn	67.0	代谢能 Metabolizable energy（MJ•kg^{-1}）	11.40
豆粕 Soybean meal	17.5	粗蛋白 Crude protein %	16.11
石粉 Limestone	8.5	钙 Calcium %	3.69
秘鲁鱼粉 Peru fish meal	4.5	有效磷 Available phosphorous %	0.44
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.0	赖氨酸 Lysine %	0.92
食盐 Sodium chloride	0.2	蛋氨酸 Methionine %	0.48
氯化胆碱 Choline chloride	0.1		
蛋氨酸 Methionine	0.2		
预混料 Premix	1.0		

注：每千克预混料中含有：V_A,12000IU; V_{D3}, 6000IU; V_E, 30IU; V_K, 4mg; V_{B12}, 15μg; V_{B1}, 2.6mg; V_{B2}, 6.5mg; V_{B5}, 10mg; V_{B6}, 8.5mg; 生物素, 2.5mg; 叶酸, 3mg; 烟酸, 35mg; Mn, 26.2mg; Cu, 6.8mg; Zn, 25.9mg; Fe, 60.1mg; Se, 0.11mg.

Note: Premix provided the following per kilogram of diet: V_A,12000IU; V_{D3}, 6000IU; V_E, 30IU; V_K, 4mg; V_{B12}, 15μg; V_{B1}, 2.6mg; V_{B2}, 6.5mg; V_{B5}, 10mg; V_{B6}, 8.5mg; biotin, 2.5mg; folic acid, 3mg; niacin, 35mg; Mn, 26.2mg; Cu, 6.8mg; Zn, 25.9mg; Fe, 60.1mg; Se, 0.11mg.

1.3　试验动物饲养管理

本试验蛋鸡采用三层阶梯式笼养，每天光照 16h，早晨 5:00 至晚上 9:00，自由采食和饮水。按照常规程序对蛋鸡进行防疫和鸡舍消毒。每天早晨 6:00 和下午的 3:00 各饲喂 1 次，每天晚上 18:00 收取鸡蛋。

1.4　样品采集与制备

每日以重复为单位记录产蛋数与蛋重，每周统计一次采食量，每两周对每个重复选取 4 枚鸡蛋对其蛋品质及其他指标进行测定。试验结束前，蛋鸡断料 24h，每个重复选取两只鸡心脏采血，分离血清保存于-20℃冰箱中，用于血清指标的测定。屠宰取样保存于-80℃冰箱中测定相关的指标。

1.5　指标检测、检测方法及主要仪器设备

1.5.1　检测指标

产蛋率、平均蛋重、采食量、料蛋比、蛋黄重、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄颜色、哈氏单位。

1.5.2　检测方法及设备

产蛋率=实际产蛋数/蛋鸡总只数；平均蛋重=总蛋重/总蛋数；采食量=总采食量/试验天数；料蛋比=总采食量/总蛋重；蛋形指数=蛋纵径长/横径长，用电子游标卡尺测定径长；蛋壳厚度，除去蛋壳内膜，用蛋壳厚度计测定（日本 robotmattion 公司）；蛋黄颜色及哈氏单位均用蛋品质分析仪测定（日本 robotmattion 公司）；蛋黄重，除去蛋清用电子天平测定。

1.6　数据统计与处理

所有的试验数据按照 SPSS19.0 进行单因素方差分析，进行 LSD 检验各处理平均数之间的差异显著性，结果以“平均值±标准差”来表示。

2　结果

2.1　苜蓿皂苷对蛋鸡采食量的影响

由图 1 可以看到，在蛋鸡饲粮中添加不同水平的苜蓿皂苷其采食料量较对照组都降低。其中处理Ⅲ组(120 mg•kg^{-1})的采食量在各个时期较对照组最低，且差异极显著(P<0.01)。全期，各处理组采食量较对照组分别减少了 0.48%、9.18%、3.07%和 0.27%。

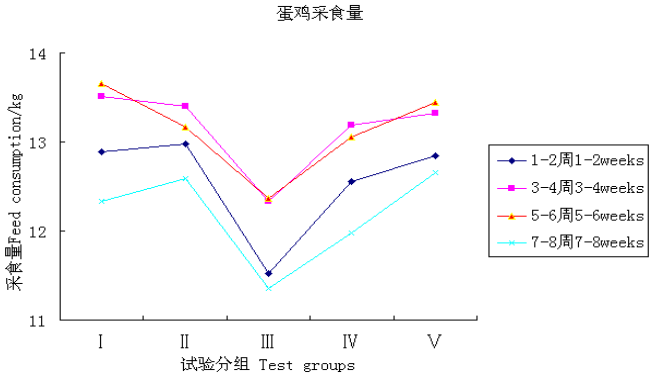


图 1　苜蓿皂苷对蛋鸡采食量的影响

Figure 1　Effect of alfalfa saponins on feed consumption of laying hens

注：Ⅰ:对照组；Ⅱ:0.5%胆固醇组；Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ分别表示 0.5%胆固醇+120 mg•kg－1、0.5%胆固醇+240 mg•kg－1、0.5%胆固醇+480 mg•kg－1 的苜蓿皂苷组。

Note: Ⅰ:Control group; Ⅱ:0.5% cholesterol group; Ⅲ:0.5% cholesterol and 120 mg•kg－1 alfalfa saponins; Ⅳ: 0.5% cholesterol +240 mg•kg－1 alfalfa saponins; Ⅴ: 0.5% cholesterol +480 mg•kg－1 alfalfa saponins.

2. 2　苜蓿皂苷对蛋鸡产蛋性能的影响

由表 2 可以看出，在饲粮中添加 0.5%的胆固醇(试验Ⅱ组)、0.5%的胆固醇+120 mg•kg^{-1}(试验Ⅲ组)和 0.5%的胆固醇+480 mg•kg^{-1}(试验Ⅴ组)的苜蓿皂苷时，产蛋率分别比对照组提高了 4.56 %、4.31 %、1.26 %，但 0.5%的胆固醇+240 mg•kg^{-1} 的苜蓿皂苷(试验Ⅳ组)产蛋率比对照下降了 2.28%。但各组之间差异不显著(P>0.05)。试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组蛋重较对照组分别提高了 2.06 %、-1.37%、1.96 %、2.33 %，差异均不显著(P>0.05)。各试验组的料蛋比分别比对照下降了 8.19%、12.93%、5.17%和 6.03%，其中试验Ⅱ组与对照组差异显著(P<0.05)，其他各处理组与对照组差异不显著(P>0.05)。

表 2　苜蓿皂苷对蛋鸡产蛋率、蛋重和料蛋比的影响

Table 2　Effect of alfalfa saponins on laying rate and egg weight and feed conversion ratio of laying hens

组别 (Groups)	对照组 Ⅰ Control group Ⅰ	试验Ⅱ组 Treatment group Ⅱ	试验Ⅲ组 Treatment group Ⅲ	试验Ⅳ组 Treatment group Ⅳ	试验Ⅴ组 Treatment group Ⅴ
产蛋率(Egg-laying rate, %)	87.95±1.55	91.96±1.46	91.74±3.60	85.94±5.94	89.06±5.07
平均蛋重 (Average egg weight, g)	62.11±1.41	63.39±2.39	61.26±1.88	63.33±1.03	63.56±3.01
料蛋比 (Feed conversion)	2.32±0.25bc	2.13±0.20ab	2.02±0.23a	2.20±0.16ab	2.18±0.23ab

注：同行肩标无相同小写字母者表示差异显著(P<0.05)，标有相同字母者差异不显著(P>0.05)。

Note: the different miniscule letter indicate significant difference at 5% level and the others indicate no difference.

2.3　苜蓿皂苷对蛋品质的影响

由表 3 可知，饲粮中添加 0.5%的胆固醇可以提高蛋黄重；饲粮中添加 0.5%的胆固醇+240 mg•kg^{-1}、0.5%的胆固醇+480 mg•kg^{-1}的苜蓿皂苷时，其蛋黄重和对照近似；饲粮中添加 0.5%的胆固醇+120 mg•kg^{-1} 的苜蓿皂苷降低了蛋黄重。但无论是试验组和对照组之间还是各试验组间差异均不显著(P>0.05)。和对照组相比，各试验组的蛋形指数均有所减小但差异不显著(P>0.05)，苜蓿皂苷组均使蛋壳厚度有所增加，胆固醇组使蛋壳厚度有所下降，但各组之间差异不显著(P>0.05)。饲粮中添加 0.5%的胆固醇和 0.5%的胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷均能使蛋黄颜色加深、哈氏单位增加。当苜蓿皂苷添加量为 240 与 480 mg•kg^{-1}时，蛋黄颜色与对照组相比，差异极显著(P<0.01)；苜蓿皂苷添加量为 480 mg•kg^{-1}时，哈氏单位与对照组相比差异显著(P<0.05)。

表 3　苜蓿皂苷对蛋品质的影响

Table 3　Effect of alfalfa saponin on egg quality of laying hens

组别 Groups	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
蛋黄重 Yolk weight, g	16.17±0.77bc	16.77±0.56c	15.24±0.12a	16.21±0.29bc	16.07±0.31b
蛋形指数 Egg shape index	1.302±0.016	1.290±0.017	1.291±0.021	1.296±0.020	1.293±0.021
蛋壳厚度 Shell thichness, mm	0.356±0.021	0.349±0.021	0.361±0.005	0.362±0.026	0.36±0.030
蛋黄颜色 Yolk color	8.74±0.28A	9.08±0.22AB	9.04±0.05AB	9.10±0.16B	9.18±0.19B
哈氏单位 Haugh unit	68.55±5.39a	73.28±1.81ab	71.98±4.21ab	70.98±1.39ab	74.70±2.44b

注：同行肩标无相同小写字母者表示差异显著(P<0.05)，同行肩标无字母者表示诧异不显著(P>0.05)，标有不同大写字母者表示差异极显著(P<0.01)，标有相同字母者差异不显著(P>0.05)。

Note: the different miniscule letter indicate significant difference (P<0.05) and the different capital indicate very significant difference (P<0.01), the others indicate no difference (P>0.05).

3 讨论

3.1 添加胆固醇和苜蓿皂苷对蛋鸡生产性能的影响

苜蓿皂苷是从苜蓿中提取出来的一种天然活性成分，具有多种生理功效。有研究指出，饲粮中添加苜蓿皂苷可以显著提高动物的采食量并能促进动物的生长，提高饲料转化率，降低蛋鸡产蛋期死亡率和耗料量，提高产蛋率和蛋重。Y.H Shi 用苜蓿皂苷饲喂小猪，发现饲料采食量增加；陈晓春用酸枣仁皂苷饲喂肉鸭，采食量和日增重有很大提高，饲料转化效率也有改善，这可能是日粮中皂苷以后改变了日粮的适口性，从而增加了动物的采食量，改变了饲料的转化率。在我们的研究中，添加胆固醇和不同水平的苜蓿皂苷，影响结果不同：只添加胆固醇对蛋鸡采食量影响不一；添加胆固醇和低剂量的苜蓿皂苷（120 mg•kg^{-1}），对采食量和胆固醇影响最大；添加胆固醇和较高剂量的苜蓿皂苷（240 mg•kg^{-1}、480 mg•kg^{-1}）对采食量影响变小。这可能与苜蓿皂苷的性质有关，苜蓿皂苷具有溶血性且具有苦味，对口腔和消化道具有刺激作用，适量添加并与日粮中的营养物质结合从而改善日粮的适口性，苜蓿皂苷中的抗营养因子的活性也可能被抑制，或者是添加苜蓿皂苷后影响了动物对日粮中蛋白质和能量的摄入，从而影响了采食量。

本试验中，通过添加胆固醇或胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷，除试验Ⅳ组外，产蛋率都有不同程度的提升。有研究指出，Heywang 将苜蓿皂苷添加到产蛋鸡日粮中，结果大量添加苜蓿皂苷可以降低鸡蛋产量和蛋鸡日采食量，然而多数研究认为生产性能并未下降。Anderson 发现，在饲粮中添加苜蓿皂苷可以提高蛋鸡的产蛋率。Kocaoglu 等在鹌鹑饲料中添加苜蓿草粉后发现，添加 9%的苜蓿草粉可以改善蛋壳质量而且对其生产性能无不良影响，张丽娜等指出苜草素添加量为 500 mg•kg^{-1}、1000 mg•kg^{-1} 时，能显著提高蛋鸡产蛋率和料蛋比。这是由于采食量的增加，提高了蛋鸡对能量和蛋白质的摄入，促进蛋白质的吸收，鸡体消耗能量较少，而营养供给均衡，从而适当地提高了生产性能，降低了料蛋比。本试验结果同样证实，日粮中添加一定剂量的苜蓿皂苷具有提高产蛋率，降低料蛋比的作用。试验中选取的为产蛋后期的母鸡(66 周龄)，正处于产蛋的衰减期，日粮中添加适量的苜蓿皂苷，可能是与蛋鸡体内的雌激素竞争性结合雌激素受体，发挥雌激素作用，调节机体对营养物质的代谢和利用，才使该蛋鸡产蛋率维持在一定的水平内，免于大幅度下滑，并保证了其产蛋性能。

从蛋重的结果来看，除试验Ⅲ组外，无论是添加胆固醇还是胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷，蛋重都有提高。根据有关报道，影响蛋重的营养因素主要与饲料中亚油酸、能量和蛋白质水平有关，能量供应充足，有利于家禽体内的蛋白质代谢，从而增加蛋重。在本试验中，饲粮中添加胆固醇或胆固醇+苜蓿皂苷均能增加蛋重，可能由于胆固醇对蛋鸡有营养作用或苜蓿皂苷能提高蛋鸡的能量和蛋白质代谢和利用率，具体的原因有待于进一步研究。

通过以上综述：采食量的下降、产蛋率和蛋重的增加无疑增加了饲料报酬，说明了胆固醇和苜蓿皂苷在蛋鸡饲粮中可能有应用意义，需要进一步研究。

3.2 添加胆固醇和苜蓿皂苷对鸡蛋品质的影响

蛋壳厚度是最早用于评价蛋壳质量的指标，也是一直作为评价蛋壳质量优劣的主要指标之一。Deng 等在高产蛋鸡饲粮中添加苜蓿提取物后发现，鸡蛋蛋壳厚度得到改善，蛋壳厚度反映了蛋壳的致

密程度，是反应蛋壳质量的重要指标，也是影响鸡蛋破损率的重要因素。Tyler 和 Geake 研究认为称蛋壳厚度和蛋壳破损率之间存在显著的非线性关系，王修启等认为蛋壳的正常厚度为 0.20～0.48 mm，厚度微小的变化对蛋壳破损率有很大的影响。由表 3 可以看出，饲粮中添加苜蓿皂苷之后，鸡蛋蛋壳厚度有所增加，可能苜蓿皂苷有利于蛋鸡对日粮中钙的吸收，促进了钙磷吸收代谢途径，也可能是苜蓿皂苷与钙结合，改变了钙的存在形式，促进了钙的沉积，具体机理有待于进一步研究。

本试验中，只添加胆固醇对蛋黄重影响较大，尽管和对照组相比差异不显著。对于日粮中添加胆固醇后对蛋黄重的影响还没有报道，大多数研究的是对鸡蛋中胆固醇含量的影响。从本试验未显示出来的胆固醇含量的结果看，虽然日粮中添加 0.5%的胆固醇，蛋黄重增加，但是蛋黄中的胆固醇含量不但没有增加，反而有降低的趋势。这可能是添加胆固醇后抑制了胆固醇的摄入，内源性胆固醇合成的酶也受到了抑制，促进胆固醇外排，使胆固醇不能有效的沉积在蛋黄中，从而使胆固醇含量下降。

对于蛋形指数来讲，蛋形指数在 1.30～1.35 范围内种蛋孵化率较高，大于或者小于这个范围孵化率都有不同程度的下降。蛋过圆，孵化前期胚胎感温和孵化后期散热不良，胚胎发育失调，加之气室小，胚胎气体供应不足而窒息死亡，蛋形过长，气室小，到孵化后期因空气不足或胚胎不易转身破壳而窒息死亡。吴华东等证实，蛋重和蛋形指数在正常的范围内，可以提高孵化率，在生产上带来最大的经济效益。综上所述，蛋形指数对孵化效果有较大影响，选择合适的蛋形指数，对于提高蛋孵化率，提高养殖效益有重大意义。由本试验结果可知，无论是添加胆固醇还是胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷对蛋形指数影响均不显著，添加在商品蛋鸡的饲粮中对改善蛋品质有利，但添加在种蛋鸡的饲粮中，可能由于蛋形指数的轻度下降使孵化率降低，需要进一步研究其对种鸡蛋是否有这样的影响。

对于蛋黄颜色来说，蛋黄颜色的深浅取决于家禽从饲粮中摄取的类胡萝卜素的数量和种类，最主要因素是叶黄素和类胡萝卜素，这些类胡萝卜素物质不能由家禽自行合成，只能来自于饲料。医学认为蛋黄里含有的叶黄素可帮助眼睛过滤有害的紫外线，延缓眼睛的老化，预防视网膜黄斑变性和白内障等眼疾，所以蛋黄颜色的深浅成了现在人们判别鸡蛋营养高低的一个重要指标。本试验结果显示，饲粮中添加较高量的苜蓿皂苷有增强蛋黄颜色的作用($P<0.01$)，是苜蓿皂苷中含有色素物质还是其促进了饲料中色素的吸收，是一个需要研究的课题。

哈氏单位是表示蛋的新鲜度和蛋白质量的重要指标，浓蛋白越高，蛋就越新鲜，哈氏单位就越大，且哈氏单位与孵化率密切相关。试验证实，日粮中添加胆固醇和苜蓿皂苷均能增加哈氏单位，可以在一定时间内维持蛋的新鲜程度，当苜蓿皂苷添加量为 480 $mg•kg^{-1}$ 时，结果显著高于对照组。说明苜蓿皂苷对改善鸡蛋中蛋白质的沉积有一定的作用。

4 结论

在蛋鸡饲粮中添加胆固醇或胆固醇+不同水平的苜蓿皂苷，蛋鸡产蛋率、平均蛋重、哈氏单位有所提高，料蛋比有所降低，其中 120 $mg•kg^{-1}$ 组料蛋比最低，经济效益好。添加 240 $mg•kg^{-1}$、480 $mg•kg^{-1}$ 苜蓿皂苷组对蛋黄颜色有显著改进。综合考虑，蛋鸡饲粮中以添加 120 $mg•kg^{-1}$ 苜蓿皂苷为宜。

参考文献（略）

第三部分

苜蓿栽培加工利用

不同处理方式对紫花苜蓿出苗率的影响

曹志东，王维中，马先锋，周泉佚
（定西市种草饲料站，甘肃定西 743000）

摘　要　试验研究了播种深度、黑色地膜、白色地膜以及地膜上不同覆土厚度对不同品种紫花苜蓿的出苗率。结果表明，在白膜、黑膜全覆膜及露地条件下，出苗率最高的是黑膜下的 WL319、挑战者，分别为 89.33%、89%；不同覆土厚度条件下，在 1cm 覆土厚度条件下岩石的出苗率可达 82%，较 0.5cm、1.5cm 覆土条件下出苗率差异明显；在覆土、黑膜、白膜条件下，岩石在 1cm 覆土条件下出苗率最高，为 82%；在膜上播种时，播种机鸭嘴长度 5cm 的在黑膜条件下出苗率最高；播种时间早的出苗率较高。因此，在生产实践应选择 1cm 覆土方式，用 5cm 鸭嘴长度播种机进行播种。

关键词　处理；紫花苜蓿；出苗率

Arid and Semi-arid Regions of Different Varieties of Alfalfa Response for the Conditions of Laminating

Wang Weizhong , Cao Zhidong, Ma Xianfeng, Zhou Quanyi
(Dingxi City grass feed station, dingxi, gansu, 743000)

Abstract: this study used the black film fully cultivating mode, observation of different varieties of alfalfa seedling emergence, plant height and yield of grass, such as production performance, the results showed that the black film cultivating mode, all WL319 and challenger reached 89%, germination rate was 49% bigger than the open field; The first crop plant height is the highest challenger, plant height is 80.85 cm, the lowest for adidas, plant height is 51.1 cm, significant difference; The second crop plant height plant height of the highest is black film full of WL343 soil solute in different conditions, plant height is 56.5 cm, the lowest for outdoor conditions (3), plant height is 33.2 cm, extremely significant difference; Than the first crop leaf highest yes adi, stem leaf ratio 0.86, the lowest for WL343, stem leaf ratio 0.47, significant difference; Than the highest concept, the second crop leaf stem ratio 1.63, the lowest for WL168, stem leaf ratio 0.73, significant difference; Grass production imported varieties in addition to the Algonquin, other varieties of grass basic in more than 1500 kg per mu, the highest for WL168, yield of 1857.68 kg.

Keywords: coated materials; Sowing; Alfalfa; Production performance

苜蓿种子小，胚轴短，出土能力弱。栽培时为了出全苗，播种方式非常重要。在一般露地栽培措施中，苜蓿播种深度为 2cm 左右，在紧实的土地播深为 1.3cm，在细质土壤播深为 0.6-1.2cm，在粗质

土壤和干旱区播深为 1.2-4cm。但是在不同地膜栽培条件下对苜蓿出苗率有研究较少，为此，本文在前人的工作基础上，比较系统地研究了播种深度、黑色地膜、白色地膜以及地膜上不同覆土厚度对不同品种紫花苜蓿的出苗率的影响，旨在探讨适宜的播种方式和播种深度，为苜蓿高产栽培提供基础资料。

1 试验条件

1.1 试验条件

试验地位于甘肃省定西市安定区凤翔镇侯家川村，属典型的大陆性气候，处于干旱向半干旱区过渡地带，海拔 1972 米，土壤类型为黄绵土，PH 为 7.85，有机质 45.47g/kg，全磷 1.1 g/kg，速磷 11.74mg/kg，全氮 1.02g/kg，速氮 30.1mg/kg，速钾 133.09mg/kg，硝态氮 52.69mg/kg，铵态氮 106.53 mg/kg。年平均太阳辐射量 141.4 千卡/cm2，年平均日照 2590.1 小时。年均气温 6.7℃，极端最高温 31.3℃，极端最低气温零下 24.1℃。无霜期 142 天，正常年降水量 400 毫米左右，多集中在秋季，蒸发量高达 1500 毫米。

1.2 试验材料

供试品种为岩石、挑战者、阿迪娜、康赛，由北京佰青源畜牧业科技发展有限公司提供；WL168、WL319、WL343、WL363 由北京正道生态科技有限公司提供；阿尔冈金由克劳沃草业技术开发中心提供；陇中紫花苜蓿由定西市种草饲料站提供。

2 试验方法

2.1 试验设计

试验采用随机区组排列，3 次重复，小区面积 15m2（3m*5m），2014 年 6 月 16 日播种。种植方式为全覆膜穴播（黑色地膜、白色地膜）、全覆膜覆土穴播（覆土厚度分别为 0.5cm、1cm、1.5cm）、露地播种，地膜厚度 0.08mm、宽幅 1.2m，行距 20cm，株距 15cm，穴播量为 6-14 粒。

2.2 试验管理

试验地肥力中等、地力均匀。栽培管理均按当地全覆膜作物种植习惯和水平进行。亩施农家肥 1350 公斤，尿素 5 公斤，过磷酸钙 30 公斤，期间人工除草 2 次，并做好病虫害防治工作。

2.3 数据处理

所获数据，均用 Excel 和 DPS 进行统计分析。

3 试验结果与分析

3.1 不同覆膜材料对不同品种紫花苜蓿出苗率的影响

表 1　不同品种紫花苜蓿在不同处理下的出苗率(%)

覆膜材料	品种	重复 1	重复 2	重复 3	平均	5%显著水平	1%极显著水平
白膜	岩石	42.23	34.43	47.40	41.36	bc	ABC
	陇中	19.27	14.80	22.23	18.77	c	C
黑膜	岩石	72.97	42.60	50.20	55.26	abc	ABC
	陇中	65.57	42.60	38.13	48.77	abc	ABC
	阿尔冈金	51.00	46.00	54.00	50.33	abc	ABC
	WL168	64.00	76.00	54.00	64.67	ab	ABC
	WL343	77.00	80.00	73.00	76.67	ab	AB
	WL363	77.00	69.00	79.00	75.00	ab	AB
	WL319	89.00	94.00	85.00	89.33	a	A
	挑战者	89.00	87.00	91.00	89.00	a	A
	阿迪娜	55.00	60.00	53.00	56.00	abc	ABC
	康赛	48.00	49.00	47.00	48.00	abc	ABC
	多叶	16.00	24.00	20.00	20.00	c	C
露地	陇中	50.00	48.00	40.00	46.00	abc	ABC

由表 1 可见，在 14 个处理及品种中，出苗率最高的是黑膜下的 WL319、挑战者，分别为 89.33%、89%，最低的是白膜下的陇中，为 18.77%。从黑膜、白膜、露地条件下的出苗率看，出苗率依次为黑膜>露地>白膜（除多叶品种，这与多叶品种种子已保存年限较长有关）。

3.2　不同覆土厚度对紫花苜蓿出苗率的影响

表 2　不同覆土厚度下紫花苜蓿出苗率(%)

覆土厚度	重复 1	重复 2	重复 3	平均	5%显著水平
0.5cm	80	87	60	76	a
1cm	80	76	90	82	a
1.5cm	43.3	58.3	61.6	53.3	b

由表 2 可见，在三个覆土水平下，出苗率最高的为 1cm 覆土处理，为 82%，其次为 0.5cm 覆土处理，出苗率为 76%，1.5cm 覆土处理出苗率最低，为 53.3%，差异显著。

3.3　不同栽培条件对紫花苜蓿出苗率的影响

表 3　在不同栽培条件下岩石的出苗率(%)

处理	重复 1	重复 2	重复 3	平均	5%显著水平	1%极显著水平
0.5cm	80	87	60	76	a	A
1cm	80	76	90	82	a	A
1.5cm	43.3	58.3	61.6	53.3	ab	AB
白膜	42.23	34.43	47.4	41.36	b	B
黑膜	72.97	42.6	50.2	55.26	ab	AB

在 5 个处理下，岩石在 1cm 覆土条件下出苗率最高，为 82%，白膜条件下出苗率最低，为 41.36%，差异极显著。

3.4　不同鸭嘴长度及不同覆膜材料对紫花苜蓿出苗率的影响

表 4　不同鸭嘴长度下阿尔冈金的出苗率(%)

覆膜材料	播种机鸭嘴 长度	重复 1	重复 2	重复 3	出苗率	5%显著水平
白	短嘴 3.5cm	52	48	32	44	a
黑	短嘴 3.5cm	51	43	50	48	a
黑	长嘴 5cm	47	58	54	53	a

由表 4 可见，在黑膜及白膜条件下，黑膜阿尔冈金长嘴出苗率最高，为 53%，白膜阿尔冈金短嘴出苗率最低，为 44%，三种处理出苗率差异不明显，但是在黑膜长嘴条件下出苗率最高，可见在播种时要选择黑膜长嘴，可有效提高出苗率。

3.5　不同播种时期对紫花苜蓿出苗率的影响

表 5　不同播种时期下岩石的出苗率(%)

播种时间	第 1 行	第 2 行	第 3 行	第 4 行	第 5 行	平均	5%显著水平
8.16	80	70	90	90	80	82	a
8.30	60	72.5	77.5	75	82.5	73.5	a

由表 5 可见,试验为在全覆膜覆土（1cm）条件下，岩石分别于 8 月 16 日、8 月 30 日播种，在较早时间播种时，出苗率为 82%，较 8 月 30 日播种高 8.5%，两个播种时间下出苗率差异不明显。

4　结论与讨论

4.1 不同品种在覆土、黑膜、白膜覆膜条件下，以黑膜条件下 WL 系列、挑战者及 1cm 覆土条件下出苗率较高，这二者相比较，黑膜条件下的 WL319 出苗率更高。这与白膜条件下土壤表层水分流失快、土壤水分少，而在黑膜条件下土壤水分在表层始终保持湿润状态有关。

4.2 岩石在覆土、黑膜、白膜覆膜条件下，在 1cm 覆土条件下出苗率最高，因此，在种植时应选择此方法。

4.3 在不同覆膜材料及播种深度下，岩石的出苗率差异不明显，但是在黑膜长嘴条件下出苗率最高，可见在播种时要选择黑膜长嘴，可有效提高出苗率。

4.4 岩石在较早时间 8 月 16 日播种出苗率较 8 月 30 日播种高 2.5%，同时，为了安全越冬，应及早播种。

应用 GGE 分析不同紫花苜蓿品种的稳产性

陈积山，朱瑞芬，张月学，高　超，邸桂俐

（黑龙江省农业科院草业研究所，哈尔滨，150086）

摘　要　双标图法（GGE）是研究基因型与环境互作下作物品种产量稳定性的新型工具。本研究于 2008 年在 2 个试点开展 6 个苜蓿品种组成的区域试验。通过不同连续 3 年的苜蓿产量资料进行方差分析和 GGE 分析表明，在我省雨养苜蓿产区的大环境尺度下，品种与环境互作效应对产量变异的影响约为品种效应的 2.92 倍,品种间的稳产性差异很大，丰产性、稳产性均较理想的品种只占供试品种的 16.7%,同时有些品种对某些环境具有特殊适应性。根据 GGE 分析法，将 6 个品种在 2 个试点中的稳产性能排序依次为 V1、V2、V3、V6、V4、V5。结合增产幅度认为，品种 V1（龙牧 801），稳产性好，增产显著，应在我省雨养苜蓿主产区持续推广种植。

关键词　紫花苜蓿；区域试验；产量稳产性；GGE 双标图

Application of GGE Biplot in Alfalfa Yield Stability Analysis

Chen Jishan , Zhu Ruifen, Zhang Yuexue*, Gao Chao,Di Guili,

（Institute of Pratacultural Science, Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Harbin, 150086)

Abstract: GGE (genotype main effect and genotype-environment interaction) biplot analysis is a method based on principal component analysis (PCA) for the effective exploration of multi-environment trials (METs). Grain yields of 6 alfalfa genotypes (cultivars) tested at 2 regional test sites under rainfed conditions in 2008 were analyzed via GGE biplot and AVONA methods. The results show that G×E-interaction effect is 2.92 times of geno-typic effects for grain yield. The stability of different genotypes varies greatly, and genotypes with high yield and yield stability account for only 16.7% of the total tested genotypes, though some genotypes are specifically adaptable to certain environments. The analysis of three-year hay production showed a significant in crease in 6 alfalfa varieties in contrasts with the Zhaodong variety. The GGE analysis indicated that the varieties could be divided based on their performance: V1、V2、V3、V6、V4、V5. Longmu 801(V1) was the best, which would be suitable for wide utilization in the rainfed area because they all easily performed with high, more stable production, and higher assessment scores.

Keywords: Alfalfa, Performance test, Yield stability , GGE biplot

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是多年生优良豆科牧草，素有“牧草之王”的美称[1,2]。上世纪末本

世纪初，我国苜蓿种植面积达 200 万 hm^2，居世界第 5 位；但随着国家粮食直补政策的实施，苜蓿产业和种植面积开始下降，目前我国苜蓿留床面积为 130 万 hm^2，每年优质商品草产量为 20 万 t 左右[3]。近年来，特别是受 2008 三聚氰胺事件的影响，苜蓿在奶业安全发展中的重要性又被突出，种植面积逐年扩大[4]。鉴于此，选择稳产性的紫花苜蓿品种成为建植优质牧草基地的关键和前提 [5]。

黑龙江属于畜牧大省，苜蓿面积不断扩大，在富锦、杜蒙、绥化等地形成了较为明显的苜蓿主产业区。近年来，许多学者从各个角度对引进苜蓿品种进行了比较研究[6-10],为当地苜蓿品种的引进和综合选择提供了科学依据。绥化地区是一个传统的农牧交错区，是黑龙江省苜蓿面积最大的地区。尽管不少学者对本区苜蓿的发展前景及对策、发育规律与气候条件、抗旱性与经济效益、丰产栽培技术、生长年限与产草量等方面进行过不同程度的研究[11,12]，但关于苜蓿品种的稳产性比较试验报导较少，特别是运用 GGE 对一些引进品种的适应性和稳产性进行分析和评价，尚未见报道。

GGE 双标图法是近年来应用较广泛、被认为能更有效分析基因型与环境互作效应(GE) 效应的新方法[13]。它将原始数据进行矩阵处理,使得数据只含处理主效应(基因型, G)和处理与环境互作效应 GE, 对 GGE(基因型和基因与环境互作效应)作单值分解, 并以第 1 和第 2 主成分为代表, 将其放到二维图上即可形成 GGE 双标图。GGE 分析法应用于作物品种区域试验, 通过图解方式可直观清晰地标识出品种的稳产性、区域适应性及试验环境对品种的分辨能力, 从而筛选出高产稳产兼备、适应性较广的理想品种, 及环境分辨力和代表性较强的试点, 并对各品种利用价值和合理布局作出评价[13]。GGE 分析法比其他分析方法(或模型)能提供更多信息, 尤其适用于对庞大数据信息的直观表达, 是国际上分析作物品种区域试验资料的理想方法[13]。

鉴于此，本文采用 GGE 双标图法在我省雨养苜蓿产区的大环境尺度下对紫花苜蓿品种的区域试验产量资料进行比较分析，为筛选适合本地区示范推广的紫花苜蓿品种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008-2010 年由西部的甘南县和中部的兰西县 2 个试点、6 个参试品种（国外品种 3 个，国内品种 3 个）组成, 以“肇东”为统一对照(CK)。各品种的种子质量进行测定（见表 1 ）。品种、试点及各点环境情况详见表 2。试验采用统一设计方案, 随机区组, 小区面积 $6m^2$（2m×3m），行距 0.5 m,4 次重复，其中 1 个重复用作观察物候期、根系等性状，其他 3 个重复测定鲜草产量等指标，随机排列。参照郭正刚等[5]和曹致中[14]的方法，田间出苗率 80%，根据测定的种子用价和千粒重，计算实际小区播种量。2008 年 5 月 1 日趁自然墒人工开沟条播，播深 1.5～3.0cm。试验地前茬均为玉米，土壤肥力中等，播种及生育期均不进行施肥灌溉，其余管理等同大田。

表 1　供试品种名称、来源及种子质量

Table 1　Sources of alfalfa varieties and seed quality

代码 Code	品种 Variety	来源 Sources	产地 Origin	千粒重 Weight of 1000-grain(g)	发芽率 Germinating rate（%）	净度 Purity（%）	种子用价 True value of seeds（%）
CK	肇东苜蓿	黑龙江省畜牧所	中国	1.87	86.35	92.50	79.87
V1	公农 1 号	吉林省农科院畜牧分院	中国	1.96	90.65	95.50	86.57
V2	龙牧 801	黑龙江省畜牧所	中国	1.64	88.65	95.50	84.66
V3	龙牧 803	黑龙江省畜牧所	中国	1.76	90.05	96.50	86.90
V4	BeZa87	黑龙江农科院草业所	俄罗斯	1.80	87.65	95.50	83.71
V5	WL232HQ	黑龙江农科院草业所	美国	1.76	88.65	95.50	84.66
V6	CW321	黑龙江农科院草业所	美国	2.17	68.65	95.50	65.56

表 2　区试各试点平均产量及环境因子

Table 2　Mean grain yield of all cultivars and environment factors across all sites of regional test in rainfed areas

代码 Code	试点 Variety	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude (m)	年降雨量 AP (mm)	年积温 AAT (℃)	无霜期 FFD (d)
E1	甘南	102°20′	47°38′	254	445	2562.9	132
E2	兰西	125°58′	46°31′	165	470	2765.5	139

1.2　分析方法

GGE 双标图采用平均环境坐标(Average environment coordinate, AEC)法, AEC 的 PC1 和 PC2 得分分别等于所有指标的 PC1 和 PC2 的平均得分, 过原点和AEC(即带小圆圈表示环境的平均值)构成 AEC 的横轴(Average-environment axis,AEA), 通过原点垂直于 AEA 的直线就是 AEC 的纵轴。GGE 双标图上可同时给出品种和环境图标, 双标图便于直观地进行丰产和稳产的结合分析, 由于 AEA 代表了品种的平均产量, AEA 箭头所示方向为正, 各基因型在 AEA 上的投影点越靠右, 其产量越高。Y 轴代表了基因型的互作效应(即品种的稳定性),箭头方向代表品种的稳定性差, AEA 上垂线的长短显示其品种稳定性的大小, 此值越接近于 0, 稳定性越好。

GGE 双标图能直观鉴别在各环境表现最好的品种, 把各品种的标志点用直线连接起来, 形成一个把所有环境都囊括在内的多边形, 从原点起作各边的垂线, 将整个双标图分为若干扇形区域, 每个环境自然落于某个区域内, 每个区的“顶角”品种(Vertex cultivars)就是该区域内在每一环境上都表现最好的品种, 位于多边形内部的、靠近原点的品种是对环境变化不敏感的品种。

1.3　测定项目及方法

1.3.1　物候期测定，方法略[15] 。

1.3.2　株高测定，方法略[16] 。

1.3.3　分枝数测定，方法略[16] 。

1.3.4　草产量测定，方法略[16]。

1.3.5　鲜干比和茎叶比测定，方法略[16] 。

1.4　数据处理

本试验数据应用基因与环境互作采用 Yan Weikai 等开发的基因−基因环境互作分析软件(GGEbiplot5.2)和 SPSS(版本 11.5)软件进行统计分析[19]。

2　结果与分析

2.1　种子质量

除 CW321 苜蓿外，其余品种发芽率都在 80％以上（表 1 ），符合国家牧草种子三级标准[14]，其中，龙牧 803、公农 1 号 2 个品种在 90％以上，符合国家牧草种子二级标准。净度除肇东苜蓿外，其余都在 95％以上，符合国家牧草种子一级标准（90％）。千粒重＞2.0 g 大粒种子有 CW321 苜蓿。总体来看，国外品种苜蓿种子的质量性状高于国产品种，本结论与王成章等[20]结论一致。

2.2　出苗率和物候期

表 3　苜蓿品种出苗率及 2008-2009 年度主要物候期

Table 3　Rate of seeding emergence of alfalfa varieties and phenophase in 2008 and 2009

		2008 年物候期（日-月）phenophase in 2008 (Date-Month)				2009 年物候期（日-月）phenophase in 2009 (Date-Month)				
品种代码 Code	环境代码 Code	出苗率 Rate of seeding emergence（%）	出苗期 Data of seeding emergence	现蕾期 Data of squaring stage	开花期 Data of blooming	第一茬返青期 Date of returning green of 1st cut	第一茬开花期 Date of blooming of 1st cut	第二茬开花期 Date of blooming of 2st cut	第三茬开花期 Date of blooming of 3st cut	第三茬枯黄期 Date of yellow filter of 3st cut
CK	E1	96	1-Jun	9-Jul	21-Jul	24-Apr	17-Jun	19-Jul	3-Sep	7-Oct
V1	E1	82	1-Jun	7-Jul	21-Jul	26-Apr	17-Jun	19-Jul	3-Sep	7-Oct
V2	E1	86	2-Jun	7-Jul	20-Jul	25-Apr	18-Jun	20-Jul	4-Sep	8-Oct
V3	E1	78	2-Jun	7-Jul	20-Jul	24-Apr	18-Jun	20-Jul	4-Sep	8-Oct
V4	E1	83	2-Jun	9-Jul	19-Jul	27-Apr	18-Jun	20-Jul	4-Sep	8-Oct
V5	E1	80	2-Jun	8-Jul	18-Jul	27-Apr	18-Jun	20-Jul	4-Sep	8-Oct
V6	E1	78	2-Jun	8-Jul	18-Jul	24-Apr	18-Jun	20-Jul	4-Sep	8-Oct
CK	E2	86	6-Jun	12-Jul	21-Jul	24-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct
V1	E2	86	6-Jun	10-Jul	22-Jul	25-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct
V2	E2	81	6-Jun	10-Jul	22-Jul	25-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct

V3	E2	81	6-Jun	10-Jul	23-Jul	24-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct
V4	E2	86	6-Jun	12-Jul	21-Jul	26-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct
V5	E2	85	7-Jun	12-Jul	22-Jul	26-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct
V6	E2	80	7-Jun	12-Jul	23-Jul	26-Apr	28-Jun	25-Jul	19-Sep	18-Oct

2 个试点均于 2008 年播种。期间，两个试点土壤墒情较好，各品种的出苗整齐，大约在播后 10～15 d 出苗，出苗率在 80%以上；其中，E2 试点的品种比 E1 试点的品种晚 4～5 d；因此，到 10 月初枯黄期前后，各品种当年生长期为 164～170 d 不等。2009 年，肇东等国产品种和 WL232HQ 品种返青期早 3～4 d，第 1 和 2 茬现蕾开花时各品种相差 2～5 d。苜蓿品种当年生长期为 176～181 d，其中第 1 茬 50～55 d，第 2 茬 35～45 d，第 3 茬至枯黄期 80～90 d（表 3）。

2.3 主要地上生产性状

苜蓿的产草量与单株分枝数、鲜干比和茎叶比是制定晒制干草或青贮饲草等供应量的理论依据[21,22,23]。与肇东苜蓿比较，各品种间株高、茎叶比的差异极显著（$p<0.01$），单株分枝数、鲜干比差异显著（$p<0.05$）（表 4）。

表 4 不同苜蓿品种的经济性状指标

Table 4 Economic characters of alfalfa varieties

品种代码 Code	环境代码 Code	分枝数 No. of stem per plan	株高 Plant heigh（cm）	茎叶比 Stem leaf ratio	鲜干比 Fresh dry weight ratio	主根长 Taproot length（cm）	主根粗 Taproot diameter（cm）	侧根数 No. of lateral root	越冬率 Wintering rate（%）
CK	E1	4.3	47.6	1.48	3.20	60.6*	0.37	3.03	96*
V1	E1	5.9	50.1*	1.21	3.14	50.0*	0.33	6.56**	83
V2	E1	6.5*	49.9	1.33	3.20	43.0	0.29	4.76	86*
V3	E1	4.5	49.7	1.77**	3.29	54.9*	0.43	3.73	88*
V4	E1	6.2*	48.9	1.42	3.09	49.7	0.49*	3.90	83
V5	E1	5.7	53.8*	1.50*	3.09	53.2*	0.52*	4.60	83
V6	E1	5.7	45.7	1.48	3.26	49.8	0.41	5.93	82
CK	E2	5.5	46.9	1.37	3.19	43.1	0.55**	4.10	86*
V1	E2	7.0**	54.6*	1.34	3.32*	43.2	0.37	5.43*	92
V2	E2	4.7	54.2	1.68**	3.27	53.3*	0.43	3.23	83
V3	E2	6.5*	50.8	1.09	3.18	45.4	0.49*	2.83	85*
V4	E2	5.7	54.0*	1.53*	3.34*	59.7*	0.54*	2.76	86*
V5	E2	6.1*	53.0*	1.29	3.08	43.3	0.34	5.33*	88*
V6	E2	5.9	44.1	1.28	3.03	47.3	0.39	4.10	93*

注：性状为每年的平均值。表中,*,**分别表示与对照比较，其 LSD 差异达到 0.05 和 0.01 显著水平

Notes: characters of alfalfa varieties is average value in 2008 and 2009. * and ** indicates statistically significant difference between Ck at $p < 0.05$ and 0.01.

2.4 干草产量的变异特征

我省雨养主产区苜蓿品种间、环境间产量存在显著或极显著差异。由 3 年平均干草产量看（表 5），E1 试点中，品种间平均产量最高的为 V2(11439.05 kg • hm^{-2})，最低为 V5(9904.95 kg •hm^{-2})。E2 试点中，品种间平均产量最高的为 V2(11672.50 kg • hm^{-2})，最低为 V4(10105.05 kg •hm^{-2})。在 E1 试点有 3 个品种比肇东苜蓿显著增产，增幅 10.38％～16.91％。在 E2 试点有 5 个品种比肇东苜蓿显著增产，增幅大于 10.38％，其中，V1 在 2 个试点表现都很优异。

表 5 不同苜蓿品种各年度干草产量及平均增产

Table 5 Dry matter yield of alfalfa cultivars in the different years

品种代码 Code	环境代码 Code	2008 年干草产量 DM in 2008 （kg/m²）	2009 年干草产量 DM in 2009 （kg/m²）	2010 年干草产量 DM in 2010 （kg/m²）	年度平均 Average （kg/m²）	折合亩产 Equivalent yield （kg/hm²）	增产 Increase
CK	E1	0.42	1.31	1.12	0.950	9504.75	-
V1	E1	0.52	1.30	1.36	1.061	10605.30*	10.38
V2	E1	0.54	1.46	1.43	1.144	11439.05*	16.91
V3	E1	0.49	1.40	1.22	1.037	10371.85	8.36
V4	E1	0.46	1.38	1.28	1.041	10405.20	8.65
V5	E1	0.37	1.28	1.32	0.990	9904.95	4.04
V6	E1	0.58	1.46	1.19	1.077	10772.05*	11.76
CK	E2	0.42	1.31	1.12	0.950	9504.75	-
V1	E2	0.46	1.36	1.55	1.124	11238.95*	15.43
V2	E2	0.61	1.43	1.46	1.167	11672.50*	18.57
V3	E2	0.57	1.50	1.25	1.107	11072.20*	14.16
V4	E2	0.43	1.39	1.21	1.011	10105.05	5.94
V5	E2	0.42	1.32	1.50	1.080	10805.40*	12.04
V6	E2	0.47	1.40	1.39	1.087	10872.10*	12.58

注：*,**分别表示与对照比较，其 LSD 差异达到 0.05 和 0.01 显著水平

Notes: * and ** indicates statistically significant difference between Ck at $p < 0.05$ and 0.01.

产量联合方差分析表明(表 6)，品种间、试点间(环境间)和 GE(品种×环境交互作用)存在极显著差异，三者所引起的产量变异平方和分别占总平方和的 13%、49%和 38%，表明环境间的差异是引起

产量差异的最主要原因, GE 次之, 二者对产量差异的影响远大于品种的影响, 分别为品种效应的 3.77 倍和 2.92 倍, 上述结果和许多前人的研究结论一致。Freeman 等[24]认为, 对作物产量等数量性状来讲, 环境、GE 引起的产量差异远大于基因型引起的差异, 变异分别来自 GE、环境、基因型的比例大致为 20%、70%、10%, Romagosa 和 Fox 在总结了 100 多个环境产量试验资料后, 甚至得出 80%～90% 的处理变异方差分量归因于环境的差异[25]。其后国内外对不同作物经济和生物产量的大量研究也证明了这一结论, 三者对产量变异的贡献基本围绕着上述比例波动[26]。

表 6　区试品种产量的联合方差分析

Table 6　Combined analysis of yield variance of 6 cultivars tested in 2 sites

变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom (DF)	平方和 Sum of squares (SS)	占总平方和 Contribution percentage to SS (%)	均方 Mean square (MS)	*F*
总变异 Total	35	0.746			
处理 Treatment	11	0.536		0.049	5.44**
基因型 Genotype (G)	5	0.10	13	0.004	0.44**
环境 Environment (E)	1	0.367	49	0.367	40.78**
交互作用 (G×E)	5	0.286	38	0.030	3.33**
误差 Error	24	0.110		0.009	

2.5　品种的丰产性和稳产性

在 GGE 双标图分析中, 由于 AEA 代表了品种的平均产量, 在 AEA 的投影, 箭头所示方向为正,即各个品种在 AEA 轴上的投影点越靠右, 其产量越高。从图 1 可知, 主成份 PC1 和 PC2 集中了 G+GE 的大部分变异信息(100%), 据此分析推断具有较大的可靠性。在 AEC 纵轴右边的品种, 其产量大于平均值，而在 AEC 纵轴左边的品种, 小于平均值, 其产量顺序为 V2>V1>V3>V6>V4>V5。AEC 纵轴代表了品种的稳定性, AEC 横轴上垂线的长短显示品种稳定性的大小, 此值越接近于 0，稳定性越好。从图 1 可以看出，属于稳产型的品种有 V1、V2 和 V3，稳产性较差的有 V4 和 V5。综合产量比较，品种 V1 稳定性最好。

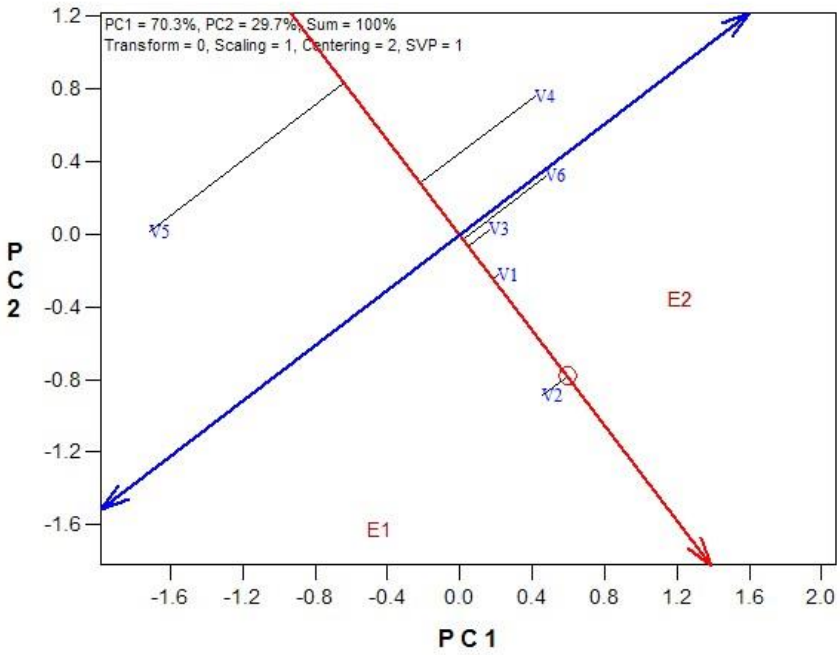


图 1　区试品种的产量和稳定性

Fig. 1　Average-environment coordination (AEC) view showing the mean yield performance and stability of different cultivars tested in 2 sites

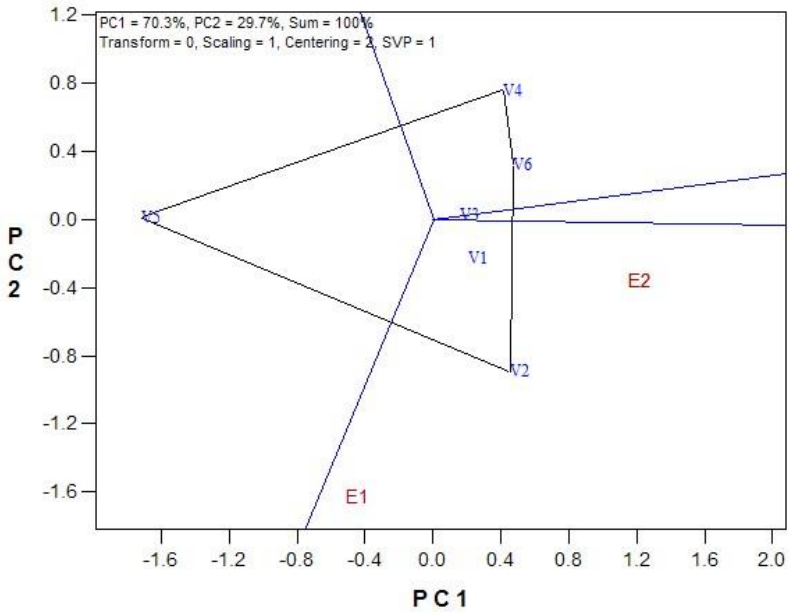


图 2　基于 GGE 双标图分析的区试基因–环境最佳适应区域

Fig. 2 Polygon view of GGE-biplot indicating the best cultivars in each environment and groups of environments of 2 sites

2.6 品种的最佳适应区域

为了鉴别在各试验点表现最好的品种，将位于图形边缘的品种标志点用直线相连，形成一个多边形，将所有品种囊括在内。从原点(0, 0)起作各边的垂线，将整个双标图分为若干扇形区域，每个试点自然落于某个区域内，每个区的“顶角”品种就是该区域内在每一试验点都表现最好的品种，位于多边形内部的、靠近原点的品种是对环境变化不敏感的品种(图 2)。可见“顶角”品种通常是具有特殊适应性的品种。图 2 按顺时针方向可划分为 4 个扇区:第 1 扇区的试点主要有 E1、E2，该区域表现最好品种是 V2；第 2 扇区未落入试点,以 V5 表现最好；第 3 扇区未落入试点,有 V4 和 V6 表现最好；第 4 扇区未落入试点，此扇区也没有最好的品种。因次，在 E1、E2 两个试点中，V2 表现最好的丰产性，V1 表现最好的稳定性。

3 讨论

本研究所引进的多数国外苜蓿品种的质量性状均高于肇东等国产苜蓿品种，其中大多数国外品种生长迅速，株高和产量比对照等显著增加；但次年返青期国产苜蓿品种和 WL232 HQ 品种却早于其他国外品种 3～4 d，各品种开花期也有明显差异。因此，生产中对大粒种子和种子用价低的品种，播种时要适当增加播量，冬前留高茬。

在雨养条件下，苜蓿年产量中第 1 茬所占比例最大，苜蓿的高产期也在第 3 年[14,16]，而在绥化当地第 1 茬产量占到年产量 50％以上，第 1 茬也是苜蓿耗水量和耗水速率最大的时期，当地灌水区虽然可以收割第 4 茬，但产量低，而且存在雨季，加工风险大。因此，本研究只选用全年前 3 茬的产量作为平均年产量，可能对一些品种的再生性和产量有影响。但随后进行的区域试验，对所选品种都进行了 3 茬产草量的测定，结果表明，第 1 和 2 茬在年产量中所占比例的高产稳产规律基本不变。

本研究表明，基因型与环境的互作效应对产量的影响虽然远小于环境，但影响极显著且是基因型效应的 2.92 倍，这与前人的结论一致[23-24]。这预示着在进行苜蓿栽培及品种选择的宏观决策时，首先要充分利用资源环境优势，强化生产环境的建设与改良；其次要高度重视基因与环境的互作效应,因地制宜地选择与当地具体环境良好耦合的品种。同时在育种选择中，注意区分基因加性效应和 GE 效应对表现型的影响。

在不同环境下，表现既高产又稳产，具有广泛适应性的品种当然是最理想品种，但实际上高产稳产兼备的广适性品种很少。本研究选用的 6 个基因型都是通过各地逐层遴选推荐的优良品系。通过分析可见，没有出现丰产性和稳产性都达到最好的品种，二者结合相对较好的品种只有 1 个，占供试品系数的 16.7%。因此对品种不应苛求具有全面优异的特性，在育种和生产中，应更重视对当地具体环境条件具有良好的特殊适应性品种的选择与利用。

因此，在我省雨养栽培条件下，有 5 个品种比肇东苜蓿增产极显著，其中播种当年增产幅度最显著。根据 3 年平均干草产量和生产稳定性来看，龙牧系列苜蓿，特别是品种 V1（龙牧 801）不但增产 10.38％以上，而且抗逆性强、综合性状好，应在我省持续推广种植。

参考文献（略）

苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究
——草产品性能试验研究

李飞飞[1,2]，田　雪[2]，苏德荣[2]，信金娜[1]
（1.北京绿冠集团生态研究所，北京 100102；2. 北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083）

摘　要　本研究选取 5 个苜蓿品种：中苜 1 号(M1)、皇冠(M2)、驯鹿 AC(M3)、维多利亚(M4)、CW787(M5)与 2 种运动场常用禾本科草坪草：高羊茅(H1)、草地早熟禾(H2)分别以不同干重比例相混合。按一定干重混合比混合后的 171 个草样在农业部草产品中心测量其粗蛋白含量(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)，经推算可以得到每种组合的相对饲用价值(RFV)及粗饲料分级指数(GI)。在牧草生产中，豆科的苜蓿与禾本科草坪的草屑相结合可作为一种新型的混合草颗粒产品，对其草产品性能进行分析后，不仅可以适应不同的市场需求，同时也对牧草营养全面合理搭配提出了新的途径。目前，国内还未曾见到类似的相关研究报道。

关键词　苜蓿；草坪草屑；干重混合比；草产品性能

Study on the Model of Alfalfa Planting Combined with Sports Turfgrass—Grass Product Performance Experimental Research

LI Fei-fei[1, 2], TIAN Xue[2], SU De-rong[2], XIN Jin-na[1]
（1.Ecological Research Institute, Beijing TopGreen Group Co., Ltd., Beijing 100102, China;
2. Grassland Resources and Ecology Research Center, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China）

Abstract: This study selected five kinds of alfalfa varieties: Zhongmu No.1 (M1), Phabulous (M2), AC Caribou (M3), Victoria (M4), CW787 (M5) and two kinds of sports turfgrass: Tall Fescue (H1), Kentucky Bluegrass (H2), blended with different proportion on a dry weight basis, respectively. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), were measured in 171 mixed grass samples in the Grass Product Center of the Ministry of Agriculture. Each combination of relative forage value (RFV) and roughage grading index (GI) were calculated, respectively. In forage production, the mixed grass samples could be considered as a new grass product. After nutritional value analysis, this new grass product could not only meet different market needs, but also be a new way of forage comprehensive nutrition and reasonable collocation. Currently, similar reports are few in our country.

Keywords: Alfalfa; Turfgrass clippings; Grass mixture ratio; Grass product performance

草产品是指具有一定营养价值且符合一定质量标准，经过加工适合运输的流通商品。草产品的形式多种多样，包括鲜草、干草、青贮与氨化牧草、草粉、草块、草颗粒等[1]。紫花苜蓿作为牧草之王含有丰富的营养物质，是草产品应用中最适宜的草种。我国目前的草产品主要是指紫花苜蓿草产品[2]，而草粉、草块、草颗粒在市场上应用较少。目前，我国草产品加工量还不到牧草生产量的 8 %，配合饲料用草和出口草产品的数量也较少，因此我国的草产业仍具有巨大的市场发展空间。

本研究尝试将豆科牧草紫花苜蓿与禾本科草坪草干草不同比例混合，分析其混合草产品的性能，既适应了不同的市场需求，也为牧草营养全面合理搭配提出了新的途径，同时，也为运动场草坪与苜蓿种植圈相结合提供了实验依据。目前，国内还未曾见到相关研究报道。

混合草产品作为一种新型草产品，有其独特的优势。首先，混合草产品在传统单一草产品的基础上不仅可以高效的利用紫花苜蓿，同时可以使原本作为废弃草屑的禾本科草坪草有效利用，有利于调控草产品的营养成分，有效防止反刍动物鼓胀病及其他消化系统疾病的发生；其次，在混合草产品的制作过程中，由于外界温度、水分、压力改变的共同作用，淀粉的糊化和生物酶的活性增强，纤维素及脂肪的结构发生变化，可以显著改善草料的适口性，从而提高反刍动物的干物质采食量[3]。第三，混合草颗粒在减少了家畜的进食时间的同时可以减少环境污染，减轻禾本科草屑累积对草坪的影响。

1 研究区概况与试验设计

1.1 研究区概况

试验取样在北京林业大学科研与生产基地进行。北京地处华北平原北端，北纬 39° 34’，东经 116° 28’，东部平原平均海拔 50 m 左右，西部和北部是连绵不断的太行山脉，为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候，其气候特征为：夏季高温多雨，冬季寒冷干燥。均温 8—12℃，全年无霜期 190—200 d，≥10℃的积温 4200℃；年降水量 600 mm 以上，75%集中在夏季。试验基地地势平坦、开阔，光照、通风条件良好。试验地前茬为粮食作物，土壤耕作历史悠久，土壤熟化程度高，耕层结构良好，肥力较好，环境条件正常，无不良因素影响。

1.2 试验设计

1.2.1 试验材料

试验材料为来自国内外的 5 个苜蓿品种，其中美国品种 2 个，加拿大品种 2 个，中国品种 1 个，品种名称及来源见表 1-1。两种禾本科草坪草为运动场常用草坪高羊茅与草地早熟禾。

表 1-1　供试苜蓿品种

Tab.1-1 Alfalfa varieties for test

品种	拉丁名	来源
中苜 1 号	Zhongmu No.1	中国
皇冠	Phabulous	美国
驯鹿 AC	AC Caribou	加拿大
维多利亚	Victoria	加拿大
CW787	CWNo.787	美国

1.2.2　试验方法

苜蓿取样在初花期进行，用牛皮纸信封封装样品放入烘干机 100℃烘干 10 小时，冷却后粉碎机粉碎样品过 40 目筛，禾本科草采取同样方式处理。将中苜 1 号（M1）、皇冠（M2）、驯鹿 AC（M3）、维多利亚(M4)、CW787（M5）与高羊茅（H1）、草地早熟禾（H2）分别按照 0:1、1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1、1:0 七种草样干重比例混合为 5g 的样品，装入塑封袋，其中仅有禾草（0:1）与仅有苜蓿（1:0）的干草比例为对照组。每种比例样品三个重复，合计 171 个样品，对每一个样品组合进行草产品性能分析，测定粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维等指标。本试验将苜蓿在混合草产品的比例控制在 50%—75%之间，禾本科草在混合草产品中的比例控制在 25%—50%之间，不仅保证了苜蓿作为主要营养物质的主体地位，同时也尽可能高效利用禾本科草屑。

1.2.3　测定指标和数据处理

在农业部草产品监测中心进行相关指标测定，粗蛋白测定采用 Kjeltec TM 2300 全自动凯氏定氮仪。中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维按范氏(Van Soest)测定方法采用 Fibertec M6 半自动纤维素分析仪测定[4]。

数据处理采用 SAS9.0 软件进行分析。

2　结果分析

2.1　粗蛋白（CP）

粗蛋白（CP）是影响奶牛产奶量的重要因素，紫花苜蓿本身就是一种高蛋白牧草，优质牧草干草的粗蛋白含量通常在 18%以上，是奶牛良好的蛋白质来源。禾本科草坪草的主要用途是景观绿化与运动场草坪，对其饲用价值研究较少。

经分析，五种苜蓿与两种禾本科草在干重混合比例 1:0 仅有苜蓿的情况下，五种苜蓿的粗蛋白质含量按从高到低的排序依次 M1>M2>M5>M4>M3，含量分别为 27.64%、25.28%、24.34%、23.4%、23.22%。高羊茅（H1）和草地早熟禾(H2)是两种常用的禾本科草坪草，在混合比例为 0:1 仅有禾草的情况下，两种禾本科草的的粗蛋白质含量 H1>H2，含量分别为 17.64%、12.45%，H1 比 H2 的粗蛋白质含量高 5.01%，两种禾本科草均未达到牧草要求的粗蛋白质含量。高羊茅显著高于草地早熟禾的粗蛋白含量（见表 2-1）。

2.1.1　同一组合，不同比例

试验结果表明，不同苜蓿品种与禾草 H1 混合时，同一组合不同混合比例情况下，粗蛋白含量不同（见表 2-1）。混合比例为 0:1 时，粗蛋白含量最低，为 17.46%。比例为 1:0 即只存在苜蓿情况下，粗蛋白含量最高。①M1H1 混合比例为 1:1 与 1:1.5 时，粗蛋白含量均为 20.11%，差异不显著。2:1 混合比例下，粗蛋白含量为 21.85%，与 2.5:1 及 3:1 的粗蛋白含量差异不显著。2.5:1 粗蛋白含量为 21.5%，3:1 粗蛋白质含量为 22.24%，3:1 比 2.5:1 的粗蛋白含量高 0.74%，差异显著。②M2H1 混合比例为 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1 时，粗蛋白含量分别为 20.15%、20.36%、20.03%、20.49%，这四种比例之间差异不显著。3:1 的混合比例粗蛋白含量为 22.36%，分别比上述四种比例的粗蛋白含量高 2.21%、2%、2.33%、1.87%，差异显著。③M3H1 在 1:1 时粗蛋白含量为 17.58%，与仅有禾草 H1 的情况相比，仅高出 0.12%，差异不显著。混合比为 1.5:1 和 2:1 时粗蛋白分别为 19.22%和 20.51%，仅相差 1.29%，差异不显著。混合比为 2.5:1 和 3:1 时粗蛋白分别为 20.73%和 21.17%，2:1、2.5:1、3:1 三种混合比例差异不显著。④M4H1 在 1:1 时为 17.34%，比 0:1 时略少 0.12%，差异不显著，1.5:1、2.5:1、3:1 混合比例的粗蛋白含量分别 20.69%、20.81%、21.17%，三者之间差异不显著，均显著高于混合比例为 2:1 时的粗蛋白含量 19.33%，分别高出 1.36%、1.48%、1.84%。⑤M5H1 在 1:1 时粗蛋白含量为 17.87%，与 0:1 时比较仅高出 0.41%，差异不显著。混合比例为 2.5:1 时粗蛋白含量为 21.75%，含量仅次于仅含有苜蓿时的比例，分别显著高于 1.5:1、2:1、3:1 比例的粗蛋白，这三种比例的粗蛋白含量分别为 20.08%、20.54%、21.05%。（见表 2-1）

不同苜蓿品种与禾草 H2 混合时，同一组合不同混合比例下粗蛋白含量不同（见表 2-1）。混合比例为 0:1 时，粗蛋白含量最低，为 12.45%。比例为 1:0 时，粗蛋白含量最高。①M1H2 在 2:1 时粗蛋白为 22.92%，显著高于混合比例为 1.5:1 的 21.98%，粗蛋白含量相差 0.94%。比例为 1:1、2.5:1、3:1 粗蛋白分别为 22.16%、22.27%、22.71%，三种比例之间差异不显著。②M2H2 在 1:1 与 1.5:1 时分别为 19.62%、19.00%，差异不显著。比例为 3:1 时为 23.17%，显著高于 2.5:1 比例时的 21.63%，高出 1.54%。比例为 2.5:1 时显著高于比例 2:1 的粗蛋白质 20.41%，高出 1.22%。③M3H2 在 1:1 时为 18.64%，显著低于 1.5:1、、2.5:1、3:1 的 20.63%、20.40%、20.10%，2:1 粗蛋白含量为 19.73%。2:1 与 1:1 的粗蛋白含量差异不显著。④M4H2 在 1:1 时为 18.88%，仅高于 0:1 的情况，显著低于其它 5 种比例。2:1 时粗蛋白含量为 21.56%，显著低于 2.5:1 的 22.71%。1.5:1、2.5:1、3:1 三种比例之间粗蛋白含量差异不显著，分别为 21.71%、22.71%、22.23%。⑤M5H2 在 1:1、2.5:1、3:1 时分别为 20.50%，21.29%、21.20%，差异不显著。混合比例为 1.5:1、2:1 时粗蛋白含量为 21.84%、22.25%，差异不显著。（见表 2-1）

2.1.2　同一比例，不同组合

总的来说，五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下，粗蛋白含量随着苜蓿比例的提升逐渐升高（表 2-1）。①混合比例为 1:1 时，M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量为 20.11%、20.15%，差异不显著。M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 17.58%、17.34%、17.87%，差异不显著。M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量分别显著高于 M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量。②混合比例为 1.5:1 时，M1H1、M2H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量分别为 20.11%、20.36%、20.69%、20.08%，差异不显著。M3H1 的粗蛋白质含量为 19.22%，显著低于 M2H1、M4H1。③混合比例为 2:1 时，M3H1、M5H1 的粗蛋白质含

量为 20.51%、20.54%，差异不显著。M2H1、M4M1 的粗蛋白质含量分别为 20.03%，19.33%，差异显著。M1H1 的粗蛋白质含量为 21.85%，显著高于其他四种混合比例。④混合比例为 2.5:1 时，M1H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 21.50%、21.75%，差异不显著。M2H1、M3H1、M4H1 的粗蛋白质含量为 20.49%、20.73%、20.81%，差异不显著。M1H1、M5H1 的粗蛋白质含量分别显著高于 M2H1、M3H1、M4H1。⑤混合比例为 3:1 时，M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量分别为 22.24%、22.36%，差异不显著。M3H1、M4H1、M5H1 的粗蛋白质含量为 21.17%、21.17%、21.05%，差异不显著。M1H1、M2H1 的粗蛋白质含量显著高于 M3H1、M4H1、M5H1。（表 2-1）

五种苜蓿和禾草 H2 在不同混合比例下的粗蛋白质含量见表 2-1。①比例为 1:1 时，M1H2 粗蛋白质含量为 22.16%，显著高于其他四种组合。 M2H2、M5H2 的粗蛋白质含量为 19.62%、20.50%，差异不显著。M2H2、M3H2、M4H2 三种组合之间差异不显著。M5H2 的粗蛋白质含量显著高于 M3H2、M4H2。②比例为 1.5:1 时，粗蛋白质含量最高的三种组合为 M1H2、M4H2、M5H2，，蛋白质含量分别为 21.98%、21.71%、21.84%，差异不显著。粗蛋白质含量最低的为 M2H2，为 19.00%，显著低于粗蛋白质含量为 20.63%的 M3H2。③比例为 2:1 时，五种组合粗蛋白质含量差异显著，M1H2>M5H2>M4H2>M2H2>M3H2，蛋白质含量最高的为 22.92%。④比例为 2.5:1 时，五种组合粗蛋白质含量差异显著，M4H2>M1H2>M2H2>M5H2>M3H2，蛋白质含量最高的为 22.71%。⑤ 比例为 3:1 时，粗蛋白质含量最高的为 M1H2、M2H2、M4H2，蛋白质含量分别为 22.71%、23.17%、22.23%。粗蛋白质含量最低的是 M3H2，为 20.10%。M4H2 与 M5H2 的粗蛋白质含量差异不显著。（表 2-1）

表 2-1　五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的粗蛋白含量

Tab.2-1 Content of crude protein on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Kjeltec TM 2300.

Mixture	Crude Protein (%) Means±SE						
	0：1	**1：1**	**1.5：1**	**2：1**	**2.5：1**	**3：1**	**1：0**
M1H1	17.46±0.11aE	20.11±0.13bD	20.11±0.12bcD	21.85±0.08BCc	21.50±0.09Ccd	22.24±0.12aBb	27.64±0.40Aa
M2H1	17.46±0.11aD	20.15±0.21bC	20.36±0.31bC	20.03±0.14Ce	20.49±0.03Ce	22.36±0.63aB	25.28±0.17Ab
M3H1	17.46±0.11aD	17.58±0.71De	19.22±0.34Ccd	20.51±0.03BCd	20.73±0.00Be	21.17±0.05Bc	23.22±0.86Ac
M4H1	17.46±0.11aD	17.34±0.49De	20.69±0.09Bb	19.33±0.02Cf	20.81±0.09Be	21.17±0.33Bc	23.40±0.33Ac
M5H1	17.46±0.11aE	17.87±0.13dEe	20.08±0.20bcD	20.54±0.02CDd	21.75±0.24Bc	21.05±0.36Ccd	24.43±0.17Abc
M1H2	12.45±0.50bD	22.16±0.12aBC	21.98±0.06aC	22.92±0.22aB	22.27±0.34BbC	22.71±0.14aBC	27.64±0.40Aa
M2H2	12.45±0.50bF	19.62±0.11bcDE	19.00±0.53dE	20.41±0.07Dd	21.63±0.05Ccd	23.17±0.37aB	25.28±0.17Ab
M3H2	12.45±0.50bD	18.64±0.43Ccd	20.63±0.36Bb	19.73±0.02BCe	20.40±0.12Be	20.10±0.53Bd	23.22±0.86Ac
M4H2	12.45±0.50bE	18.88±0.31cDd	21.71±0.54aBC	21.56±0.24Cc	22.71±0.11AaB	22.23±0.26aBbC	23.40±0.33Ac
M5H2	12.45±0.50bE	20.50±0.28bD	21.84±0.09aBC	22.25±0.01Bb	21.29±0.02CDd	21.20±0.35bCcD	24.43±0.17Abc

注：a：大写字母同行比较，小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著，出现不同字母表示差异显著，采用 0.05 水平下最小显著差法（LSD）比较差异性。(P≤0.05)。

M1= Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; **M2**= Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin;

M3= Medicago Sativa L.cv. **AC Caribou** of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. **Victoria** of Canada origin; **M5** =Medicago Sativa L.cv. **CWNo.787** of American origin; **H1**= **Tall Fescue**; **H2**= **Kentucky Bluegrass**; Means are shown ± standard error of the mean (SE)(n=3).[a] within a column and [A] within a row， respectively，numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance ($P \leqslant 0.05$).

2.2 中性洗涤纤维（NDF）

奶牛营养学界一直将中性洗涤纤维(NDF)作为表示纤维的指标。营养学上将中性洗涤纤维定义为日粮或饲料中纤维素、半纤维素和木质素之和，是饲料中被动物缓慢消化或不被消化的成分。奶牛日粮中的 NDF 能够通过影响奶牛的采食、咀嚼、反刍，来调节瘤胃中的有机酸、PH、微生物数量[5]。粗饲料中，纤维素的含量通常为 25%—40%，消化率约为 65%。纤维素有助于唾液的分泌和反刍，缺乏易引起乳脂含量降低和消化紊乱[6]。对于高产奶牛来说，日粮 NDF 的基本原则是在满足高产奶牛对 NDF 的最小需要量的基础上尽可能减少日粮 NDF 含量。通常 NDF 包含纤维素、半纤维素、木质素。

五种苜蓿与两种禾本科草不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。经分析，在比例 1:0 即仅有苜蓿的情况下，M1 苜蓿的 NDF 含量最低为 33.34%，M3 的 NDF 含量最高为 35.92%，M2、M4 的 NDF 含量分别为 35.30%、33.64%。在比例为 0:1 即仅有禾草的情况下，H1、H2 的 NDF 含量为 53.29%、51.47%，相差 1.82%，差异显著。两种禾本科草种均超出了牧草所要求的纤维素正常含量。（表 2-2）

2.2.1 同一组合，不同比例

本试验结果表明，不同苜蓿品种与禾草 H1 混合时，同一组合不同混合比例下 NDF 含量有所不同（表 2-2）。比例为 1:0 仅有苜蓿时，NDF 含量最低，比例为 0:1 仅有禾草时，NDF 含量最高。①M1H1 在比例 1:1 时，NDF 值为 41.33%，显著高于 2:1、2.5:1、3:1 比例的 NDF 含量。1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 四种比例 NDF 含量分别为 39.77%、39.35%、38.39%、38.33%，差异均不显著。②M2H1 在比例 2.5:1 时，NDF 含量较低，为 35.28%，显著低于 3:1 时的 39.06%。比例为 1:1、1.5:1、2:1 时，NDF 含量分别为 41.55%、40.90%、39.60%，差异不显著。③M3H1 在比例 2:1 时，NDF 含量较低，为 39.68%，显著低于 1:1 时的 44.63%。比例为 1.5:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量分别为 42.37%、43.18%、41.11%，差异不显著。④M4H1 在比例 3:1 时，NDF 含量较低，为 36.67%，显著低于 1:1 时的 43.15%。比例为 1.5:1、2:1、2.5:1 时，NDF 含量分别为 40.03%、40.25%、38.71%，差异不显著。⑤M5H1 在比例 2.5:1、3:1 时，NDF 含量较低，为 41.46%、39.84%，差异不显著。比例 1:1 时 NDF 含量为 45.53%，显著高于 1.5:1 时的 43.88%。1.5: 1 与 2:1 时的 NDF 含量差异不显著。（表 2-2）

不同苜蓿品种与禾草 H2 混合时，同一组合不同混合比例下 NDF 含量不同（表 2-2）。比例 1:0 时，NDF 含量最低，比例 0:1 时，NDF 含量最高。①M1H2 在 2:1、2.5:1、3:1 时 NDF 含量较低，为 36.89%、36.91%、38.02%，差异不显著。比例 1:1、1.5:1 时 NDF 含量较高，为 39.96%、38.78%，两者差异不显著。②M2H2 在 3:1 时 NDF 含量为 35.54%，与 1:0 时的 NDF 含量差异不显著，显著低于比例 1.5:1 时的 44.35%。比例 1:1、2.5:1 的 NDF 含量为 41.34%、37.83%，显著相差 3.51%。1.5:1 与 2:1 的 NDF 含量差异不显著。③M3H2 在 1:1 时 NDF 含量较高，为 45.72%。比例为 1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 41.93%、40.65%、41.93%、40.58%，差异不显著。④M4H2 在 1:1 时 NDF 含量为 42.07%，显著高于 2:1 的 NDF 含量 39.81%。比例为 1.5:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 38.19%、38.01%、37.67%，

差异不显著。⑤M5H2 在 1.5:1 时 NDF 含量较高，为 44.04%。比例为 1:1、2:1、2.5:1、3:1 时，NDF 含量为 42.34%、42.24%、40.83%、41.96%，差异不显著。（表 2-2）

2.2.2　同一比例，不同组合

五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。①混合比例为 1:1 时，M5H1、M3H1 的 NDF 含量较高，为 45.53%、44.63%，差异不显著。M1H1、M2H1、M4H1 的 NDF 含量为 41.33%、41.55%、43.15%，差异不显著。②混合比例为 1.5:1 时，M5H1、M3H1 的 NDF 含量较高，为 43.88%、42.37%，差异不显著。M1H1、M2H1、M4H1 的 NDF 含量为 39.77%、40.90%、40.03%，差异不显著。③混合比例为 2:1 时，M5H1 的 NDF 含量最高，为 44.44%，显著高于其他四种组合。M1H1、M2H1、M3H1、M4H1 的 NDF 含量为 39.35%、39.60%、39.68%、40.25%，差异不显著。④比例为 2.5:1 时，M3H1、M5H1 的 NDF 含量较高，为 43.18%、41.46%。NDF 含量最低的组合为 M2H1，为 35.28%。M1H1、M4H1 的 NDF 含量为 38.39%、38.71%，差异不显著。⑤比例 3:1 时，M4H1 的 NDF 含量最低，为 36.67%，显著低于 M5H1 和 M3H1。M1H1、M2H1、M3H1、M5H1 的 NDF 含量为 38.33%、39.06%、41.11%、39.84%，差异不显著。（表 2-2）

五种苜蓿与禾草 H2 在不同混合比例下的 NDF 含量见表 2-2。①比例 1:1 时，M1H2 的 NDF 含量最低，为 39.96%，显著低于 NDF 含量为 45.72%的 M3H2。M2H2、M4H2、M5H2 的 NDF 含量为 41.34%、42.07%、42.34%，差异不显著。②比例 1.5:1 时，M2H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 44.35%、44.04%，差异不显著。M1H2、M4H2 的 NDF 含量较低，为 38.78%、38.19%，差异不显著。NDF 含量为 41.93%的 M3H2 与 M5H2 差异不显著。③比例 2:1 时，M1H2 的 NDF 含量最低，为 36.89%，显著低于其它四种组合。M2H2、M3H2、M4H2、M5H2 的 NDF 含量为 43.16%、40.65%、39.81%、42.24%。M2H2 与 M5H2 差异不显著，M3H2 与 M4H2 差异不显著。④比例 2.5:1 时，M3H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 41.93%、40.83%，差异不显著。M1H2、M2H2、M4H2 的 NDF 含量为 36.91%、37.83%、38.01%，差异不显著。⑤比例 3:1 时，M3H2、M5H2 的 NDF 含量较高，为 40.58%、41.96%，差异不显著。M1H2、M2H2、M4H2 的 NDF 含量为 38.02%、35.54%、37.67%，差异不显著。（表 2-2）

表 2-2　五种苜蓿与两种禾本科草不同干重混合比例下的 NDF 含量

Tab.2-2 Content of neutral detergent fiber (NDF) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Fibertec M6.

Mixture	NDF (%) Means±SE						
	0：1	**1：1**	**1.5：1**	**2：1**	**2.5：1**	**3：1**	**1：0**
M1H1	53.29±0.33Aa	41.33±0.64Bcd	39.77±0.40BCdef	39.35±0.25dC	38.39±0.80Cd	38.33±1.01bCcde	33.34±0.52cD
M2H1	53.29±0.33Aa	41.55±0.95Bcd	40.90±0.34BCcde	39.60±0.41BCcd	35.28±1.45De	39.06±0.64abCcd	35.30±0.61aD
M3H1	53.29±0.33Aa	44.63±0.33aBb	42.37±0.25aBbCcD	39.68±0.46cDd	43.18±1.13aBC	41.11±1.97abCD	35.92±0.83aE
M4H1	53.29±0.33Aa	43.15±0.53Bbc	40.03±0.98Cdef	40.25±0.34Ccd	38.71±0.40Ccd	36.67±0.88Dde	33.64±0.46bcE
M5H1	53.29±0.33Aa	45.53±0.61aB	43.88±0.85abC	44.44±0.40aBC	41.46±0.29abD	39.84±0.75abcD	35.20±0.15abE
M1H2	51.47±0.47Ab	39.96±0.86Bd	38.78±0.53BCef	36.89±0.36De	36.91±0.58Dde	38.02±0.75CcDde	33.34±0.52cE
M2H2	51.47±0.47Ab	41.34±1.03Ccd	44.35±1.01aB	43.16±0.17BbC	37.83±0.13Dd	35.54±1.07Ee	35.30±0.61aE
M3H2	51.47±0.47Ab	45.72±0.29aB	41.93±0.31bCcd	40.65±0.68Cc	41.93±0.32abC	40.58±1.31abCc	35.92±0.83aD
M4H2	51.47±0.47Ab	42.07±0.37Bc	38.19±1.45CDf	39.81±0.28Ccd	38.01±0.12CDd	37.67±0.35cDde	33.64±0.46bcE
M5H2	51.47±0.47Ab	42.34±0.19Cc	44.04±0.35aBb	42.24±0.53bC	40.83±0.77bCc	41.96±0.76aC	35.20±0.15abD

注 a：大写字母同行比较，小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著，出现不同字母表示差异显著，采用 0.05 水平下最小显著差法（LSD）比较差异性。(P≤0.05)。

M1= Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; **M2**= Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin; **M3**= Medicago Sativa L.cv. **AC Caribou** of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. **Victoria** of American origin; **M5** =Medicago Sativa L.cv. **CWNo.787** of American origin; **H1**= **Tall Fescue**; **H2**= **Kentucky Bluegrass**; Means are shown ±standard error of the mean (SE)(n=3).[a] within a column and [A] within a row， respectively， numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance (P≤0.05).

2.3　酸性洗涤纤维（ADF）

目前国际优质苜蓿草的质量标准中要求 ADF 含量<30%，虽然 ADF 仅包括纤维素，木质素，但 ADF 为木质素的测定奠定了基础，并与饲料营养物质的消化率有很大关系，而且在评价饲料有效能值的过程中广泛使用[7]。在牧草方面，低的 ADF 含量代表高的净能含量。

五种苜蓿与两种禾本科草在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。经分析，比例为 1:0，M4 的 ADF 含量最高为 23.26%，M3 次之，为 20.58%。M2、M5 的 ADF 含量为 17.60%、17.41%，差异不显著。ADF 含量最低的为 M1，为 15.48%。比例为 0:1 时，H1 和 H2 的 ADF 的含量为 26.66%和 22.29%，差异显著。(表 2-3)

2.3.1　同一组合，不同比例

不同苜蓿品种与禾草品种 H1 混合时，同一组合在不同混合比例下 ADF 含量有所不同（表 2-3）。比例 1:0 时，ADF 含量最低，比例 0:1 时，ADF 含量最高。①M1H1 在比例 1:1、2:1、3:1 时 ADF 含量较低，为 19.68%、20.31%、19.81%，差异不显著。ADF 含量在 1.5:1、2.5:1 时为 21.78%、21.82%，

均与 2:1 时的 ADF 含量差异不显著。②M2H1 在比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 20.54%、20.26%、21.14%、20.13%、19.78%，差异不显著。③M3H1 在比例 2:1、3:1 时 ADF 含量较低，为 21.23%、19.50%，差异不显著，与 1:1 时 ADF 含量较高的 24.67%分别显著相差 3.44%、5.17%。比例 1.5:1、2:1、2.5:1 的 ADF 含量为 22.33%、21.23%、22.69%，差异不显著。④M4H1 在混合比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 25.20%、22.81%、25.08%、23.27%、22.56%。比例 1:1、2:1、2.5:1 的 ADF 含量差异不显著，比例 1.5:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量差异不显著。⑤M5H1 在比例 1:1 时的 ADF 含量较高，为 23.77%。比例 1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 21.42%、21.04%、20.91%、21.10%，差异不显著，分别与 1:1 时的 ADF 含量显著相差 2.35%、2.73%、2.86%、2.67%。(表 2-3)

不同苜蓿品种与禾草品种 H2 混合时，同一组合不同混合比例下 ADF 含量不同(表 2-3)。①M1H2 在比例 1:1、3:1 时 ADF 含量较低，为 18.25%、18.56%。ADF 含量在 1.5:1、2.5:1 时较高，为 20.04%、20.36%，两者差异不显著。2:1 时的 ADF 含量为 19.34%。②M2H2 在混合比例 1.5:1 时 ADF 含量较高，为 22.83%。混合比例 1:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 19.85%、21.06%、18.42%、19.70%，显著少于 1.5:1 时的 ADF 含量。③M3H2 在混合比例 1:1、1.5:1、2:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 22.59%、21.23%、21.42%、22.02%、21.78%，各比例之间差异不显著。④M4H2 在混合比例 1.5:1、2.5:1 时 ADF 含量较低，为 21.16%、21.00%，差异不显著。混合比例为 1:1、2:1、3:1 时 ADF 含量为 22.96%、22.65%、21.83%，差异不显著。⑤M5H2 在混合比例为 1:1、1.5:1、2.5:1、3:1 的 ADF 含量为 21.28%、20.85%、21.07%、21.07%，差异不显著。混合比例为 2:1 时，ADF 含量为 20.15%，与 1:1 时显著相差 1.13%。(表 2-3)

2.3.2　同一比例，不同组合，

五种苜蓿与禾草 H1 在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。①混合比例为 1:1 时，M1H1、M2H1 的 ADF 含量较低，为 19.69%、20.54%，差异不显著。M3H1、M4H1 的 ADF 含量为 24.67%、25.20%，差异不显著。M5H1 的 ADF 含量为 23.77%，显著低于 M4H1。②混合比例为 1.5:1 时，M1H1、M3H1、M4H1、M5H1 的 ADF 含量为 21.87%、22.33%、22.81%、21.42%，差异不显著。M2H1 的 ADF 含量为 20.26%，ADF 含量显著低于 M3H1、M4H1。③混合比例为 2:1 时，M4H1 的 ADF 含量最高，为 25.08%。M1H1、M2H1、M3H1、M5H1 的 ADF 含量为 20.31%、21.14%、21.23%、21.04%，差异不显著，均显著低于 M4H1 的 ADF 含量。④混合比例为 2.5:1 时，M2H1、M5H1 的 ADF 含量较低，为 20.13%、21.91%，差异不显著。M3H1、M4H1 的 ADF 含量为 22.69%、23.27%，差异不显著。M1H1 的 ADF 含量为 21.82%，显著低于 M4H1。⑤混合比例为 3:1 时，M4H1、M5H1 的 ADF 含量较高，为 22.56%、21.10%，差异不显著。M1H1、M2H1、M3H1 的 ADF 含量为 19.81%、19.78%、19.50%，差异不显著。M1H1、M2H1、M3H1 的 ADF 含量均显著低于 M4H1。(表 2-3)

五种苜蓿与禾草 H2 在不同混合比例下的 ADF 含量见表 2-3。①比例 1:1 时，M1H2、M2H2 的 ADF 含量较低，为 18.25%、19.85%，差异显著。M3H2、M4H2 的 ADF 含量为 22.59%、22.96%，差异不显著。M5H2 的 ADF 含量为 21.28%，与 M3H2 差异不显著。②混合比例为 1.5:1 时，M2H2、M3H2、M4H2 的 ADF 含量为 22.83%、21.23%、21.16%，差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量为 20.04%、20.85%，与 M3H2、M4H2 差异不显著，显著低于 M2H2。③混合比例为 2:1 时，M4H2 的 ADF 含量

最高，为 22.65%。M2H2、M3H2 的 ADF 含量为 21.06%、21.42%，差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量为 19.34%、20.15%，差异不显著。M1H2、M5H2 的 ADF 含量显著低于 M4H2。④混合比例为 2.5:1 时，M2H2 的 ADF 含量最低，为 18.42%。M1H2、M4H2、M5H2 的 ADF 含量为 20.36%、21.00%、21.07%，差异不显著。M2H2 的 ADF 含量显著低于 M3H2 的 22.02%。⑤混合比例为 3:1 时，M1H2、M2H2 的 ADF 含量为 18.56%、19.70%，差异不显著。M3H2、M4H2、M5H2 的 ADF 含量为 21.78%、21.83%、21.07%，差异不显著。M1H2 的 ADF 含量显著低于 M3H2、M4H2、M5H2。(表 2-3)

表 2-3　五种苜蓿与两种禾本科草不同干重混合比例下的 ADF 含量

Tab.2-3 Content of acid detergent fiber (ADF) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively as measured by FOSS Fibertec M6.

Mixture	ADF (%) Means±SE						
	0：1	**1：1**	**1.5：1**	**2：1**	**2.5：1**	**3：1**	**1：0**
M1H1	26.66±0.30Aa	19.68±0.98Cf	21.87±0.55aBbc	20.31±0.53BCdef	21.82±0.50Bbc	19.81±0.25bCcde	15.48±0.17Dd
M2H1	26.66±0.30Aa	20.54±0.55Bef	20.26±0.73Bcd	21.14±0.18Bcde	20.13±0.62Bd	19.78±0.80Bbcde	17.60±0.67Cc
M3H1	26.66±0.30Aa	24.67±0.42aBb	22.33±0.81abCD	21.23±0.32CcDdE	22.69±0.64abC	19.50±0.35dEe	20.58±1.00bDE
M4H1	26.66±0.30Aa	25.20±0.47AaB	22.81±0.40aC	25.08±0.77AaB	23.27±0.15aBC	22.56±1.31aC	23.26±0.23aBC
M5H1	26.66±0.30Aa	23.77±0.26Bbc	21.42±0.66abCcd	21.04±0.17Ccde	20.91±0.09Ccd	21.10±0.79abCcd	17.41±0.20cD
M1H2	22.29±0.09Ab	18.25±0.24Eg	20.04±0.24BCd	19.34±0.14CDf	20.36±0.15Bd	18.56±0.54DEe	15.48±0.17dF
M2H2	22.29±0.09ABb	19.85±0.38CDf	22.83±0.26Aa	21.06±0.16BCcde	18.42±0.97DEe	19.70±0.30CcDde	17.60±0.67cE
M3H2	22.29±0.09ABb	22.59±0.18Acd	21.23±0.39AaBbcd	21.42±0.21ABc	22.02±0.29AaBbc	21.78±0.98AaBbc	20.58±1.00Bb
M4H2	22.29±0.09ABbC	22.96±0.45ABc	21.16±0.80abCcDd	22.65±0.18ABb	21.00±0.18cDd	21.83±0.49aBbCD	23.26±0.23Aa
M5H2	22.29±0.09Ab	21.28±0.23Bde	20.85±0.54BbCcd	20.15±0.15Cef	21.07±0.24BCcd	21.07±0.44aBbCcd	17.41±0.20cD

注：a：大写字母同行比较，小写字母同列比较。同行或同列出现相同字母表示差异不显著，出现不同字母表示差异显著，采用 0.05 水平下最小显著差法（LSD）比较差异性。(P≤0.05)。

M1= Medicago Sativa L.cv. **Zhongmu No.1** of China origin; **M2**= Medicago Sativa L.cv. **Phabulous** of American origin; **M3**= Medicago Sativa L.cv. **AC Caribou** of Canada origin; **M4**= Medicago Sativa L.cv. **Victoria** of American origin; **M5** =Medicago Sativa L.cv. **CWNo.787** of American origin; **H1**= **Tall Fescue**; **H2**= **Kentucky Bluegrass**; Means are shown ±standard error of the mean (SE)(n=3).[a] within a column and [A] within a row， respectively， numbers with the same letter are not significantly different based on LSD test from one-way analysis of variance (P≤0.05).

2.4　相对饲喂值（RFV）与饲料分级指数（GI）

相对饲喂值（RFV）是一种用于比较测定苜蓿干草或青贮苜蓿质量的指数，常常将全花期苜蓿干草的 RFV 值设定为 100%。RFV 是由苜蓿干草或青贮苜蓿的酸洗纤维和中洗纤维计算而得。苜蓿干草、青贮苜蓿的粗蛋白含量并不反映在相对饲喂值中。在同类的干草中，RFV 越大，饲草的质量越好。苜蓿通常含有较少的纤维，因此苜蓿干草比相同成熟阶段的禾本科干草具有较高的相对饲喂值。RFV 是纤维素含量的一个反应指标，粗蛋白则是含氮量的一个反应指标，在决定为奶牛买哪一种苜蓿干草、

青贮苜蓿时，蛋白含量的重要性对纤维含量来说仅次于第二位。在评价青贮苜蓿或者苜蓿干草时，相对饲料值越高，苜蓿干草、青贮苜蓿的质量越好。目前国际优质苜蓿的质量标准要求相对饲喂价值高于 150。

RFV 计算公式为：RFV=DMI(%BW)×DDM(%DM)/1.29[8]

其中：DMI 为粗饲料干物质随意采食量，单位为%BW；DDM 为可消化干物质，单位为%DM。

1.29 是基于大量动物试验数据所预测的盛花期苜蓿 DDM 的采食量，单位为%BW；除以 1.29，目的是使盛花期的苜蓿 RFV 值为 100，BW 为奶牛体重，DW 为干物质。DMI 的预测模型为：DMI(%BW)=120/NDF(%DM)；DDM 的预测模型为：DDM(%DM)=88.9-0.779ADF(%DM)

RFV 值越大，表明饲料的营养价值越高。RFV 的优点是其参数预测模型是一种比较简单实用的经济模型，只需在实验室测定饲料的 NDF、ADF 和 DM 即可计算出某粗饲料的 RFV 值。RFV 目前仍在美国粗饲料的管理、生产、流通和交易等各个领域广泛使用，牧草种子生产者也使用 RFV 反映品种的改良进展。RFV 的缺点是只对粗饲料进行了简单的分级，没有考虑粗饲料中粗蛋白质含量的影响，无法利用其进行粗饲料的科学组合和合理搭配。

经分析，五种苜蓿与两种禾本科草不同组合不同比例下的 RFV 如表 2-4 所示。在混合比例为 1:0 仅有苜蓿时，RFV 含量按从高至低的顺序为 M1>M5>M2>M4>M3。混合比例为 0:1 仅有禾草时，RFV 的含量 H2>H1。M1H1 随着苜蓿含量的增多 RFV 逐渐升高。M2H1 在混合比例为 3:1 时的 RFV 值 175.01 低于 2.5:1 时的 RFV 值 193.07。M3H1 在混合比例为 2:1 时的 RFV 值 169.66，高于 2.5:1 与 3:1 时的 RFV 值。M4H1 在混合比例为 1.5:1 时的 RFV 值 165.29，高于 2:1 的 160.31。M5H1 在混合比例为 1.5:1 时的 RFV 值为 153.10，高于 2:1 时的 151.79。M1H2 在混合比例为 2:1 时的 RFV 值较高，为 186.17。M2H2 在混合比例 1:1 时的 RFV 值为 165.25，高于 1.5:1 及 2:1 的 RFV 值。M3H2 在混合比例 1.5:1 时的 RFV 值高于 2.5:1 时的 RFV 值，2:1 高于 3:1 时的 RFV 值。M4H2 在混合比例 1.5:1 时的 RFV 值高于 2:1 时的 RFV 值。M5H2 在混合比例 1:1 时的 RFV 值高于 1.5:1 时的 RFV 值，2.5:1 高于 3:1 时的 RFV 值。（见表 2-4）

混合比例 1:1 时，RFV 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例为 1.5:1 时，RFV 值最高的为 M4H2，最低的为 M2H2；混合比例 2:1 时，RFV 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例 2.5:1 时，RFV 值最高的为 M2H1，最低的为 M3H1；混合比例为 3:1 时，RFV 值最高的为 M2H2，最低的为 M5H2。（见表 2-4）

表 2-4　五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的 RFV

Tab.2-4 Relative feed value (RFV) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties respectively

Mixture	RFV						
	0:1	1:1	1.5:1	2:1	2.5:1	3:1	1:0
M1H1	118.92	165.58	168.09	172.78	174.24	178.32	214.40
M2H1	118.92	163.22	166.28	170.13	193.07	175.01	198.16
M3H1	118.92	145.22	157.00	169.66	153.43	166.81	188.69
M4H1	118.92	149.34	165.29	160.31	170.09	180.92	195.75
M5H1	118.92	143.82	153.10	151.79	162.90	169.19	199.09
M1H2	129.29	173.88	175.79	186.17	184.09	182.11	214.40
M2H2	129.29	165.25	149.17	156.26	183.33	192.53	198.16
M3H2	129.29	145.06	160.56	165.25	159.18	164.91	188.69
M4H2	129.29	157.02	176.40	166.49	177.55	177.54	195.75
M5H2	129.29	158.92	153.48	161.21	165.14	160.71	199.09

卢德勋（2001）在继承 RFV 基础上，提出了粗饲料评定指数 GI[9]。GI 的特点是综合了影响粗饲料品质的蛋白质和难以消化的纤维物质两大主要指标及其有效能(在绵羊和育肥牛为 ME，奶牛为 NEL)，并引入动物对该种粗饲料的 DMI，克服了现行粗饲料评定指标的单一性和脱离动物反应的片面性，全面、准确地反映粗饲料的实际饲用价值。

GI(Mcal)=ME(Mcal/kg)×DMI(kg/d)×CP(%DM)/ NDF(或 ADL)(%DM)

其中，GI 为粗饲料分级指数，单位为 Mcal；ME 为粗饲料代谢能，单位为 Mcal/kg；ME 的估测模型（张吉鹃，2004）为 ME=4.2014+0.0236ADF+0.1794CP。DMI 为粗饲料干物质随意采食量，单位为 kg/d；CP(%DM)为粗蛋白质占干物质的百分比；NDF(%DM)为中性洗涤纤维占干物质的百分比；ADL(%DM)为酸性洗涤木质素占干物质的百分比。通常认为 GI>15Mcal 为优质牧草。

五种苜蓿与两种禾本科草不同组合不同比例下的 GI 值如表 2-5 所示。经分析，在混合比例为 1:0 仅有苜蓿时，GI 含量按从高至低的顺序为 M1>M2>M4>M5>M3。混合比例为 0:1 仅有禾草时，GI 的含量 H1>H2。M1H1 随着苜蓿含量的增多 GI 值逐渐升高。M2H1 在混合比例为 3:1 时的 GI 值 15.27 低于 2.5:1 时的 GI 值 16.50。M3H1 在混合比例为 2:1 时的 GI 值 13.10，高于 2.5:1 与 3:1 时的 GI 值。M4H1 在混合比例为 1.5:1 时的 GI 值 13.10，高于 2:1 的 11.83。M5H1 随着苜蓿含量的最多 GI 值逐渐升高。M1H2 在混合比例为 2:1 时的 GI 值较高，为 17.72。M2H2 在混合比例 1:1 时的 GI 值为 11.28，高于 1.5:1 及 2:1 的 GI 值。M3H2 在混合比例 1.5:1 时的 GI 值高于 2.5:1 时的 GI 值，2:1 高于 3:1 时的 GI 值。M4H2 在混合比例 1.5:1 时的 GI 值高于 2:1 时的 GI 值。M5H2 在混合比例 2.5:1 时的 GI 值高于 3:1 时的 GI 值。（见表 2-5）

混合比例 1:1 时，GI 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例为 1.5:1 时，GI 值最高的为

M4H2，最低的为 M2H2；混合比例 2:1 时，GI 值最高的为 M1H2，最低的为 M5H1；混合比例 2.5:1 时，GI 值最高的为 M4H2，最低的为 M3H1；混合比例为 3:1 时，GI 值最高的为 M2H2，最低的为 M5H2。（见表 2-5）

表 2-5　五种苜蓿与两种禾本科草在不同干重混合比例下的 GI 含量

Tab.4-5 Content of grading index(GI) on a dry weight basis in a mixture of five alfalfa varieties and two grass varieties

Mixture	GI(Mcal)						
	0:1	1:1	1.5:1	2:1	2.5:1	3:1	1:0
M1H1	5.88	11.69	12.70	14.57	15.01	15.73	28.43
M2H1	5.88	11.63	12.16	12.71	16.50	15.27	22.29
M3H1	5.88	8.40	10.51	13.10	11.28	12.72	19.12
M4H1	5.88	8.84	13.10	11.83	14.14	16.12	22.20
M5H1	5.88	8.24	10.40	10.46	13.05	13.49	21.28
M1H2	3.92	14.33	15.11	17.72	17.02	16.43	28.43
M2H2	3.92	11.28	9.45	10.99	15.45	19.43	22.29
M3H2	3.92	8.65	11.83	11.81	11.67	12.19	19.12
M4H2	3.92	10.41	15.36	14.04	16.55	16.37	22.20
M5H2	3.92	11.50	11.63	12.97	13.05	12.28	21.28

3　讨论与结论

要获得混合草颗粒，必须根据苜蓿与草坪草刈割的时间确定。刈割获得的鲜草需要制作为草颗粒的苜蓿量要及时进行烘干处理，其它可以进行青贮或其它处理。运动场修剪下的草屑也需及时进行烘干处理。由于苜蓿与草坪草的健康生长都需要施用一些常规的肥料，农药的残留有可能对草产品的品质产生影响，尤其是对草坪草而言，在尽量减少农药肥料的前提下，还需进行农药残留分析来确定草屑的品质是否达标 [10-11] 。

苜蓿收获的最佳时期是现蕾期至初花期。根据苜蓿的生长规律和生长周期，入冬前苜蓿根部会贮存大量的碳水化合物，正是这些碳水化合物才成为苜蓿越冬和春天返青再生长或刈割后再生长的能量来源，这些能量可以维持到植株再生到株高的 15—20 厘米。在 15—20 厘米的株高时，苜蓿会利用地上植株的光合作用将合成的碳水化合物输送到根部进行存储，到了开花初期达到最大值。此时刈割，地上部分营养价值较好，产量也高，而且根部贮存的能量为苜蓿的再生提供能量保证，也能保证下一茬草的良好生长和产量。结合对内蒙古紫花苜蓿的实地调查，紫花苜蓿在每年的四月中旬返青，六月初第一茬刈割，七月中旬第二茬刈割，八月底第三茬刈割。干草调制后必须进行打捆贮藏，这样可以最大限度的减少营养物质的损耗及浪费[10,12]。运动场的草坪大多选用多年生禾草，草坪草的特点是植株细小、草种单一、群落致密，需要经常修剪，修剪草坪要遵守 1/3 原则[13]，修剪后草屑应根据不同

草种进行分类收集。

目前国际优质苜蓿草的质量标准是，粗蛋白高于 18%，酸性洗涤纤维低于 30%，中性洗涤纤维低于 40%，相对饲用价值高于 150。苜蓿是优质的粗饲料，营养价值全面，禾本科草坪草与苜蓿进行混合制粒可以改善奶牛瘤胃内的发酵环境，大大提高禾本科草的消化率和利用率，另外也可以减缓苜蓿饲料的市场紧缺的现状。

NDF 含量反映了饲草潜在的采食量，饲草料中的 NDF 可以用来确定采食量的高低，采用 NDF 含量较高的饲草料时，瘤胃的充满程度直接限制采食量，反之，可以提高采食量。ADF 含量反映了奶牛能够从饲草中获得的能量数量和消化率。随着纤维含量（ADF 和 NDF）的增加，消化率、能量含量和潜在的饲草采食量减少，这些变化最终影响了生产性能和牛奶单产；奶牛日粮的粗蛋白含量是影响奶牛产奶量的重要因素。高产奶牛日粮的中性洗涤纤维需要量通常是一个范围，过高则会因为肠道的填充作用而影响干物质采食量，降低产奶净能和粗蛋白的摄入量，进而降低产奶量；过低则不能维持奶牛正常的咀嚼和反刍活动，有可能导致瘤胃慢性中毒等代谢疾病，也可能降低乳脂率。

本研究中，在特定的组合或混合比例下，禾本科草并不是仅发挥辅助作用，在某些禾本科草含量相对多的情况下，营养价值反而更高，这可能与干草的粉碎及处理有关系。另外，饲料的适口性受多个因素的影响和限制，包括饲草料自身的特性、试验动物的个体差异和环境因素，而采食量决定维持动物的健康和生产需要的养分的数量[14]。

总的来说，不同组合不同比例的牧草与草坪草草屑干草混合可以适应不同的市场需要，营养价值高、性能好的混合草产品在牲畜饲料中可广泛推广运用。这种新型草产品，显然是一种创新产品，在国内，尚未有相关研究报道。

参考文献（略）

苜蓿青贮部分替代玉米青贮对泌乳奶牛生产性能的影响

李志强[1]，李长才[1]，玉　柱[1]，刘忠宽[2]

（1.中国农业大学草地研究所，北京 100193；2.河北省农林科学院农业资源环境研究所，石家庄 050051）

摘　要　24 头 2～4 胎次的荷斯坦奶牛随机分为三组，各组产奶量(30.0±0.5kg)、体重(600±36kg)、胎次(3.2±0.3)、泌乳天数(102±13d)差异不显著（P>0.05）。奶牛日粮中苜蓿青贮替代玉米青贮的量分别为 0kg(对照)、4kg 和 8kg 鲜重，相应日粮干物质(DM)中粗蛋白含量分别为 17.45%、17.73%和 18.01%。结果表明，苜蓿青贮部分替代玉米青贮，可以极显著提高干物质采食量（DMI）、产奶量、4%标准乳产量、乳蛋白率、乳蛋白产量、乳脂产量（P<0.01）。苜蓿青贮部分替代玉米青贮对于乳脂率和饲料转化率没有显著的影响（P>0.05）。在奶牛日粮中使用苜蓿青贮替代玉米青贮，可以提高经济效益，与对照组相比，8kg 组纯增效益最高。

关键词　苜蓿青贮；玉米青贮；泌乳奶牛

Effect of Partial Replacement of Corn Silage with Alfalfa Silage on Production Performance of Lactating Dairy Cows

Li Zhiqiang[1], Li Changcai[1], Yu Zhu[1], Liu Zhongkuan[2]

([1] Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing,100193; [2] Institute of Agricultural Resource and Environment Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang, 050051)

Abstract: 24 multiparous, lactating Holstein cows were assigned to 3 groups according to milk yield(30.0±0.5kg),body weight(600±36kg), parity(3.2±0.3) and days in milk(DIM)(102±13 d)with a randomized design. No difference was existed among groups. The amount of the replacement of corn silage with alfalfa silage in these diets was 0(control), 4, 8kg respectively, corresponding crude protein (CP) concentration was 17.45%, 17.73%, 18.01%.The results were as follows : As the replacement of corn silage with alfalfa silage in diet increased, DMI, milk yield, 4%FCM yield, milk protein percentage, milk protein yield and milk fat yield were significantly increased(P <0.01). No change was found in milk fat percentage, feed conversion ratio（P>0.05）. The replacement of corn silage with alfalfa silage in the dairy cows diet increased economic income. Compared with control, using 8kg alfalfa silage in diet could achieve the greatest profit.

Keywords: Alfalfa silage, Corn silage, Lactating dairy cow

据中国海关数据统计，2014 年中国进口苜蓿干草总计 88.40 万吨，连续两年排名世界第一，同比增 16.99%；进口金额总计 34232.07 万美元，同比增 21.99%，全年平均到岸价为 387.24 美元/吨。苜蓿干草开始出现在越来越多奶牛的日粮中，中国奶业因此得到了快速发展。在苜蓿干草进口继续攀升的同时，国产苜蓿干草由于地域和气候限制、机械化程度高、制作复杂等原因，质低、量少，不能满足奶牛需要。与苜蓿干草相比，苜蓿青贮适宜地域广、制作方便。在广大非干草生产区推广苜蓿青贮（Alfalfa Silage, AS）的制作，并将苜蓿青贮添加到奶牛日粮中，可以推动国内苜蓿产业的发展，减少对进口苜蓿干草的依赖。本实验通过苜蓿青贮部分替代玉米青贮，研究其对泌乳奶牛生产性能的影响，为苜蓿青贮应用于奶牛日粮配方提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与试验期

试验于 2014 年 11 月至 2015 年 2 月在河北省承德市丰宁满族自治县五道营乡京北缘天然农牧有限责任公司第一牧场进行。试验共进行 11 周，其中预试期 3 周，正试期 8 周。

1.2 试验设计

从 1000 头泌乳牛中选取试验前日产奶量 30.0kg(±0.5)、胎次 2～4 胎(3.2±0.3)、泌乳天数 102d(±13)、体重平均为 600kg 的 24 头健康荷斯坦泌乳牛。采用完全随机设计，试验分为 3 个组，每组 8 头牛，组间试验前日产奶量、体重、胎次、泌乳天数差异不显著(P >0.05)。

采用 2014 年 7 月制作的裹包苜蓿青贮，对照组日粮中不包括苜蓿青贮，两个试验组苜蓿青贮的添加量分别为 4kg、8kg 鲜重，即 0AS 组（对照组）、4AS 组、8AS 组，苜蓿青贮与玉米青贮的干物质总和保持不变，其它组分相同。饲料原料的营养成分以及配合后的三组日粮配方见表 1 与表 2.

表 1 饲料原料的营养成分含量

Table 1 Nutrient composition of feed

	DM（%）	CP（%DM）	NDF（%DM）	ADF（%DM）	钙（%DM）	磷（%DM）
艾福斯 90 精料	88.45	20.80	22.85	9.26	1.70	0.63
乐福 1918 精料	88.60	22.80	30.00	11.36	1.99	0.42
羊草	90.00	7.58	46.16	37.22	0.92	0.20
酒糟	24.09	26.31	56.26	20.65	0.57	0.31
玉米青贮	20.62	10.24	63.32	33.31	0.95	0.18
苜蓿青贮	30.34	14.90	51.53	33.66	3.05	0.36

表 2　日粮配方及营养成分含量

Table 2　Diet formulation and nutrient composition

	0AS	4AS	8AS
艾福斯 90 精料（%DM）	6.7	6.7	6.7
乐福 1918 精料（%DM）	51.0	51.0	51.0
羊草（%DM）	18.0	18.0	18.0
酒糟（%DM）	3.6	3.6	3.6
玉米青贮（%DM）	20.7	14.7	8.7
苜蓿青贮（%DM）	0	6.0	12.0
营养成分含量：			
NE_L（MJ/kgDM)	7.33	7.23	7.13
CP（%DM）	17.45	17.73	18.01
NDF（%DM）	40.27	39.56	38.86
ADF(%DM)	20.75	20.77	20.79
Ca (%DM)	1.51	1.63	1.76
P (%DM)	0.34	0.35	0.36

1.3　试验奶牛管理

三组试验牛的日粮均按日粮配方配制成 TMR 后每日由饲养员进行单独饲喂。每头牛配置一个直径 60cm、高 50cm 的圆柱形饲槽，以便测定剩料并计算干物质采食量。试验牛群自由采食，每日两次投放 TMR，投喂时间为上午七点至十点以及下午四点到晚上九点。试验牛自由饮水，每天两次机械挤奶，时间为凌晨三点半和下午三点半。

1.4　试验数据测定

干物质采食量(DMI)每周测 1 次，逐头测定剩料量并用铝盒采样在 105℃下烘干 3h 测定干物质含量，然后计算剩料干物质量及奶牛干物质采食量。产奶量每周测 1 次，用乳量仪分早、晚 2 次逐头测定。乳成分每 1 周测 1 次，每头奶牛采样 50ml，分早、晚 2 次各采取 25ml，混合后在缘天然乳业公司测定乳脂率、乳蛋白率。

1.5　日粮成本和经济效益计算

根据日粮成分价格及奶牛 DMI 计算日粮成本。牛奶价格采用农业部定点监测价格，不考虑乳成分变化对奶价的影响。经济效益即为牛奶收入与日粮成本之差。

1.6　统计分析

用 excel2007 进行单因素方差分析。

2　结果与分析

2.1　日粮不同水平的苜蓿青贮对奶牛干物质采食量的影响

干物质采食量（DMI）是保证奶牛正常生理代谢以及泌乳的关键，DMI 直接决定了产奶量。影响奶牛 DMI 的因素很多，不仅包括饲料的物理和化学因素，也包括奶牛的自身生理因素等，日粮中的 NDF 和 CP 影响 DMI。根据瘤-网胃物理充满程度理论，消化率较低的饲料成为 DMI 木桶效应里的短板，其原因是这些低消化率的饲料在瘤胃里的降解速度较慢。饲料中 NDF 组分的降解速度通常较慢，所以被认为是与瘤胃充满程度效应相关的主要饲料成分因子。Mertens 认为，饲料中中性洗涤纤维（NDF）的含量影响 DMI 的上限与下限[1]。随着苜蓿青贮替代玉米青贮比例的增加，日粮中的 NDF 含量逐渐下降，0AS、4AS、8AS 三组日粮的 NDF 含量分别是 40.27%、39.56%、38.86%，干物质采食量增加。这种变化趋势与 Allen 研究的结果相一致[2]。0AS、4AS、8AS 三组的粗蛋白分别为 17.45%、17.73%、18.01%，随着粗蛋白含量增加，干物质采食量增加，这与 Roffler 等的研究结果一致[3]。实验期间 0AS、4AS、8AS 三组的平均干物质采食量分别为：20.62kg/d、21.31kg/d、22.08kg/d，组间达到了差异极显著（P<0.01），表明在苜蓿青贮替代玉米青贮能提高奶牛 DMI (表 3)

表 3　日粮不同水平的苜蓿青贮对干物质采食量的影响　　kg

Table3 The effect of different levels of alfalfa silage on DMI　　kg

泌乳周数	0AS	4AS	8AS
14	21.62	22.82	22.57
15	20.49	20.78	21.97
16	22.10	20.90	22.84
17	20.40	21.97	22.21
18	19.44	21.63	22.77
19	19.68	19.80	20.36
20	20.56	21.50	21.48
21	20.69	21.07	22.40
平均值	20.62 ± 0.89^{Bb}	21.31 ± 0.90^{ABab}	22.08 ± 0.82^{Aa}

注：同行肩标不同大写字母者差异极显著（P<0.01），标不同小写字母者差异显著（P<0.05）。

Note: The means in the row with different capital letter (small letter) indicate significant difference at 0.01(0.05) level.

2.2　日粮不同水平的苜蓿青贮对奶牛产奶量的影响

0AS、4AS、8AS 三组奶牛的产奶量均呈现下降趋势(表 4)，符合 NRC(2001)的奶牛泌乳曲线。三组试验牛试验前的平均泌乳期为 14 周，均过了泌乳高峰期，奶牛的产奶量将成下降趋势，这是由奶牛特殊的生理造成的。与对照组相比，随着苜蓿青贮替代玉米青贮量的增加，DMI 呈现上升趋势，相应的产奶量也呈现出相类似的上升趋势，这表明 DMI 增加，会增加产奶量，这与 NRC(2001)的研究相一致。随着日粮粗蛋白含量增加，DMI 增加，产奶量呈现了增加趋势，这与 Roffler 等[3]和李志强等[4]研究结果一致。实验期间 0AS、4AS、8AS 三组奶牛的平均产奶量分别为：26.73kg/d、28.06kg/d、28.84kg/d，组间达到了差异极显著（P<0.01），表明在苜蓿青贮替代玉米青贮能提高奶牛牛奶产量(表 4)。

表 4　日粮不同水平的苜蓿青贮对产奶量的影响　kg/d

Table4 The effect of different levels of alfalfa silage on milk yield　kg/d

泌乳周数	0AS	4AS	8AS
14	27.78	30.35	30.08
15	26.40	29.30	29.96
16	26.83	28.05	28.76
17	25.90	27.25	29.56
18	27.35	26.55	28.24
19	26.95	28.10	27.52
20	26.90	27.50	28.56
21	25.75	27.40	28.00
平均值	26.73 ± 0.69^{Bb}	28.06 ± 1.22^{ABa}	28.84 ± 0.94^{Aa}

注：同行肩标不同大写字母者差异极显著（P<0.01），标不同小写字母者差异显著（P<0.05）。

Note: The means in the row with different capital letter (small letter) indicate significant difference at 0.01(0.05) level.

2.3　日粮不同水平的苜蓿青贮对乳脂率和乳蛋白率的影响

牛奶中的乳脂约有一半来自于饲料中的经降解后的脂肪，另一半来自于饲料在瘤胃中发酵后的主要产物乙酸，乙酸能被奶牛的乳腺吸收后用于合成乳脂。Romo 等[5]研究表明随着日粮中 NDF 含量的增加乳脂率得到提高。通常玉米青贮的 NDF 含量高于苜蓿青贮（DM 基础），Groff 和 Wu[6]研究却表明，随着玉米青贮替代苜蓿青贮的比例提高，乳脂率变化不明显，本文得出了与之相似的研究结果（表 5）。

乳蛋白率也是衡量乳质的重要指标，乳蛋白受日粮组成影响。实验结果表明，日粮中乳蛋白率变化与日粮中粗蛋白含量变化一致，乳蛋白率以乳蛋白量均随着日粮中粗蛋白水平的提高而增加，这与 Metcalf 等[7]和 Burke 等[8]的研究结果一致。三组乳蛋白率存在着极显著差异（P<0.01），这与 Broderick[9]的研究一致，苜蓿青贮替代玉米青贮能显著提高乳蛋白率。

表 5　日粮不同水平的苜蓿青贮对乳脂率和乳蛋白率的影响

Table1 The effect of different levels of alfalfa silage on milk fat and protein percentage

	0AS	4AS	8AS
乳脂率（%）	4.14 ± 0.10^{a}	4.11 ± 0.12^{a}	4.09 ± 0.18^{a}
4 %标准乳 (kg/d)	27.29 ± 1.00^{Bb}	28.50 ± 1.00^{ABa}	29.20 ± 0.74^{Aa}
乳脂量（g/d）	1107.45 ± 49.93^{Bb}	1151.89 ± 39.02^{ABab}	1177.70 ± 39.42^{Aa}
乳蛋白率（%）	3.12 ± 0.03^{Bb}	3.23 ± 0.05^{Aa}	3.27 ± 0.09^{Aa}
乳蛋白量（g/d）	833.66 ± 23.34^{Bc}	907.01 ± 28.33^{Ab}	943.52 ± 24.12^{Aa}

注：同行肩标不同大写字母者差异极显著（P<0.01），标不同小写字母者差异显著（P<0.05）。

Note: The means in the row with different capital letter (small letter) indicate significant difference at 0.01(0.05) level.

2.4　日粮不同水平的苜蓿青贮对奶牛生产效率的影响

奶牛生产效率指标包括饲料转化效率、日粮 CP 转化效率等。饲料转化效率指的是奶牛每采食 1kg 日粮干物质所产生的 4%FCM 的量。三组奶牛的饲料转化效率分别为 1.33、1.34、1.32，组间没有显著差异。

三组奶牛的日粮 CP 转化效率分别为 23.18%、23.99%、23.72%，呈现出先上升再下降的趋势，这与日粮中 CP 的增加的趋势不一致，与李志强等[4]和 Wu 等[10]研究结果不一致。在一定的产奶量范围内，产奶量的提高通常伴随着日粮 CP 转化效率的提高，但产奶量再提高，日粮 CP 转化效率往往出现一定程度的下降，主要原因是 NRC（2001）指出日粮 CP 含量与产奶量之间存在二次曲线正相关关系，而不是线性正相关。

2.5　日粮不同水平的苜蓿青贮对日粮成本和经济效益的影响

艾福斯 90、乐福 1918、羊草、酒糟、玉米青贮以及苜蓿青贮的价格分别为 3.82、3.02、1.10、0.70、0.49、0.70 元/kg，换算为干物质，每公斤干物质分别 4.31、3.41、1.22、2.70、2.38、2.31 元。计算得到 0AS、4AS、8AS 组奶牛日粮每公斤干物质的价格分别为 2.84、2.83、2.83 元。牛奶价格采用的是根据农业部定点监测，2015 年 2 月份第 4 周（采集日为 2 月 25 日）内蒙古、河北等 10 个奶牛主产省（区）生鲜乳平均价格 3.43 元/公斤。根据上述数据计算不同日粮对奶牛日粮成本和经济效益的影响见表 6。

在不考虑乳蛋白率升高对奶价影响的前提下，4AS 和 8AS 组每天分别比 0AS 组增加了 2.82、3.31 元的经济效益（表 6）。考虑到 4AS 和 8AS 组的乳蛋白率与 0AS 组差异极显著（P<0.01），按照“按质论价”原则，对于高乳蛋白率的牛奶通常给予较高的收购价格，因此高乳蛋白率的 4AS 组与 8AS 组获得的潜在经济效益将会更高。

表 6　日粮不同水平的苜蓿青贮对日粮成本和经济效益的影响

Table 6 The effect of different levels of alfalfa silage on diet cost and profit

	0AS	4AS	8AS
日粮成本（元/日）	58.56	60.31	62.49
牛奶收入（元/日）	91.68	96.25	98.92
经济效益（元/日）	33.12	35.94	36.43
纯增效益（元/日）	0	2.82	3.31

3　结论

苜蓿青贮部分替代玉米青贮，可以显著提高干物质采食量、产奶量、乳蛋白率，对乳脂率和饲料转化效率没有显著影响。苜蓿青贮部分替代玉米青贮，可以增加经济效益，8kg 苜蓿青贮组的纯增效益最大。

参考文献（略）

苜蓿皂苷对 BRL 细胞胆固醇转运和分泌关键基因表达的影响

刘伯帅，张冬强，朱晓艳，袁德地，陈言言，王成章，史莹华

（河南农业大学牧医工程学院，河南郑州 450002）

摘　要　为了探讨苜蓿皂苷对胆固醇转运和分泌的影响，本试验采用 qRT-PCR 的方法测定了大鼠 BRL 肝细胞中低密度脂蛋白受体(LDLR)和三磷酸腺苷结合盒转运体(ABCG5/8) mRNA 的表达情况，进而分析苜蓿皂苷对胆固醇代谢的影响。方法：采用 50%胎牛血清诱导 BRL 细胞，建立脂变细胞模型。将正常和脂变 BRL 细胞分为 4 组：正常对照组，苜蓿皂苷组，脂变模型组，脂变皂苷组。运用 qRT-PCR 检测 BRL 细胞内 LDLR 和 ABCG5/8 mRNA 的表达情况。结果表明：加入苜蓿皂苷后，正常 BRL 细胞 LDLR 和 ABCG5/8 mRNA 表达量上升，而苜蓿皂苷对脂变 BRL 细胞各基因的影响不大。

关键词　苜蓿皂苷；BRL 肝细胞；基因表达；影响

Effects of Alfalfa Saponins on Cholesterol Transport and Secretion of Key Gene Expression in BRL Cells

Liu Bo-shuai，Zhang Dong-qiang，Zhu Xiao-yan，Yuan De-di，
Chen Yan-yan，Wang Cheng-zhang，ShiYing-hua

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou, 450002)

Abstract: In order to study the effects of alfalfa saponins (AS) on cholesterol metabolism, the mRNA expression of LDLR and ABCG5/8 that involved in cholesterol metabolism were detected in BRL cells using real-time quantitative RT-PCR (qRT-PCR). Methods: Using 50% FBS to induce BRL cells to establish hyperlipidemic cell model. The normal and hyperlipidemic BRL cells were divided into 4 groups: normal control group, alfalfa saponins group, hyperlipidemic model group and hyperlipidemia saponins group.The mRNA expression of ABCG5/8 and LDLR in BRL cells was detected by qRT-PCR. Results: AS significantly increased the mRNA expression of LDLR and ABCG5/ABCG8 in normal BRL cells, whileas AS had no effects on these genes in hyperlipidemic BRL cells.

Keywords: Alfalfa saponins; BRL cells; Gene expression; Cholesterol metabolism

随着社会现代化的发展，人们的生活质量得到不断的提高，但是也带来了不利的影响。血脂异常，尤其是饮食中胆固醇水平的升高是导致动脉粥样硬化和冠状动脉心脏疾病发生的主要因素。据统计，全世界大约每年有 1000 多万人由于患有高血脂症而死亡。我国大约有 9000 万人患有高血脂病，而且

随着人们生活水平的不断提高，高血脂人群也在不断的增多，并有年轻化的趋势。先前许多大规模临床试验证实，胆固醇水平的降低能够显著改善心血管疾病患者的心肌缺血症状、缓解心绞痛、改善心脏功能，从而减少心血管事件的发生。中草药和植物提取物在降血脂方面的应用历史悠久、资源丰富、效果明显、且副作用较小，长期服用耐受性好，具有得天独厚的优势。植物提取物具有来源广泛、毒副作用小、降脂作用明显等优点，因此成为近年来降脂药物研究开发的重点和热点。大量研究表明，植物中的活性物质，如皂苷类、甾醇类、酮类、生物碱类、萜类等，都具有降低机体胆固醇的作用。其中皂苷类物质的降脂效果最明显，也最受关注。苜蓿皂苷是从紫花苜蓿中提取的具有独特生物学活性的物质，是由糖中羟基或非糖类化合物的羟基以缩醛链脱水缩合而成的环状缩醛链物，其结构为五环三萜烯类化合物。大量的试验研究证明，苜蓿皂苷能够降低动物体内胆固醇的含量，良好的抗动脉粥样硬化的作用使其成为降低胆固醇药物和绿色饲料添加剂的理想原料。本课题组的前期试验表明，苜蓿皂苷具有降低大鼠体内胆固醇含量的作用，并且是通过调控胆固醇代谢相关基因的表达来实现的。为了进一步研究苜蓿皂苷对胆固醇转运和分泌的影响，本试验在细胞水平上初步探讨了其调控胆固醇代谢的机理，为其在安全、绿色、健康畜产品生产中的广泛应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用苜蓿皂苷由河北省沧州市宝恩生物科技有限公司提供。由苜蓿草粉经醇提法与大孔树脂柱分离纯化得到。经薄层层析法检测其主要成分为苜蓿皂苷，经紫外分光光度法检测其中总皂苷含量为51%。大鼠 BRL 肝细胞购于中国科学院上海生科院细胞资源中心。

1.2 细胞计数

（1）制备浓度适中的细胞悬液

（2）将计数板及盖片擦拭干净，并在计数板上盖好盖片。

（3）吸出 15 μl 细胞悬液，沿着盖片边缘缓慢滴加，直至悬液充满盖片和计数板之间，静置 3 min 左右，注意盖片下不要有气泡，也不能让悬液流入旁边槽中。

（4）数计数板四大格中的所有细胞，压线细胞只计左侧和上方的，避免重复计数。 镜下两个或细胞团按单个细胞计数，若细胞团 10% 以上，说明分散不好，需重新制备细胞悬液。

（5）细胞数/mL=四大格细胞总数/4×10^4

1.3 BRL 细胞的培养

将 BRL 细胞接种于 25 cm 培养瓶中，加入含 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，铺满瓶底即可，置于 37 ℃，5% CO_2 培养箱中培养。每两天更换一次新鲜培养液，定期将培养瓶置于显微镜下观察，当细胞生长至瓶底 70%左右时即可传代或冻存。

（1）脂变 BRL 细胞模型的建立

BRL 细胞接种于 50 mL 的细胞培养瓶中，10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，于 37 ºC，5% 二氧化碳培养箱中培养，待细胞贴壁长满瓶底，胰酶消化，计数后传代。接种于 6 孔板中，每孔接种约 1.5×10^5 个细胞，待细胞长满 80%后，更换新鲜培养基，在培养基中加入 50% 胎牛血清，继续培养

24-48 h 至出现细胞内脂滴或泡沫样物沉积，即制成脂变肝细胞模型。将所得细胞改置于含 0.1% 胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中，使其静止 24 h 后，再做相应的处理。

（2）实验分组：

细胞用六孔板培养，实验分为为 4 个组，每组六个重复，具体分组情况如下：

正常对照组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液，培养 24 h 后换液，培养 48 h 后，置于 0.1% 胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h。

苜蓿皂苷组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的 DMEM 高糖培液，培养 24 h 后换液，培养 48 h 后，置于 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的 300 μg/ml(终浓度为 100 μg/ml) 苜蓿皂苷溶解液，培养 24 h。

脂变模型组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，培养 24 h 后成 50%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液培养 48 h 后、置于 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的培养基培养 24 h。

脂变皂苷组：六孔板每孔添加 2.9 ml 10%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液，培养 24 h 后成 50%胎牛血清的高糖 DMEM 培养液培养 48 h 后、置于 0.1%胎牛血清的 DMEM 高糖培养液中静止 24 h，加入 100 μl 的 300 μg/ml(终浓度为 100 μg/ml)苜蓿皂苷溶解液，培养 24 h。

1.4 MTT 法测定苜蓿皂苷对 BRL 细胞活性的影响

（1）胰酶消化对数期细胞，终止消化后离心收集，制成细胞悬液，细胞计数调整其浓度至 2×10^4 个/ml。

（2）将细胞悬液制备好后，轻轻混匀，96 孔板每孔加入 100 μl，这样待测细胞的密度为 2000 个/孔(边缘孔用无菌 PBS 填充)。每加 6 个孔混匀一次，以确保接种的细胞密度在各孔之间完全相同。

（3）将接种好的细胞培养板放入培养箱中培养，培养 24 h 后添加苜蓿皂苷 50 μl，4 个梯度， 终浓度分别为 50、100、200、250 μg/μl，设 6 个复孔.

（4）5% CO_2，37 ℃ 孵育 24 小时，倒置显微镜下观察药物的作用效果。

（5）每孔加入 10 μl MTT 溶液 (5 mg/ml，即 0.5% MTT)，继续培养 4 h。

（6）MTT 加入培养 4 h 后，3000 rpm 离心 5 min 后移液器将上清移走，注意不能把结晶移走。每孔加入 150 μl 二甲基亚砜，置摇床上低速振荡 10 min，使结晶物充分溶解。在酶标仪在 490 nm 波长处测量各孔的吸光值。

1.5 mRNA 相对表达量测定

1.5.1 细胞总 RNA 提取

（1）匀浆的制备：大鼠 BRL 肝细胞：吸去细胞培养皿中的上清，每 10 cm^2 培养皿面积加 1 ml Trizol，枪头上下吹打几次，转移到 EP 管中。

（2）室温下静置孵育 5 min，使组织或细胞完全溶解。

（3）加入 200 μl 三氯甲烷，盖好盖子。

（4）用手剧烈摇晃 15 s。

（5）4 ℃ 下，12000 g，离心 15 min，可见液体分为三层。

（6）45 度倾斜离心管，移液枪吸收上层水相 400 μl 左右，移入新的离心管中，操作过程中应避免碰到中间相与有机相。

（7）每 1 ml Trizol 加入 0.5 mL 异丙醇，轻轻翻转摇匀。

（8）室温下孵育 10 min。

（9） 4℃，12 000 g 离心 10 min。

（10）弃去上清液，只留下 RNA 沉淀。

（(11)每 1 ml Trizol 加入 1 ml 75%的乙醇，洗涤 RNA 沉淀。

（12）涡旋震荡数秒，4 ºC，7500 g 离心 5 min，弃去洗涤液。

（13）空气或真空干燥 5～10 min，干燥不要太彻底，以免 RNA 难以溶解。

（14）将其重新溶于 50 μl 不含 RNA 酶的水中，用枪头轻轻吹打，55ºC～60 ºC，10～15 min 使 RNA 完全溶解。

（15）RNA 保存于-80 ºC 冰箱，以备后续试验使用。

1.5.2 RNA 浓度的测定

采用 Thermo 微量紫外分光光度计 260 nm 处测定总 RNA 浓度，并记录 OD260/OD280 比值，结果在 1.8～2.0 之间的样本满足要求。

1.5.3 总 RNA 的质量检测

用英国 Syngene 公司电泳凝胶成像系统检测电泳结果。

1.5.4 RNA 反转录过程

采用大连宝生物工程公司提供的 Reverse Transcriptase M-MLV (Rnase H^-) 试剂盒

1.5.5 引物设计与合成

根据 Genebank 大鼠 GAPDH、ABCG5/ABCG8、LDLR DNA 序列运用 Primer 5.0 设计引物，本试验所设计的各种引物结果如下表：

表 1 荧光定量 PCR 引物

Table 1 Primers of real-time fluorescence quantitative PCR

基因名称	物种	基因库登记号	引物序列(5’-3’)	
GAPDH	大鼠	NC_005103.3	上游	ACATCAAGAAGGTGGTGAAGCAG
			下游	TCAAAGGTGGAAGAATGGGAGTT
ABCG5	大鼠	NC_005105.2	上游	GATTTCCAGTGGCGAGCG
		8027647..806442	下游	CGACCAAGAGGAGGACGAT
ABCG8	大鼠	NC_005105.2	上游	ATGAACTGGAGGACGGACT
		8064631..8083271	下游	CCATAGATGATGACATAGGCAC
LDLR	大鼠	NC_005107	上游	CTTGCCCTGATGGTATGC
			下游	AATGGTGGATGTCCCCTG

1.5.6 荧光定量 PCR

本试验采用 SYBR qPCR Mix 为荧光染料，经过摸索确定最佳反应体系如下：SYBR qPCR Mix 5 μl,DEPC 处理水 3.8 μl,模版量 1 μl ,上下游引物各 0.1 μl, 反应体系为 10μl。按照以下条件设定 RT-PCR 仪器，进行 PCR 反应：95 ºC 预变性 2 min ；95 ºC 变性 15 s，60 ºC 退火 20 s，72 ºC 延伸 30 s，此步骤 40 个循环；Melting Curves，20 ºC 保存 10min。根据本试验条件，采用 $2^{-\triangle\triangle Ct}$ 法对数据进行分析处理。

1.6 统计分析

试验数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析(One way ANOVA)，Duncan 氏法进行组间多重比较，以 $P < 0.05$ 表示差异显著，$P < 0.01$ 表示差异极显著，结果用“平均值±标准差”

2 结果与分析

2.1 苜蓿皂苷对 BRL 细胞活性的影响

由表 2 可知苜蓿皂苷添加终浓度为 50、100 μg/ml 时，BRL 细胞活性与对照组相比差异不大，而 200、250 μg/ml 时 BRL 肝细胞活性升高且差异极显著($P<0.01$)。

表 2 苜蓿皂苷对 BRL 细胞活性的影响

Table 2 Effects of alfalfa saponins on activity of BRL cells

苜蓿皂苷浓度(ug/ml) Concentration of alfalfa saponins (ug/ml)	BRL 细胞活性 BRL cells activity
0	0.57±0.03A
50	0.57±0.02A
100	0.62±0.08A
200	0.70±0.05B
250	0.74±0.03B

注：同列肩标大写字母不同表示差异极显著(P < 0.01)，同列肩标小写字母不同表示差异显著(P < 0.05)，下表同。

Note: within a column followed by different superscripts are different, a lower case letter means a significant difference (P < 0.05), a capital letter means a highly significant difference (P < 0.01), the same as in the following tables.

2.2 苜蓿皂苷对 BRL 细胞 LDLR 的影响

由表 3 可知：和正常对照组相比较，苜蓿皂苷组 LDLR 表达量提高了 3.35 倍且差异极显著($P<0.01$)，ABCG5 和 ABCG8 表达量升高，分别为对照组的 1.75、3.27 倍，且差异达到显著水平($P<0.05$)；脂变模型组 LDLR 表达量下降到 0.38 倍但差异不显著($P>0.05$)，脂变皂苷组 LDLR 表达量略有上升，但差异并不显著($P>0.05$)。脂变对照组和脂变皂苷组 ABCG5、 ABCG8 表达量均不显著($P>0.05$)，和脂变模型组相比较，脂变皂苷组 LDLR 的表达量有所上升但差异并不显著($P>0.05$)；ABCG5、ABCG8 的表达量均有不同程度的下降，但差异不显著($P>0.05$)。

表 3　苜蓿皂苷对 BRL 细胞 LDLR 的影响

Table 3 Effects of alfalfa saponins on mRNA expression of LDLR in BRL cells

组别 Group	低密度脂蛋白受体 LDLR
正常对照组 Normal control group	1.00±0.40A
苜蓿皂苷组 Alfalfa saponins group	3.35±0.43B
脂变模型组 Hyperlipidemic model group	0.38±0.12A
脂变皂苷组 Hyperlipidemia saponins group	1.11±0.20A

2.3　苜蓿皂苷对 BRL 细胞 ABCG5/8 的影响

表 4　苜蓿皂苷对 BRL 细胞 ABCG5/8 的影响

Table 4 Effects of alfalfa saponins on mRNA expression of ABCG5/8 in BRL cells

组别 Group	三磷酸腺苷结合盒转运体 G5 ABCG5	三磷酸腺苷结合盒运体 G8　ABCG8
正常对照组 Normal control group	1.00±0.21A	1.00±0.12A
苜蓿皂苷组 Alfalfa saponins group	1.75±0.17B	3.27±0.15B
脂变模型组 Hyperlipidemic model group	1.34±0.19AB	1.61±0.17AB
脂变皂苷组 Hyperlipidemia saponins group	0.74±0.10AB	1.27±0.10AB

3　讨论

3.1　苜蓿皂苷对 BRL 细胞活性的影响

苜蓿皂苷具有溶血作用，将皂苷水溶液注射入血液，低浓度时即可使红细胞破裂。一般认为溶血作用与皂苷和红细胞膜中胆固醇的相互作用有关。本试验用 MTT 法检测苜蓿皂苷对 BRL 大鼠肝细胞生长的影响，以确定苜蓿皂苷对这种细胞是否具有毒性，并确定细胞培养过程中苜蓿皂苷的添加量，为后续试验打下基础。试验结果表明，苜蓿皂苷浓度小于 100 μg/ml 时对 BRL 肝细胞的活性并无影响，故选取 100 μg/ml 作为细胞培养过程中苜蓿皂苷的添加量。

3.2　苜蓿皂苷对胆固醇转运和分泌的影响

LDLR 是位于细胞表面的跨膜受体，主要功能是参与 LDL 的代谢过程，血浆中 LDL 携带的胆固醇主要是通过肝细胞 LDLR 清除，LDLR 对 LDL 的吞噬与清除是 LDL 代谢过程中最关键的环节。LDLR 途径在降低血清胆固醇的含量，调节低密度脂蛋白代谢和保持血液中胆固醇正常浓度方面起着非常重要的作用。血清中近 2/3 的 LDL-C 是通过这一内吞途径清除的，LDL-C 被摄入量的多少取决于 LDLR

的数量和活性，因此 LDLR 对维持血浆中的 LDL-C 和胆固醇浓度发挥着重要作用。大量研究表明植物活性能够通过调节 LDLR 的表达来调控机体内胆固醇的含量。罗艳等(2005)研究表明姜黄素能够显著降低血液中胆固醇的含量，其机理可能为姜黄素显著增加 LDL 受体的数量和活性从而起到降胆固醇的作用。窦晓兵进一步研究了其机理，结果表明姜黄素可以通过激活 SRE.1 促进 LDLR 的表达或者是通过逆转受 Insig2 抑制的 SREBP 通路上调 LDLR 的表达。刘凯等研究了大槐合剂对实验大鼠脏器摄取 LDL 和胆固醇排泄的影响，结果表明大槐台剂可以显著增强脏器对 LDL 的摄取，有效促进胆固醇自体内的排出。本试验结果表明，和正常对照组相比，苜蓿皂苷组 LDLR mRNA 表达量极显著升高；脂变模型组添加皂苷后，LDLR mRNA 的表达量虽有上升但差异不显著。说明苜蓿皂苷可通过调控 LDLR 的表达来加速正常肝细胞内胆固醇的吞噬与清除。

ABCG5 和 ABCG8 是 ABC 超家族 G 亚家族的新成员，ABCG5/8 是胆固醇进入胆汁的关键蛋白。其表达量增加后肝脏胆固醇分泌增加，中性固醇排泄选择性增多以及胆固醇合成代偿性增加；阻断这对基因后血浆和肝脏胆固醇水平对于饮食胆固醇含量的应答明显增加。在肝内表达的 ABCG5/8 分子对胆汁胆固醇的分泌具有决定作用。Cong-Hong Yu 等研究发现，ABCG5/8 基因敲除的小鼠中，胆汁胆固醇分泌急剧减少。而在 ABCG5/8 转基因鼠中胆汁酸胆固醇明显增多，粪便中性胆固醇也明显增多。本试验结果显示，添加苜蓿皂苷后正常 BRL 细胞中 ABCG5/8mRNA 表达量显著上升，添加苜蓿皂苷对脂变模型组影响不大。说明苜蓿皂苷可通过调控 ABCG5/8 的表达来增加正常肝细胞内源性胆固醇的分泌，从而减少胆固醇的含量。袁德地等的研究表明苜蓿皂苷可显著影响高脂大鼠肝脏 ABCG5/8 的表达，推测苜蓿皂苷对高脂大鼠肝脏 ABCG5/8 的影响可能是代偿性的而非直接作用，具体的作用机制还需进一步研究。

4 结论

（1）添加苜蓿皂苷后正常 BRL 细胞中 LDLR、ABCG5/8 的表达量显著升高，说明苜蓿皂苷可通过加速胆固醇的转运和分泌来调控正常肝细胞内胆固醇的代谢。

（2）苜蓿皂苷对脂变 BRL 细胞内胆固醇的转运和分泌影响不大。

参考文献（略）

苜蓿青干草替代部分精料对奶牛生产性能及经济效益的影响

刘艳娜，史莹华，严学兵，王成章，梁明根，周　路

（河南农业大学，河南郑州 450002）

摘　要　本研究的目的在于探讨苜蓿青干草替代部分精料后对奶牛生产性能、牛奶品质和经济效益的影响，为在奶牛饲粮中合理利用苜蓿青干草和精料提供依据。选取体重、产奶量、胎次相近处于泌乳中期的中高产荷斯坦奶牛 24 头，随机分为 4 组。对照组日粮组成为全株玉米青贮料、花生秧和混合精料，精粗比为 52:48，试验 A、B、C 组分别用 3kg 苜蓿青干草替代 1.5kg、2kg、3kg 精料，饲养期 70d。结果表明：试验 A 组、B 组、C 组产奶量极显著高于对照组（P<0.01），试验 A 组显著高于 B 组、C 组（P<0.05），试验 B 组、C 组差异不显著（P>0.05）；试验 A 组、B 组、C 组的乳蛋白含量显著高于对照组（P<0.05），试验 B 组和 C 组显著高于 A 组（P<0.05）；试验组的乳脂率极显著（P<0.01）和乳糖、干物质显著（P<0.05）高于对照组，各试验组之间差异不显著（P>0.05）。试验 A 组、B 组干物质采食量显著高于对照组和 C 组（P<0.05），C 组与对照组差异不显著（P>0.05），A 组干物质采食量最高。试验组与对照组体细胞数差异不显著（P>0.05），但均较对照组低。试验 B 组、C 组的粗蛋白表观消化率显著(P<0.05)和中性洗涤纤维表观消化率极显著(P<0.01）高于对照组，试验 A 组与对照组差异均不显著（P>0.05）。试验 A 组的纯增收益最高，为 7.92 元/d。由以上结果可知，用苜蓿青干草替代适量的精料补充料可以提高奶牛的生产性能，改善乳品质，增加收益，其中用 3kg 苜蓿青干草替代 1.5kg 精料组效果最好。

关键词　奶牛；苜蓿青干草；经济效益；生产性能；节粮

Effect of Alfalfa Hay Substituting Part of the Concentrate on the Production of Cows and Economic Profit

LIU Yan-na,SHI Ying-hua，YAN Xue-bing，

WANG Cheng-zhang，　LIANG Ming-gen，ZHOU Lu

(Henan Agricultural University，Zhengzhou 450002，China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effect of alfalfa hay substituting part of the concentrate on production performance, milk quality of dairy cows and economic profit. Twenty-four multiparous Holstein Lactation cows in mid lactation were selected, which had the similar body weight and milk production. They were randomly divided into four groups. The control group diet included corn silage, peanut vine and concentrate, the test groups A、B and C were used 3kg of alfalfa hay substituting 1.5kg, 2kg

and 3kg concentrate ,respectively, for 70 days of the feeding trial. The results showed that the milk yield of the experimental groups were significantly higher than the control group (P<0.01), that of the group A was significantly higher than those of group B and group C (P<0.05), there was no significant difference for the milk yield between group B and group C (P>0.05). There were significant difference among experimental groups and control group in milk protein (P<0.05), and those of group B and group C were significantly higher than that of group A in milk protein (P<0.05). Compared with the control group, fat percentage (P<0.01), lactose and dry matter (P<0.05) of the test groups were significantly increased, but those were not significant among three test groups (P>0.05). Dry matter intake of group A was the highest, and those of the A and B groups were significantly higher than (P<0.01) those of group C and the control group, however, the difference was not significant between group C and the control group (P>0.05). Compared to the control group, somatic cell count of the test groups reduced, but the difference among the four groups were not significant (P>0.05). The apparent digestibility of crude protein (P<0.05) and neutral detergent fiber (P<0.01) of the group A and group B were significantly higher than that of the control group, but the difference was not significant between the group A and the control group (P>0.05). The profit of group A was the greatest, which was 7.92 yuan/d. The above results showed 3 kg alfalfa hay substituting different ration of concentrate can improve the milk yield, the quality of milk and profit. So 3kg alfalfa hay substituting 1.5kg concentrate was suggested.

Keywords: dairy cow; alfalfa hay; economic profit; production performance; grain-saving

我国 2010 年 6 月正式实施的乳品安全国家标准中，乳蛋白含量从 1986 年的 2.95%降至 2.8%，细菌总数则从 2003 年的 50 万．mL^{-1} 下调至 200 万．mL^{-1}，均为历史新低。而丹麦、新西兰等几乎所有的乳业大国，生乳蛋白质含量标准都在 3.0%以上；美国、欧盟规定牛奶中细菌总数低于 10 万．mL^{-1}，丹麦为 3 万．mL^{-1}，都仅仅是中国的几十分之一；而且我国每头奶牛单产仅相当于发达国家的 1/2~1/3。推测造成以上现象的主要原因是我国大多数奶牛养殖单位长期采用玉米秸秆青贮料+高精料这一落后的饲喂模式，奶牛饲粮缺乏优质的豆科牧草所致。由于玉米秸秆营养价值低，因此奶牛养殖者为提高产奶量采用的高精料饲养模式常带来不良后果：耗费了大量的饲料粮，不利于国家的粮食安全；牛奶产量和品质下降，尤其是牛奶品质不能得到保障；引发奶牛瘤胃酸中毒等一系列代谢性疾病，减少了奶牛的使用寿命。在奶牛饲粮中使用优质苜蓿青干草和全株玉米青贮饲料即提高粗饲料质量、降低精饲料的使用量是提高奶牛生产性能、改善牛奶品质和提高经济效益的重要途径。

苜蓿青干草含有丰富的蛋白质，占其干物质的 18%左右，其蛋白质品质优良，含有 20 多种氨基酸，包括人和动物全部的必需氨基酸和一些稀有氨基酸，如刀豆氨酸、瓜氨酸等。苜蓿的氨基酸组成接近乳清粉，富含赖氨酸，含量高达 1.06%～1.38%，比玉米高 4.5 倍，有利于平衡谷物饲料中赖氨酸的不足和乳蛋白含量的提高。挥发性脂肪酸（volatile fatty acid，VFA）中的乙酸是合成乳脂的前体，提高瘤胃中乙酸的产量可以在一定程度上提高乳脂率，苜蓿青干草的乙酸产量在粗饲料中是最高的，所以奶牛日粮中添加苜蓿青干草有利于乳脂率的提高；粗饲料的有效中性纤维（ efficient neutral

detergent fiber,eNDF）含量也是影响乳脂率的一个重要因素，eNDF 含量越高，维持和提高乳脂率的作用越强，苜蓿中的 eNDF 含量在几乎所有粗饲料中也是最高的。此外，苜蓿适口性好，还含有丰富的维生素、矿物质，营养均衡而全面，因此苜蓿是奶牛饲养一种理想的优质牧草。

国内外关于苜蓿在奶牛饲粮中应用已进行过较多的研究。苜蓿已成为美国、加拿大等国家奶牛饲养的一种基本日粮组分，其粗饲料组成几乎都含有苜蓿的一种或几种处理形式。但国内外奶牛饲养利用苜蓿所开展的相关研究中，多偏重于不同苜蓿青干草添加量或代替精料量对其生产性能、牛奶品质的影响方面。例如岳春旺（2009）用苜蓿青干草 0kg、3kg、6kg、9kg 分别替代了 0kg、2.2kg、3.1kg、3.7kg 精料，其试验组的产奶量和乳蛋白无明显改善，唯乳脂率有显著提高，其中 6kg 替代组效果最佳。李志强等在高产奶牛饲粮中添加 3kg、6kg、9kg 的苜蓿青干草，饲粮中粗蛋白质含量依次为 16.4%、17.9%和 19.4%，结果随着苜蓿青干草添加量和饲粮中粗蛋白质含量的增加，产奶量极显著增加，干物质采食量、乳蛋白和乳脂量显著改善，但其乳蛋白率和乳脂率无明显提高，其中每头奶牛日喂 9kg 苜蓿效果最好。Rebecca (1983)在奶牛的泌乳早期用苜蓿青干草和苜蓿青贮料作为基础粗饲料，用 20%苜蓿青干草替代等量精料，结果产奶量下降了 9.2%，乳蛋白质率（%）均为 3.2，乳脂率由 3.2%提高到了 3.7 %。上述这些不同苜蓿青干草添加量或代替精料量的研究中，普遍认为苜蓿青干草在奶牛中的用量以 6-9kg 为宜。但我国现阶段苜蓿生产量很少，国产苜蓿价格高、进口苜蓿价格昂贵的局面很难在短期内改变，奶牛饲粮中使用高用量的苜蓿在生产实践中几乎很难实行，每头奶牛每天 3kg 左右的苜蓿青干草是奶牛养殖者普遍能接受的使用量水平；而且，国内外相关的研究中，对苜蓿在改善牛奶乳脂率方面有较为一致的结果，但对牛奶产量和牛奶乳蛋白方面结果很不一致。因此，研究我国目前的玉米青贮料+高精料的饲养模式下，以 3kg 的苜蓿青干草代替不同量的精料，对奶牛的生产性能、牛奶品质和经济效益的影响以及其节粮潜力，就有着十分重要的意义，其结果可为苜蓿在奶牛中的应用和节粮潜力提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与试验期

试验于 2011 年 10 月 10 日 至 2011 年 12 月 18 日在郑州市中荷奶业科技发展有限公司的奶牛养殖场进行。试验期 10 周，其中预试期 2 周，正试期 8 周。

1.2 试验设计

选取胎次 2～4 胎（平均 2.5 胎）、体重 550±27kg、产奶量 23±1.1kg 的泌乳中期的中高产中国荷斯坦奶牛 24 头，采用完全随机设计，分为 4 组，每组 6 头牛。

试验用苜蓿为本公司生产田 2011 年初花期刈割的第一茬紫花苜蓿，经田间干燥、打捆后贮存的青干草。以干物质（dry matter,DM）为基础（%）：粗蛋白质（crude protein,CP）含量为 16.32，中性洗涤纤维（neutral detergent fiber，NDF）含量为 43.80，酸性洗涤纤维（acid detergent fiber，ADF）35.87，ca 1.29，p 0.56。试验分为四个组，对照组饲喂基础日粮：精料补充料 11.83kg，花生秧 3.5kg，全株玉米青贮料 6.49kg（含水量为 25.1%）。试验组分别用 3kg 苜蓿青干草替代 1.5kg（A 组）、2kg（B 组）、3kg（C 组）精料补充料。各组日粮组成及营养成分见表 1。对照组使用养殖场精料配方，各试验组在

其基础上适当改动（见表 2）。

表 1　试验饲粮组成和营养水平（DM 基础）

Table1 Diet composition and nutritional levels

	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group
全株玉米青贮料.Corn silage（%）	32.4	30.5	31.2	32.4
花生秧 Peanut vine（%）	15.6	14.6	14.9	15.6
苜蓿青干草 Alfalfa hay（%）	0.0	12.3	12.5	13.1
混合精料 Concentrate（%）	52.0	42.6	41.4	38.9
营养浓度 Nutrient content				
NE_L (MJ/kg)	6.07	6.07	6.07	6.07
CP (%)	15.97	15.29	15.31	15.16
NDF (%)	40.25	41.42	41.48	41.53
Ca (%)	0.84	0.78	0.80	0.84
P (%)	0.56	0.53	0.54	0.56

注：产奶净能为估测值。

Note: NE_L is the estimated value.

表 2　各试验组牛混合精料配方（占 DM%）

Table2 Concentrate ingredient of each group

原料 Ingredients	玉米 Corn	麸皮 Wheat bran	豆粕 Soybean meal	棉粕 Cottonseed meal	菜粕 Rapeseed meal	蛋白粉 Protein power	胚芽粕 Germ meal	DDGS	苹果粕 Apple pomace	预混料 Premix	保护性脂肪 Protected
对照组 Control group	50.0	5.0	10.0	10.0	5.0	0.0	5.0	10.0	0.0	5.0	0.0
A 组 A group	39.8	10.0	5.1	10.0	4.0	0.0	8.0	10.0	8.0	5.1	0.0
B 组 B group	46.7	10.0	7.8	11.4	5.0	0.0	10.0	3.6	0.0	5.5	0.0
C 组 C group	52.2	0.0	15.0	5.0	3.0	4.0	0.0	12.0	0.0	6.1	2.7

1.3 奶牛的饲养管理

试验奶牛采用对尾拴系式、单栏饲养。每组试验牛均配成饲料利用率高的全混日粮（total mixed ratio ,TMR）饲喂，每天 2 次；采用自动饮水器，自由饮水；用真空泵提桶式挤奶机挤奶，每天 2 次，早上 5:30~7:00、下午 16:30~18:00。挤奶时严格遵循每头奶牛一条毛巾的要求，挤完奶立刻对乳头消毒。早上挤奶后，赶牛到运动场自由活动。工作人员在上午 8:00 ~9:00 之间对牛舍清扫和消毒。试验期内每周对牛舍进行一次彻底消毒。上午 10:00 左右赶牛回棚，进行饲喂。兽医每天对牛群进行观察，发现不正常的状况时及时处理。

1.4 牛奶品质测定

产奶量由试验员每天测定。乳成分每 2 周测定一次，每头采样 10mL，采样当天早上和中午各一次，样品混合后在河南省奶牛生产性能测定中心用乳成分自动分析仪（FOSS ft+200）分析其乳脂、乳蛋白、乳糖、干物质含量和体细胞数 (somatic cell count，SCC) 。干物质采食量（dry matter intake，DMI）每 2 周测定一次。

1.5 表观消化率的测定

消化代谢试验采用粪尿袋（ZL 2008 2 0109628 5）、单独舍饲栏内连续 3d 每天 24h 全收粪法，混合一天所收集的粪样称重，并准确称取总粪量的 4%，加入 1/4 粪重的 10%的酒石酸，混合均匀，-20℃冷冻贮存待分析用。在此期间，每天测定试验牛日粮的采食量和剩料量并均匀取样，饲料样品采集后 65℃鼓风干燥 48h，制成风干样待测定常规营养成分。最后使用自动定氮仪（Foss，Kjeltec 8400）测定样品中粗蛋白质的含量，使用全自动纤维测定仪（RAYPA F-6）测定样品中中性洗涤纤维含量。

1.5 统计分析

试验数据用 SPSS17.0 进行单因素方差分析及多重比较，试验数据用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

各组奶牛产奶量和乳成分的结果见表 3，表观消化率的结果见表 4。

2.1 对产奶量的影响

从表 3 可以看出，试验 A 组、B 组和 C 组平均产奶量极显著高于对照组（P<0.01）；3 个试验组之间比较，A 组显著高于 B 组（P<0.05）、极显著高于 C 组（P<0.01），B 组和 C 组之间差异不显著（P>0.05）。

2.2 对乳成分的影响

试验结果表明（表 3），和对照组相比，A 组的乳蛋白显著（P<0.05）、B 组和 C 组极显著（P<0.01）高于对照组，A 组、B 组和 C 组的乳蛋白含量分别比对照组提高了 6.13%、10.65%和 13.55%；各试验组之间比较，有随着苜蓿青干草替代精料量的增加乳蛋白含量依次提高的趋势，其中 C 组显著高于 A 组（P<0.05），但 A 组与 B 组之间、B 组与 C 组之间差异均不显著(P>0.05)。

试验组的乳脂率均极显著高于对照组（P<0.01），然而 3 个试验组的乳脂率之间差异不显著(P>0.05)；牛乳中乳糖、干物质的研究结果一致，3 个试验组均高于对照组，其中 C 组极显著高于对照组（P<0.01），A 组、B 组显著高于对照组（P<0.05），各试验组之间差异不显著（P>0.05）。体细胞的研究结果表明：无论是各试验组与对照组之间还是 3 个试验组之间差异均不显著（P>0.05），但试验组的体细胞数均低

于对照组，对照组的体细胞数分别比 A 组、B 组和 C 组高 78.01%、27.27%和 48.84%。

表 3　苜蓿替代不同精料对奶牛生产性能和乳成分的影响

Table 3 Effect of alfalfa hay substituting different ration concentrate on production performance and milk quality of dairy cows

	对照组 control group	A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group
产奶量 Milk yield (kg/d)	22.71±0.83Cc	24.70±0.42Aa	23.78±0.52ABb	23.69±1.11Bb
乳蛋白率 Milk protein(%)	3.10±0.07 Bc	3.29±0.19 ABb	3.43±0.08 Aab	3.52±0.18 Aa
乳脂率 Milk fat (%)	3.56±0.11Bb	3.92±0.18Aa	3.95 ±0.17Aa	3.92±0.16Aa
乳糖 Lactose(%)	4.86±0.07Bb	5.02±0.13ABa	4.97±0.13ABa	5.05±0.08Aa
干物质 Dry matter (%)	12.76±0.49Bb	13.57±0.50ABa	13.48±0.70ABa	13.81±0.78Aa
体细胞 SCC（10^4/ml）	42.42±2.63 Aa	23.83±2.47 Aa	33.33±3.16 Aa	28.50±3.34 Aa
干物质采食量 Dry matter intake (kg/d)	19.41±0.84Bb	20.89±0.83Aa	20.82±0.19Aa	19.84±0.24ABb

注：同行不同大写字母表示差异极显著（p<0.01），不同小写字母表示差异显著（p<0.05），有相同大或小写字母表示差异不显著(p>0.05)，下同。

Note：Values with different capital letter within the same line are extremely different（p<0.01），values with different lowercase are significantly different （p<0.05），values with the same lowercase are no significant different (p>0.05). The same below.

表 4　苜蓿替代不同精料对奶牛营养物质表观消化率（DM%）的影响

Table 4 Effect of alfalfa hay substituting different ration concentrate on apparent nutrient digestibility

	对照组 control group	A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group
粗蛋白表观消化率 Apparent digestibility of crude protein	72.03±0.46Ab	73.69±0.88Aab	74.03±0.31Aa	74.46±0.82Aa
中性洗涤纤维表观消化率 Apparent digestibility of neutral detergent fiber	39.16±0.39Cc	43.04±2.52BCbc	46.35±0.26ABb	51.03±1.55Aa

2.3　对干物质采食量的影响

表 3 显示，试验组的干物质采食量均高于对照组，其中 A 组、B 组极显著高于对照组（P<0.01），C 组与对照组差异不显著（P>0.05）；A 组、B 组显著高于 C 组（p<0.05），A 组干物质采食量最高。

2.4　对奶牛营养物质表观消化率的影响

表 4 显示，试验 B 组、C 组的粗蛋白质表观消化率显著高于对照组（p<0.05），试验 A 组与对照组差异不显著（P>0.05），各试验组之间差异不显著（P>0.05）；试验 B 组、C 组的中性洗涤纤维表观消化率极显著高于对照组（P<0.01），试验 A 组与对照组差异不显著（P>0.05），试验 C 组显著高于试

验 A 组、B 组（p<0.05）。

2.5 对经济效益的影响

试验用苜蓿青干草、花生秧、全株玉米青贮料的价格分别为 1.9 元. kg^{-1}、0.87 元. kg^{-1}、0.4 元. kg^{-1}，四种精料混合料的价格分别为 2.442 元．kg^{-1}、2.238 元．kg^{-1} 、2.358 元．kg^{-1}、2.990 元．kg^{-1}。试验期间达标牛奶的价格为 3.65 元．kg^{-1}，蛋白质含量在 2.9%的基础上每提高 0.1%，收购价格提高 0.03 元．kg^{-1}；脂肪含量在 3.1%的基础上每提高 0.1%，收购价格提高 0.05 元．kg^{-1}，因此对照组和各试验组牛奶的收购价格分别为：3.68、3.70、3.70、3.70 元．kg^{-1}，由以上数据计算出用苜蓿青干草替代不同量精料的经济效益（见表 5）。从表 5 可以看出，3kg 苜蓿青干草替代 1.5kg 精料混合料组的纯增效益最高为 7.92 元/d。

表 5 苜蓿青干草替代不同精料量各组日粮成本和经济效益分析

Table 5 Profit of alfalfa hay substituting different ration concentrate

项目 items	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group
日粮成本 Diet cost(yuan/d)	42.27	42.20	42.26	45.48
牛奶收入 Milk revenue (yuan/d)	83.51	91.37	88.08	87.73
经济效益 Profit(yuan/d)	41.24	49.17	45.82	42.25
纯增效益 Added profit(yuan/d)		7.92	4.57	1.01

3 讨论

从本研究产奶量结果可以看出：奶牛日粮中用适宜量的苜蓿青干草替代部分精料，可以提高产奶量，与刘树欣用 5kg 苜蓿草段替代 4.5kg 奶牛精料补充料、每头奶牛每天产奶量增加 1.5kg，以及胡军用 1kg 苜蓿草块替代日粮中 1kg 的精料，每头奶牛日均多产 0.96kg 的结果相似。奶牛日粮的粗蛋白含量是影响其产奶量的重要因素，但翟少伟等（2009）指出，对于产奶量为 20.5～25 kg/d 的奶牛，日粮粗蛋白质水平超过 14％后产奶量的变化幅度很小，表明 14％蛋白质水平就可以满足奶牛蛋白质需要。本试验中各组的粗蛋白质含量均超过 15%，可以满足奶牛对粗蛋白质的需求，因此其日粮粗蛋白质含量不是造成产奶量差异的主要原因。干物质采食量是影响奶牛产奶量的又一重要因素。在日粮营养成分含量基本相同的条件下，干物质采食量越大，奶牛的产奶量越高，干物质采食量的变化规律与产奶量的变化规律基本一致，张峰等（2007）、王昆等（2007）、李志强等（2003）、阎旭东等（2010）结果均支持这一观点,本文的研究结果也与这一观点吻合。奶牛干物质采食量（DMI）主要受瘤胃容积即瘤胃的充满程度和内容物的排放速度的影响，苜蓿青干草的适口性好，粗蛋白质含量高，瘤胃降解率也高，因此含一定比例苜蓿的日粮能显著提高 DMI，但苜蓿青干草的添加量也不是越多越好。张小丽（2006）指出，在奶牛日粮中分别添加 3.5 kg、7.5 kg、10.5 kg 苜蓿干草，试验组干物质采食量分别为 17.07 kg、19.02 kg、18.59 kg，可见 10.5 kg 苜蓿干草添加组由于 NDF 含量过高，强烈的瘤胃填充作用抑制了奶牛干物质的采食量，从这一试验可以看出在苜蓿青干草添加量低于 7.5kg 时不会对奶牛干物质采食量产生负面影响。本试验采用的是 3kg 苜蓿青干草代替部分精料，各试验组的干物质采食量均

高于对照组，与上述研究结果吻合。至于 C 组相对于 A 组、B 组干物质采食量较低的原因，推测是因 C 组奶牛日粮中精料被替代较多、适口性降低所致。

Clark 等（2001）研究结果表明，如果瘤胃可降解蛋白相对于可利用能量过量，就会导致氮和能量的释放不同步，从而使发酵底物的利用效率降低以及瘤胃微生物蛋白的合成量减少。苜蓿青干草能够提供优质的蛋白质和粗纤维资源，苜蓿不仅叶蛋白中各种氨基酸组成较为均衡，且能提供较多的过瘤胃蛋白，所含碳水化合物的降解率也高，故能提供较多的能量供瘤胃微生物利用，促使瘤胃微生物蛋白质的合成量增加。本研究中，试验组的乳蛋白含量均显著高于对照组，且有随着苜蓿青干草替代精料量的增加牛奶中乳蛋白含量依次提高的趋势，3 个试验组饲粮中的粗蛋白质的含量和对照组相比均有所降低，但其产奶量均高于对照组故 3 个试验组和对照组之间产奶量的不同可能与其饲粮粗蛋白水平无关，因此推测其乳蛋白的结果与其奶牛饲粮中各种饲料原料的粗蛋白质质量、过瘤胃程度和消化率，以及中性洗涤纤维表观消化率存在差异有关。从张民等（2006）、Casper D P 等(1999)、Schor A 等(2001)、Cunningham K D 等（1995）的研究结果可以看出，提高泌乳奶牛日粮粗蛋白质中的 RUP 含量可以提高牛奶产量和乳蛋白产量，对乳蛋白率有提高的趋势，但差异均不显著，可见提高泌乳奶牛日粮粗蛋白质中的 RUP 含量，不是提高奶牛乳蛋白率的主要因素。从表 4 可以看出，对照组的粗蛋白质和中性洗涤纤维的表观消化率均低于试验组，对照组的干物质采食量也是最低的，导致对照组可利用能量和氮的供给均较低；再加上苜蓿的氨基酸丰富且平衡，赖氨酸含量高，有利于平衡谷物饲料中赖氨酸的不足和乳蛋白含量的提高，因此对照组乳蛋白率在四个组中是最低的。3 个试验组中，随着苜蓿青干草替代精料量的增加乳蛋白含量依次上升，可能与其粗蛋白表观消化率和中性洗涤纤维的表观消化率有关，因为 3 个试验组上述两种成分的消化率有逐渐增高的趋势。

表 4 显示添加苜蓿干草的试验组的中性洗涤纤维的表观消化率均高于对照组，且试验组之间有上升的趋势。其原因可能是苜蓿干草中性洗涤纤维的瘤胃降解率为 62.7%，高于玉米秸秆（43.8%）和羊草干草（46.8%），几乎是所有粗饲料中最高的，略低于精料。但是苜蓿干草和作物秸秆之间存在着协同利用关系，苜蓿干草产生的大量乙酸能有效缓解由于淀粉的丙型发酵带来的瘤胃 pH 值的急剧下降，从而使不耐酸的纤维分解菌有更好的生长环境，将各原料所含纤维分解的更充分。

奶牛日粮中如果精料含量偏高或者粗纤维含量不足，就会造成瘤胃挥发性脂肪酸中乙酸产量下降，而乙酸是合成乳脂的前体物质，瘤胃中乙酸含量降低会在一定程度上降低乳脂率。提高粗饲料中有效中性洗涤纤维（eNDF）的含量可以维持和提高原料奶中的乳脂率，苜蓿青干草在瘤胃中被微生物降解产生乙酸的量在粗饲料中是最高的，同时它的有效中性洗涤纤维几乎也是所有粗饲料中首屈一指的，以及苜蓿含有丰富的烟酸等维生素，这些因素可能都有利于提高乳脂率。本研究中 3 个试验组的乳脂率都极显著高于对照组（P<0.01），试验组之间差异不显著（P>0.05）。从四个组日粮的精粗比来看，各组日粮的精粗比分别为（干物质计量）：对照组 1:0.92，A 组 1:1.35，B1:1.42，C1:1.57，即 3 个试验组的饲粮粗饲料的比例都高于对照组，有利于乙酸的形成。另外从本试验中性洗涤纤维的表观消化率和干物质采食量数据来看，试验组均高于对照组，这些都可能是对照组的乳脂率极显著低于试验组的原因。试验组之间乳脂率差异不显著（P>0.05），可能有多个方面的原因：试验 C 组虽然中性洗涤纤维表观消化率显著高于 A 组和 B 组，但由于其干物质采食量显著低于 A 组和 B 组，所以导致其乳脂

率并不高于 A、B 组；试验 A 组和 B 组中性洗涤纤维表观消化率与干物质采食量差异虽不显著，但由于 A 组产奶量显著高于 B 组，产奶量与乳脂率一般成负相关，所以 A 组乳脂率略低于 B 组。本试验用苜蓿青干草替代部分精料提高了乳脂率，这一结果与大量试验结果吻合，如刘树欣（2002）试验结果表明，用 5kg 苜蓿段替代等量的精料，乳脂率显著提高（P<0.05）；侯生珍（2005）试验中用苜蓿青干草替代部分精料乳脂率比对照组高，差异达到显著水平（P<0.05）；邓先德（2004）试验中用苜蓿草块替代 33%的精料，奶牛乳脂率从 3.41%提高到了 3.52%。

国内外关于乳糖的报道很少。反刍动物由于其特殊的瘤胃结构，不能直接合成乳糖的前体物质—葡萄糖，只能通过体内的糖异生作用合成，其中丙酸是转变成葡萄糖的主要前体，其次是氨基酸和甘油等。从本试验的研究结果来看，试验组的乳糖百分含量均显著高于对照组（P<0.05），试验组之间差异不显著。三个试验组相对于对照组而言，由苜蓿发酵产生的 VFA 中可提供较多的丙酸推测是产生差异的主要原因，至于造成这一差异的具体机制有待进一步研究。

牛奶体细胞数（SCC）与许多因素有关，其中乳房炎对体细胞数影响大。美国、欧盟、澳大利亚、新西兰等国家分别有自己的标准，且多作为牛奶品质的必检指标。本研究中，试验组的体细胞数均低于对照组，可能与苜蓿青干草含有丰富的维生素，以及苜蓿的富硒作用有关，这与李志强和阎旭东的研究结果一致。

4 结论

在本试验日粮组成条件下，用 3kg 苜蓿青干草替代 1.5kg 精料效果最好，不仅节粮，而且提高了产奶量和乳品质，降低了饲料成本，有推广价值。

参考文献（略）

苜蓿田间干燥技术研究

刘鹰昊，格根图，王志军，贾玉山
（内蒙古农业大学生态环境学院，内蒙古呼和浩特 010019）

摘　要　为苜蓿快速低成本干燥和生产优质的苜蓿干草提供可借鉴的参考依据，克服雨季收获苜蓿调制干草过程中，无法达到安全含水量，贮藏过程中易发霉及晾晒过程中叶片损失严重的问题。本论文以“金皇后”紫花苜蓿为试验原料，对晾晒过程中水分散失和叶茎比规律以及营养物质变化情况进行研究，探究营养物质与水分散失之间的关系。得出以下结论：

⑴苜蓿在晾晒过程中，以水分 30%为节点，初始水分至水分 30%苜蓿水分散失迅速，随后变慢；整个干燥过程叶片损失严重，但每日夜间叶茎比会升高。⑵苜蓿晾晒过程中，CP、RFV 和 EE 含量逐渐下降，而 NDF 和 ADF 逐渐上升，营养价值损失严重。CP 的损失集中在水分 40%以后；EE 在 50%～30%时下降最快；NDF、ADF 上升和 RFV 下降均集中在水分 70～40%之间。

关键词　紫花苜蓿；草捆；营养价值

Study of Alfalfa Field Drying

LIU Ying-hao[1],Gegentu[1], Wangzhi-jun[1], JIA Yu-shan[1*]
(1.College of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: In order to overcome the problem of modulating hay in wet-season that the moisture can’t reachthe safe degree and easily mold during storage process or leafs loss seriously during wilting. Thispaper study the rule of moisture retention, leaf-stem ratio and nutrition and explore the relationship between the nutrients and moisture retention.conclusions are as follows: ⑴During the alfalfa wilting, cut-off to moisture content of 30%, the moisture lost rapidly between initial moisture content and 30%, then lost slowly. ⑵During the alfalfa wilting, content of CP, EE and RFV decreased that the nutrients lost seriously. The decrease of CP, EE , RFV is focused on 40%～15%, 50%～30% , 70～40% respectively and the increase of NDF, ADF is focused on 70～40%.

Keywords: Alfalfa; Bales; Nutrition value

紫花苜蓿 (*Medicago sativa L*) 是世界上栽培最广泛的豆科牧草之一，具有较好的经济、社会和生态效益。因其富含蛋白质、适口性好、适应性广等特点被称之为“牧草之王”，是畜牧养殖业中重要的蛋白质饲料。

上世纪 80 年代，我国提出了草业先行、立草为业、发展草业的科学论断，极大地推动了我国草业的发展。但由于没有成熟的产品和市场，不能形成有经济效益的产业链，因此草业的发展一直比较缓慢。故我国在“九五”期间把作为“牧草之王”的苜蓿产业化作为科技攻关项目，实践多年并得到了丰厚的回报。经历了“起步期-加快发展期-调整期-回升期”的转变后，苜蓿产业化现已形成了“两带一区”的空间结构布局。

从苜蓿生产水平看，我国苜蓿生产的产量和质量都远不能满足国内奶牛企业的需求，标准化、规范化和集约化程度较低。自 2008 年“三聚氰胺”事件以来，国内大型奶牛企业认识到国外优质苜蓿的巨大价值而大量进口，导致我国苜蓿进口数量呈现井喷式增长。故提高我国苜蓿质量及产量迫在眉睫。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地选择在宁夏回族自治区银川市西夏区贺兰山茂盛草业基地，位于北纬 38°53′，东经 106°53′，海拔在 1010m～1150m 之间，地面坡度为 2‰左右，土层较厚，土壤主要类型为山地灰钙土。昼夜温差大，平均达 12℃，春季干燥多风，七八月份雨水集中，冬季降雪稀少。年平均气温 8.5℃左右，年平均日照时数 2800～3000h，年平均降水量 200mm 左右，无霜期 185d 左右。

1.2 试验材料

1.2.1 试验原料

田间干燥试验的苜蓿于 2013 年 7 月刈割，超标水分草捆后续干燥试验于 2014 年 8 月刈割，品种为金皇后紫花苜蓿（Medicago sativa L.cv.Golden Empress），取自宁夏银川市西夏区境内的贺兰山农牧场，所取材料均处于初花期，平均株高分别为 108cm 和 71cm。

1.2.2 仪器设备与化学试剂

1.2.2.1 仪器设备

电偶水分测定仪、温度计、粉碎机、分样筛（40 目）、称量瓶、分析天平、鼓风式恒温烘箱、干燥器、马弗炉、坩埚、坩埚钳、FOSS Fibertec 2010 全自动纤维分析系统、FOSS Kjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪、ANKOMF57 滤袋、量筒（1L&500mL）、烧杯。

1.2.2.2 化学试剂

十二烷基硫酸钠、四硼酸钠、乙二胺四乙酸二钠、无水磷酸氢二钠、乙二醇乙醚、丙酮、无水乙醇、40%氢氧化钠。

1.3 试验方法

1.3.1 样品的处理

田间干燥试验所使用的苜蓿于 2013 年 7 月 8 日使用压扁割草机（纽荷兰 488 型）刈割，苜蓿在干燥过程中 08:00~20:00 每隔 2h 取样 1 次，进行苜蓿含水量和叶茎比的测定。用微波炉随时监控紫花苜蓿含水量[93]，分别在含水量为 70%（鲜草）及 50%、40%、30%、20%和 15%（干草）时各取样 1000g，重复 3 次，65℃烘箱中烘 48h，用微型植物试样粉碎机(北京中兴伟业仪器有限公司生产)粉碎后过

0.45mm(40 目)筛，测定营养物质含量。

1.3.2　常规营养成分测定方法

⑴干物质（DM）的测定：利用鼓风干燥箱在 105℃恒温条件下，干燥 3h 冷却称重。

⑵粗蛋白（CP）测定：利用 FOSS 8400 全自动凯氏定氮仪进行测定，结果为质量分数。

⑶粗脂肪(EE)的测定：苜蓿营养成分中粗脂肪的测定按《饲料分析及饲料质量检测技术》中的方法进行测定，测定结果均为质量分数。

⑷中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维：利用 Ankom 220 型纤维分析系统进行测定，结果为质量分数。

⑸叶茎比：参照农业行业标准 NY/T1574-2007，分别获得苜蓿茎和叶的干重,按以下公式计算：

叶茎比=叶的烘干重/茎的烘干重（1）

⑹含水量：参照《饲料分析及饲料质量检测技术》进行测定，含水量用烘干法测定，在 65±2℃下烘干 48h，取出放置干燥器内冷却 0.5h 后称量，再放入烘干箱内烘干 1h，取出，放于干燥器内冷却 0.5h 后再称量，至前后两次差不超过 2mg，即为恒重。

⑺相对饲用价值的计算

相对饲用价值（RFV）是衡量干草质量的重要指标，由已测的 NDF 和 ADF 计算，计算见公式如下：

DDM(%DM)=88.9-0.779×ADF(%DM)

DMI(%BW)=120/NDF(%DM)

RFV=DMI×DDM/1.29

其中：DDM（digestible dry matter）为可消化干物质，DM（dry matter）为干物质， ADF(acid detergent fiber)为酸性洗涤纤维，DMI（dry matter intake）为干物质采食量，BW（body weight）为占动物代谢体重的百分比，NDF(neutral detergent fiber)为中性洗涤纤维。

1.3.3　草捆温度及发霉情况测定

⑴湿度测定试验期内每日上午 10:00 用电偶水分测定仪测定。

⑵草捆发霉情况草捆发霉情况在人工干燥试验结束时检测，按照表 8 所分等级评定。

表 1　草捆霉变等级标准

Table1　Bale mildew rating standard

霉变等级	霉变程度	特征
1	无霉变	草捆颜色为绿色，肉眼或借助放大镜观察其表面没有任何菌丝或霉菌，无霉味。
2	轻微霉变	草捆颜色变为浅黄，肉眼或借助放大镜观察其表面有少量的菌丝或霉菌，伴有轻微的霉味。
3	轻度霉变	肉眼可见草捆颜色发白、变灰，出现黑色霉点，表面有不同程度的霉变，有霉味。
4	中度霉变	草捆颜色变为灰色，黑色霉点较多，表面发生较大面积的霉变，霉味较重。
5	严重霉变	肉眼明显可见草捆颜色变为黑色、褐色，表面发生大面积霉变，有严重的霉味，有时会夹杂氨味、恶臭等刺激性气味。

2 数据处理方法

本论文中图、表和数据的前期处理均利用 Microsoft Office Excel2003 软件进行，数据的方差分析利用 SPASS17.0 软件进行。

3 结果与分析

3.1 苜蓿干燥过程中含水量及叶茎比变化趋势

3.1.1 含水量在苜蓿干燥过程中的变化

苜蓿在田间自然干燥过程中含水量的变化趋势如图 1 所示。从图中可以看出苜蓿茎秆的初始含水量较叶片含水量高，且茎秆水分散失速率较叶片水分散失速率快。但当含水量到达 60%时，叶片水分迅速降低，在刈割第二天的 20:00 即到达安全含水量 15%，较茎到达安全含水量提前了 40 个小时。另外，植株水分在由初始（77%）下降至 30%时用时为 27 小时，水分散失快；而含水量在 30%至 15%用时 40 小时，散失慢。

在植株含水量趋势线中我们可以看出，在白天 10:00--20:00 为含水量下降区间；夜间 20:00--次日 10:00 为含水量上升区间，含水量不仅未降低反而升高，证明此期间水分未从植株体内散失，反而植株在大气中吸收了一部分水分。但此现象在第一天时并不明显，可能是因为 5 月 29 日刈割苜蓿后水分散失的不多，苜蓿中水分的含量比大气中湿度稍高，故水分不仅没有升高，反而降低了几个百分点，而夜间无阳光照射，苜蓿中的水分散失较慢，故 5 月 29 日 17:00-5 月 30 日 8:00 含水量变化了 5-6 个百分点。

5 月 30 日 20:00-5 月 31 日 10:00 含水量上升了 15 个百分点，而 5 月 30 日 8:00-20:00 含水量下降了 43 个百分点，夜间的含水量回升占白天含水量下降的 34.8%。5 月 31 日 20:00-6 月 1 日 8:00 含水量上升了 13 个百分点，而 5 月 31 日 8:00-20:00 含水量下降了 22 个百分点，夜间的含水量回升占白天含水量下降的 59.1%。

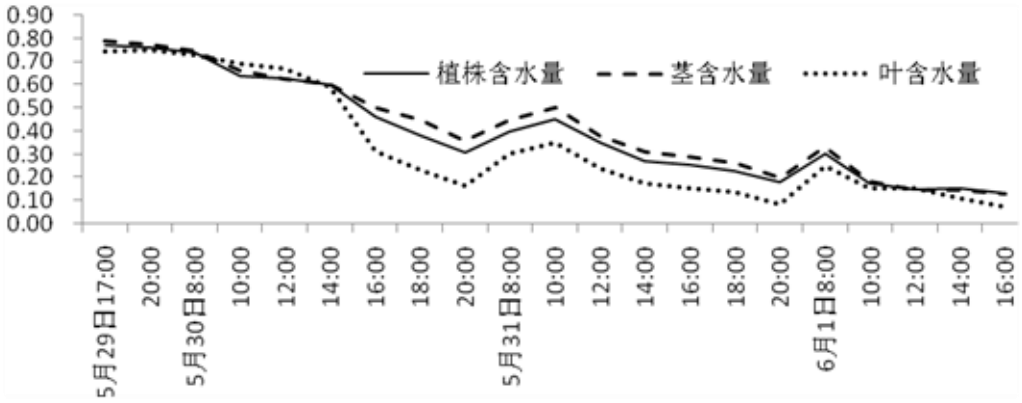


图 1 自然干燥过程中苜蓿植株、茎、叶含水量变化曲线

Fig1 The curve of moisture content of alfalfa plant, stem anf leaf during natural drying process

3.1.2　叶茎比在苜蓿干燥过程中的变化

苜蓿在田间自然干燥时干物质叶茎比的变化如图 2 所示。由图可以看出，苜蓿的叶茎比由最初的 0.71 下降为最后的 0.10，叶子损失严重。就叶茎比的趋势线看，在干燥过程中，白天的 8:00-18:00 为叶茎比下降的区间，而 18:00-次日 8:00 叶茎比会升高，结合水分散失规律来看，可能是因为夜间含水量会回升，使得叶片与茎秆之间连接的部分变的柔韧，因此叶片损失会降低。

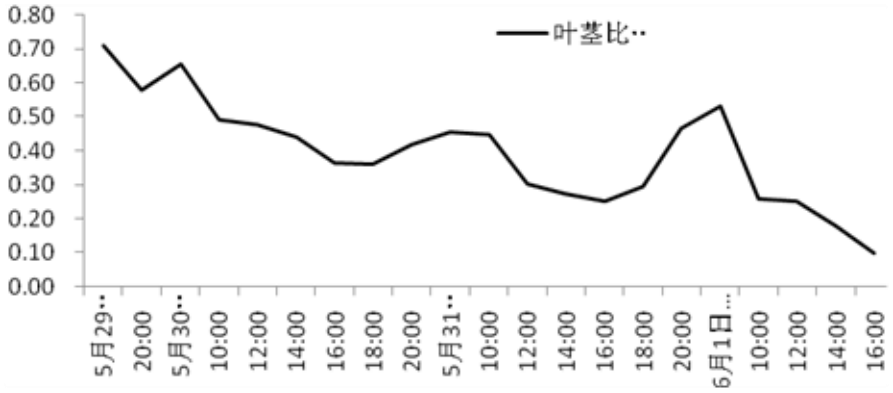


图 2　自然干燥过程中苜蓿叶茎比变化曲线

Fig2　The curve of stem-leaf ratio during natural drying process

由下图可以看出，在 5 月 31 日 16：00-18:00 及 6 月 1 日 8：00-10:00 间叶茎的湿重比和干重比有交叉点。在 5 月 31 日 16：00-18:00 间及 6 月 1 日 8：00-10:00 后，均为叶茎湿重比高于干重比，而其他时间则为叶茎湿重比低于干重比。初步分析叶茎湿重比低于干重比的原因为茎的含水量由始至终均比叶子高。如果在叶子不脱落且茎叶干燥同步的情况下应为湿重比和干重比高于初始差值 0.12，但很显然除了 5 月 30 日 8:00、5 月 31 日 8:00 和 5 月 31 日 20:00 干重比较湿重比高于或等于 0.12 以外，其它时间均小于此差距，出现此现象的原因为叶片的水分降低速度较茎秆快。

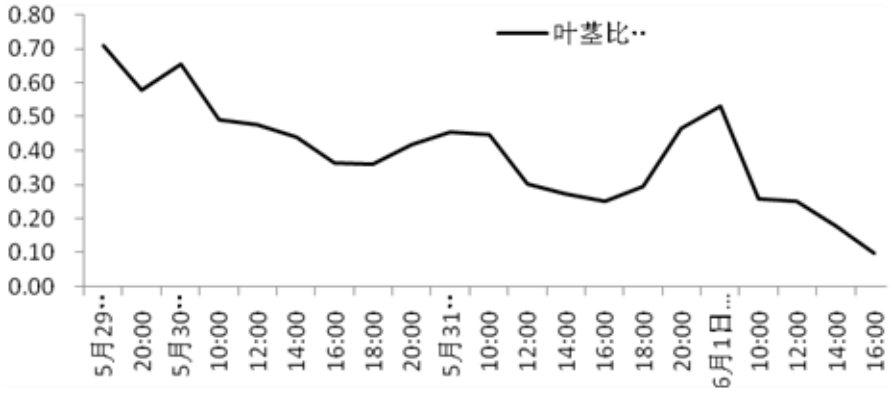


图 3　自然干燥过程中苜蓿干湿叶茎比的比较

Fig3　Compare of dry or wet stem-leaf ratio during natural drying process

苜蓿在田间干燥时叶茎比随植株含水量变化的趋势如下图所示，叶茎比的趋势线基本上与植株含水量的趋势线走势相同。但在 5 月 30 日 20：00 和 5 月 31 日 20：00 均出现了反常，即植株含水量下降，但叶茎比已经开始升高，表明叶子此时并未继续损失，且开始吸水，即叶子返潮现象比茎秆早。

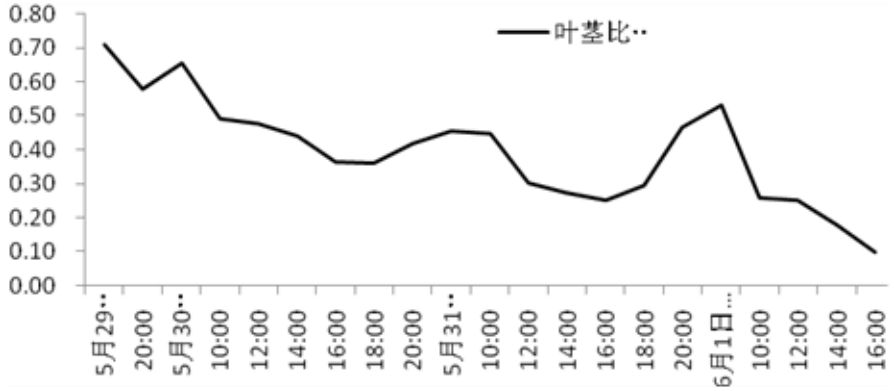


图 4　自然干燥过程中苜蓿植株含水量及叶茎比的关系

Fig4　Relatiom of plant moisture content and stem-leaf ratio during natural drying process

3.2　苜蓿在干燥过程中营养成分的变化

3.2.1　CP 在苜蓿干燥过程中的变化

由图 5 可以看出，随着紫花苜蓿含水量的降低，CP 的含量逐渐降低，且在含水量到达 40%后降低速度加快。在含水量由 70%降到 40%时 CP 下降了 0.89%，而在 40%降到 15%时 CP 下降了 5.67%，整个过程下降了 6.56%，下降幅度 32.19%。方差分析数据也表明，含水量 70%与 50%差距不显著（P>0.05），50%与 40%差距也不显著（P>0.05），而含水量在 40%以后，各水分梯度之间均差异显著，证明 CP 在此水分区间损失的很少，CP 的损失集中在含水量 40%以后。

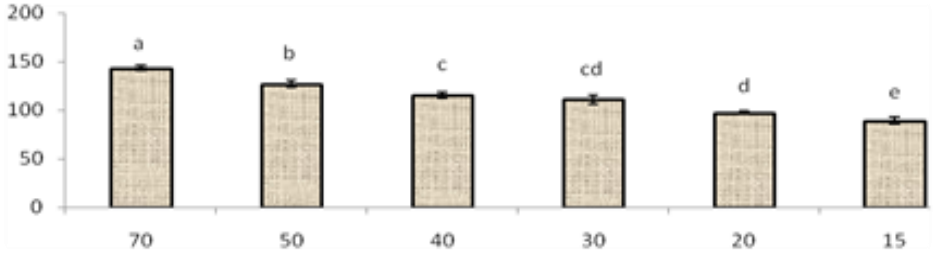


图 5　自然干燥过程中不同含水量紫花苜蓿 CP 含量变化

Fig.5　The change of alfalfa CP under different moisture during natural drying process

3.2.2　NDF 在苜蓿干燥过程中的变化

由图 7 可以看出，随着含水量的降低，NDF 呈现上升的趋势。70%与 50%、40%与 30%以及 20%与 15%的 NDF 差异不显著（P>0.05），其余各水分梯度差异均显著（P<0.05）。苜蓿由鲜草到干草的过程中 NDF 共上升了 14.41%，上升幅度高达 40.81%。

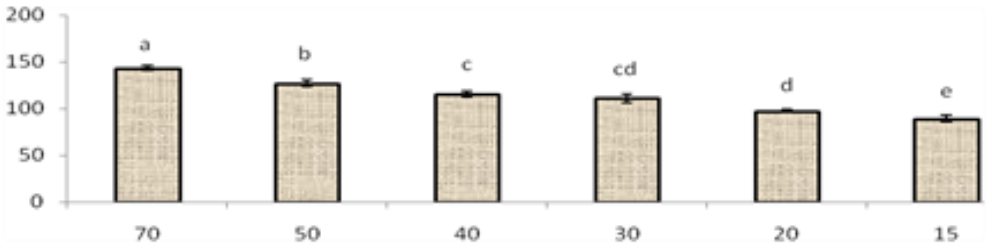


图 6　自然干燥过程中不同含水量紫花苜蓿 NDF 含量变化曲线

Fig6　The change of alfalfa NDF under different moisture during natural drying process

3.2.3　ADF 在苜蓿干燥过程中的变化

由图 8 可以看出，随着含水量的降低，ADF 呈现上升的趋势。70%、50%与 40%之间以及 40%与 30%的 ADF 差异不显著（P>0.05），其余各水分梯度差异均显著。苜蓿由鲜草干燥到干草的过程中 ADF 共上升了 7.59%，上升幅度高达 30.07%。

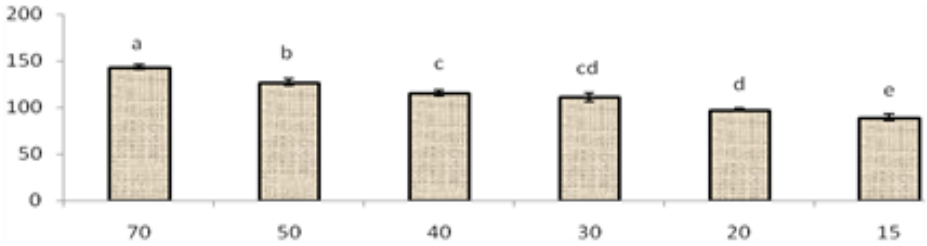


图 7　自然干燥过程中不同含水量紫花苜蓿 ADF 含量变化曲线

Fig7　The change of alfalfa ADF under different moisture during natural drying process

3.2.4　RFV 在苜蓿干燥过程中的变化

由图 8 可以看出，随着含水量的降低，RFV 呈现下降的趋势。40%与 30%之间以及 30%、20%、15%之间的 RFV 差异不显著（P>0.05），其余各水分梯度差异均显著，证明 RFV 由含水量 70%降到 40%时下降的多。苜蓿由鲜草干燥到干草的过程中 RFV 共下降了 63.93%，下降幅度高达 35.05%。

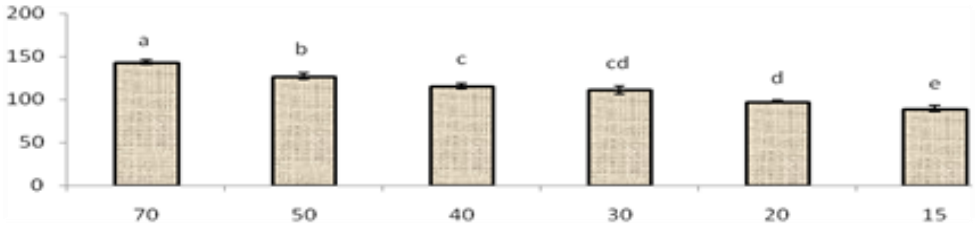


图 8　自然干燥过程中不同含水量紫花苜蓿 RFV 含量变化曲线

Fig8　The change of alfalfa RFV under different moisture during natural drying process

3.2.5　EE 在苜蓿干燥过程中的变化

由图 9 可以看出，随着含水量的降低，EE 基本呈现了下降的趋势，但在含水量为 15%时出现了 EE 高于 20%的现象，这可能与当时的取样位置有关系。70%与 50%的 EE 差异不显著（P>0.05），30%与 15%的 EE 差异也不显著（P>0.05），其余各水分梯度差异均显著（P<0.05）。因此，可初步判定 EE 在 50%--30%时下降最快、最多，苜蓿由鲜草干燥到干草的过程中 EE 共下降了 1.21%，下降幅度 20.65%。

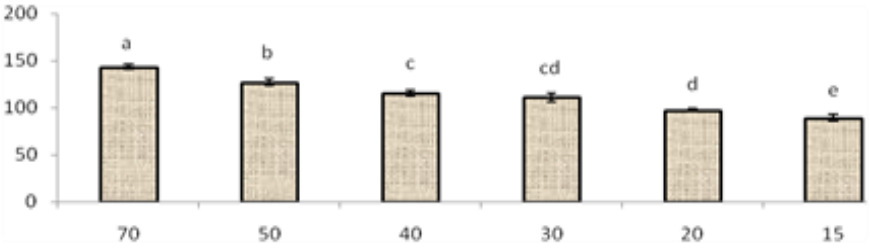


图 9　自然干燥过程中不同含水量紫花苜蓿 EE 含量变化

Fig9　The change of alfalfa EE under different moisture during natural drying process

4　讨论

4.1　自然干燥对苜蓿含水量散失及叶茎比的影响

苜蓿在干燥过程中，含水量变化曲线以天为周期，呈白天散失水分夜间回潮。干燥总趋势呈现先快后慢的变化趋势。以含水量 30%为分界点，在刈割后初始水分至 30%苜蓿水分散失迅速，后随着苜蓿含水量继续降低，水分散失速度随之变慢。这与王常慧（2004）的研究结果非常相似。原因是苜蓿在晾晒初期散失的主要是细胞间隙的自由水，水分散失快；而在干燥后期散失的是细胞内的结合水，水分散失变慢。

叶茎比是衡量苜蓿品质的重要指标，由于苜蓿叶蛋白含量非常丰富，叶片比例越高，营养物质含量就越多，适口性强，牧草品质好[101]。本试验处理中，叶茎比（DM）由最初的 0.71 最后下降为 0.10，叶片损失严重，但在每日夜间叶茎比都会升高，这与武红(2010)的研究一致；另外，大部分时间段的叶茎湿重比大于叶茎干重比，证明茎的含水量始终高于叶片。

4.2　自然干燥对苜蓿营养成分的影响

苜蓿在干燥过程中，随着苜蓿含水量的不断下降，常伴随着各种生理、生化变化过程。李正春（2005）研究表明“牧草在刈割最初的晾晒过程中，由于细胞并未死亡，为维持呼吸作用，消耗植株体内营养，如将部分淀粉转化为二糖或单糖，同时少量蛋白质被分解成氨基酸为主的氮化物等。这一过程中营养物质损失约为 10%，当含水量降到 40%左右时，细胞死亡，呼吸作用停止。含水量降到 40%以下，细胞死亡，原生质通透性增大，酶参与生理生化过程，反应剧烈，使得蛋白质、维生素、胡萝卜素等大量可消化养分被分解。这一阶段营养物质的损失达 15%～30%，干燥时间越长，营养物质损失越严重。另外，植株长时间的日光“漂白”作用也使得苜蓿养分损失严重。

本试验结果表明，CP、EE 含量和 RFV 随着含水量下降而降低，NDF 和 ADF 则呈相反趋势。其中，CP 的损失集中在含水量 40%以后，由鲜草至干草共损失了 6.56%；EE 在 50%--30%时下降最快、

最多，由鲜草干燥到干草共下降了1.21%；NDF和ADF的下降以及RFV的上升均集中在含水量70~40%之间，由鲜草干燥到干草，NDF、ADF分别上升了14.41%和7.59%，RFV下降了63.93%。

5 结论

本论文通过试验的研究分析，得出以下结论：

（1）苜蓿在自然晾晒过程中，以含水量 30%为节点，初始含水量至含水量 30%苜蓿水分散失迅速，随后变慢；整个干燥过程叶片损失严重，但每日夜间叶茎比会升高。

（2）晾晒苜蓿草时，其CP、EE和RFV含量逐渐下降，而NDF和ADF逐渐上升，营养价值损失严重。CP的损失集中在含水量40%以后；EE在50%--30%时下降最快；NDF、ADF上升和RFV下降均集中在含水量70~40%之间。

参考文献（略）

中国草都紫花苜蓿安全越冬的理论和技术

孙洪仁，刘　琳，邵光武，曾　红，刘江扬
（中国农业大学草地研究所，北京 100193）

摘　要　本文系统地阐述了中国草都紫花苜蓿安全越冬的理论与技术,包括品种选择、平整土地、基施有机肥、播种期、播种方法、越冬肥、末次刈割、越冬水、解冻水和返青水等内容。

关键词　中国草都；紫花苜蓿；越冬；末次刈割；冬灌；春灌

Overwintering Theory and Technology of Alfalfa in China Forage Capital

SUN Hong-Ren，LIU Lin，SHAO Guang-Wu，ZENG Hong，　LIU Jiang-Yang
(Institute of Grassland Science，China Agricultural University，Beijing 100193)

Abstract：The overwintering theory and technology of alfalfa in China Forage Capital were systematically explained in this paper. The content included variety selecting，land leveling，base manure fertilizing，seeding time，seeding method，overwinter fertilizing，autumn cutting，overwinter watering，thawing watering and reviving watering，etc.

Keywords：China Forage Capital；Alfalfa；Overwintering；Autumn cutting；Overwinter watering；Spring watering

与紫花苜蓿安全越冬关系较为密切的理论和技术主要包括品种选择、平整土地、基施有机肥、播种期、播种方法、越冬肥、末次刈割、越冬水、解冻水和返青水等 10 项[1-3]。安全越冬的理论和技术与气候和土壤等自然条件密切相关，因而不同自然区域之间存在较大差异。中国草都——内蒙古自治区赤峰市阿鲁科尔沁旗，2012 和 2014 年两个春季，大部分苜蓿未能正常返青，损失巨大。本文系统地阐述了中国草都紫花苜蓿安全越冬的理论和技术，希望能为中国草都及整个科尔沁沙地苜蓿产业的健康发展尽一份绵薄之力。

1　品种选择

不同苜蓿品种的耐寒性存在较大差异[3]。中国草都冬季酷寒（极端低温可达-30℃），必须选择耐寒品种。选用抗寒指数 1～1.5 级或秋眠级 1～3 级的苜蓿品种较为适宜。

2 平整土地

土地平整度与苜蓿越冬关系密切。若土地不平，处在低洼部位的苜蓿可能会因土壤水分时常发生饱和而导致根腐病发生概率明显提高，越冬率大幅度降低。在风蚀区域，处在高岗部位的苜蓿将会因遭受较为强烈的风蚀作用而导致根颈严重裸露，返青率大幅度下降。中国草都风多且大，冬春季节风蚀严重，必须认真平整土地，削岗填洼，消除凸凹不平[1-3]。

3 基施有机肥

土壤有机质含量越低，持水性越差，对苜蓿越冬越不利。中国草都地处科尔沁沙地，土壤沙性，有机质含量低（大多在 1%以下），应该基施有机肥，以增加土壤有机质含量。播种前结合整地，将有机肥均匀施入耕作层，施用量以 50～100 m^3/hm^2 为宜[1-3]。

4 适宜播种期

苜蓿播种当年抗寒能力较差。播种越早越有利于苜蓿安全越冬[1-3]。中国草都冬季酷寒、土壤沙性、冬春季节风蚀严重，苜蓿越冬环境十分严酷，应该尽量早播。最早可以提前至 3 月下旬，实行顶凌播种。最迟不要晚于 8 月上旬播种，因为中国草都苜蓿至少需要 2.5 个月生长发育时间，方能做好越冬准备。

5 播种方法

不同播种方法对苜蓿越冬的影响不同。以深开沟、浅覆土为特征的犁沟播种法有利于苜蓿安全越冬[1-3]。采用该法种植苜蓿，开沟深度 3～4 cm，覆土厚度 1 cm。在苜蓿出苗后，通过风吹雨淋、灌溉水冲和机械碾压等作用，播种沟实现自然回土，可以有效增加根颈的覆埋深度，利于抵御冬春季节的低温和风蚀危害。中国草都苜蓿越冬环境严酷，推荐采用犁沟播种法。

6 越冬肥

充足的磷和钾等矿质养分对于苜蓿冬前正常生长和根部非结构性碳水化合物和可溶性蛋白质等越冬营养物质积累十分重要。钾是抗逆元素，根部富含钾素可有效增加作物抗寒性。因此，冬前施肥有利于苜蓿安全越冬。中国草都土壤沙性，养分含量低、容量小，苜蓿较易发生脱肥现象，更应重视冬前施肥。施肥时期以 9 月上旬为佳；施肥种类以磷和钾肥为主，辅以若干种微量元素肥料；施肥量因地块而异，一般而言，磷（P_2O_5）45～60 kg/hm^2 为宜，钾（K_2O）45～75 kg/hm^2 较佳[4-8]。

7 末次刈割

生长季最后一次刈割称为末次刈割。末次刈割时期对入冬前苜蓿根贮营养物质含量具有较大影响，与苜蓿越冬率及下一生长季头茬草产量密切相关。合理安排末次刈割时期，可以保障苜蓿入冬前拥有较高的根贮营养物质含量，从而为苜蓿安全越冬及下一生长季头茬草高产奠定基础[1-3]。

科学确定末次刈割时期的理论有四个。第一个理论是“杀霜日前 6 周之内不宜刈割”，换句话说就是“杀霜日前6周之外适宜刈割”。所谓杀霜日是指生长季末最低气温第一次降至零下4度以下的日期。该理论强调的是，在末次刈割之后给苜蓿留下充足的越冬准备时间，使根部能够获得充足的贮藏性营养物质。中国草都杀霜日大多数年份出现于 10 月中旬，平均日期为 10 月 16 日。自 10 月 10 日向前推 6 周为 8 月 29 日。于是可以得出结论：中国草都 8 月底之前进行苜蓿末次刈割是安全的。

第二个理论是“杀霜日后适宜刈割”。该理论强调的是，末次刈割后不要因出现再生生长而消耗苜蓿根贮营养物质。中国草都杀霜日通常出现于 10 月 20 日之前。于是可以得出结论：中国草都 10 月 20 日以后进行苜蓿末次刈割是安全的。

第三个理论由本研究团队提出——“杀霜日前第 4 周刈割危险性极大，第 3 和 5 周很大，第 2 和 6 周较小，第一周极小。”[9] 该理论强调的是，末次刈割后苜蓿再生生长消耗和积累根贮营养物质存在随时间变化的动态消长规律。依据该理论不难推出如下结论：中国草都 9 月中、下旬进行苜蓿末次刈割最为危险；10 月中旬进行苜蓿末次刈割是较为安全的。

第四个理论是 “只要与前次刈割间隔 50 天以上，就可以随时对苜蓿进行末次刈割”。该理论强调的是，在末次刈割之前让苜蓿充分生长发育，使根部能够获得充足的贮藏营养物质。该理论诞生于北美洲，应用于其它地区时需做一些调整。本研究团队认为，对于气候和土壤条件较为严酷的中国草都而言，应该调整为“只要与前次刈割间隔 60 天以上，就可以随时对苜蓿进行末次刈割”。

综上所述，中国草都末次刈割安全时期为 8 月底之前和 10 月 10 日之后；若与前次刈割间隔 60 天以上，可以随时对苜蓿进行末次刈割； 但 9 月中、下旬为极度危险期，不可进行末次刈割。

8 越冬水

北方冬季苜蓿地上部虽已停止生长，但草地依然在消耗水分。若冬季降水量明显低于苜蓿草地冬季需水量，则需在入冬之前灌足越冬水[1-3]。否则，势必发生冬季干旱。严重的冬季干旱可以导致位于地表附近的苜蓿根颈脱水死亡，从而使苜蓿失去再生能力，不能越冬返青。

由于水的热容量较大，因而土壤水分具有调节地温的作用。于是，入冬之前灌足越冬水可以减缓地温下降，进而有助于苜蓿抵御冬季严寒。

当土壤水分充足时，北方冬季表层土壤会发生冻结，抗风蚀能力大幅度提高，可有效减轻因风蚀作用而造成的苜蓿根颈裸露。因此，入冬之前灌足越冬水有利于保障苜蓿根颈覆盖，进而有助于苜蓿抵御冬季严寒。

1984-2013 年，中国草都苜蓿年均冬季需水量为 68 mm，同期降水量约为 15 mm，缺口高达 50 mm 以上。加之冬季酷寒、冬春季节风蚀严重。中国草都必须高度重视越冬水灌溉。

越冬水灌溉亦称冬灌，关键技术环节有两个[1-3]。一是把握灌溉时机。农谚说：“不冻不消，冬灌偏早；只冻不消，冬灌晚了；夜冻日消，冬灌正好”。越冬水的最佳灌溉时机为入冬前土壤夜冻昼消期。中国草都的适宜冬灌时期为霜降和立冬两个节气，正常年份最佳冬灌时期为立冬日之前、后各 1 周，即 11 月 1-15 日。鉴于中国草都机井控制面积偏大、喷灌速率偏低的现状，应于 10 月中、下旬开始冬灌，在即将进入土壤夜冻昼消期之前充分灌足底水；进入土壤夜冻昼消期后，快速适量补充灌入封冻

水。

二是掌控灌溉量。以年均冬季降水缺口 50 mm 为基本依据，结合年份保证率和灌溉效率等因素，可以得出结论，中国草都的适宜冬灌量为 60～100 mm，或 600～1000 m^3/hm^2[10-12]。

夜冻昼消期灌溉应该白天灌、夜晚停，保证灌溉水全部渗入土壤之中，避免地表积水。

9 解冻水

冬季气候偏暖致使草地耗水量偏高，或者冬季降水偏少，或者冬灌数量不足，或者冬灌偏早，都可能导致苜蓿草地在冬末土壤解冻期出现旱情。旱情严重时可以引起位于地表附近的苜蓿根颈脱水死亡，从而导致苜蓿失去再生能力，不能越冬返青。

在冬末土壤解冻期应密切关注土壤墒情。当地表出现干土层，且厚度超过 3 cm 时，就应该及时喷灌解冻水进行补墒。

喷灌解冻水宜少量多次，单次灌溉量不可过大。中国草都首次解冻水以 4～5 mm 为宜，随后可以逐渐加大喷灌量[10-12]。应严格避免因灌水过多而导致解冻层土壤水分饱和，杜绝积水现象发生。

若土壤水分充足，表土不干，或干土层较薄，不足 3 cm，则无需喷灌解冻水。

10 返青水

苜蓿返青后，只要发现土壤水分不足，就要及时灌溉，否则将会降低产草量。

单次灌溉量宜由小到大，随着土壤解冻深度的增加而逐渐增加，最终达到正常灌溉标准——30～50 mm[10-12]。

参考文献（略）

中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因

孙洪仁，武瑞鑫，李品红，曾　红，刘江扬
（中国农业大学草地研究所，北京 100193）

摘　要　本文系统地分析了影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的自然和人为因素,包括严寒、干旱、风蚀、土壤沙性、品种、播种期、播种方法、越冬肥、末次刈割和冬季灌溉等。结论如下：决定中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的主要矛盾是干旱与抗旱，中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因是冬季灌溉。

关键词　中国草都；紫花苜蓿；越冬；返青；冬季灌溉

The Key Reason of Success or Failure of Overwintering and Reviving of Alfalfa in China Forage Capital

SUN* Hong-Ren，WU Rui-Xin，LI Pin-Hong，ZENG Hong，　LIU Jiang-Yang
(Institute of Grassland Science，China Agricultural University，Beijing 100193)

Abstract: The natural and artificial factors，consisting of severe cold，drought，wind erosion，sand soil，variety selecting，seeding time，seeding method，overwinter fertilizing，autumn cutting and overwinter watering，which affected alfalfa overwintering and reviving in China Forage Capital were systematically analysed in this paper. The conclusions were as follows. The principal contradiction that determined the success or failure of alfalfa overwintering and reviving in China Forage Capital was drought and drought resisting. The key reason which affected alfalfa overwintering and reviving in China Forage Capital was overwinter watering.

Keywords: China Forage Capital；Alfalfa；Overwintering；Reviving；Overwinter watering

2012 年和 2014 年春天，中国草都——内蒙古自治区赤峰市阿鲁科尔沁旗，大面积、高比例紫花苜蓿返青不良，损失巨大。影响中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的因素有哪些？关键原因是什么？“暖冬说”、“倒春寒说”、“土壤沙性说”、“品种不当说”、“刈割偏早说”，众说纷纭，莫衷一是。本文拟在对影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的自然和人为因素进行系统分析的基础上，找出决定中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因，为中国草都及整个科尔沁沙地的紫花苜蓿越冬管理提供科学依据。

1 中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的历史回顾

中国草都 2008 年开始优质紫花苜蓿规模化生产，当年种植苜蓿 2500 亩。2009 年春天，连天公司 1000 亩苜蓿返青良好，3 个牧户 1500 亩苜蓿未能返青。2009 年无成功新建苜蓿草地。2010 年春天，连天公司已经生长 2 年的 1000 亩苜蓿再度安全越冬。2010 年成功新建苜蓿草地近 5000 亩，其中东星公司 2500 亩，3 个牧户 1500 亩，绿生源公司 500 亩，东诺尔公司 400 亩。2011 年春天，除东诺尔公司 400 亩外，其余新老苜蓿合计 5500 亩全部顺利越冬返青。2011 年，惠农、巴雅尔、绿生源、天一、东诺尔、东星和达晨等公司，及若干牧户，成功新建苜蓿草地约 10 万亩。2012 年春天，达晨公司 2700 亩和东星公司 11000 亩苜蓿返青良好，其余返青状况皆不理想，返青率多在 70%以下，30%以上地块被迫翻种或补播。2012 年成功新建苜蓿草地约 15 万亩。2013 年春天，新老苜蓿合计约 25 万亩全部顺利返青。2013 年成功新建苜蓿草地约 15 万亩。2014 年春天，地森、东星、天一、北方等少数企业和部分牧户苜蓿返青良好，天美公司部分地块返青良好，其余绝大部分返青状况皆不理想，返青率多在 70%以下，50%左右完全失去保留价值。2014 年成功补播和新建苜蓿草地约 30 万亩。2015 年春天，除一家企业近 2 万亩返青不理想外，其余新老苜蓿约 48 万亩皆顺利返青。

2 影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的自然因素

影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的自然因素主要包括严寒、干旱、风蚀和土壤沙性。

2.1 严寒

中国草都冬季寒冷，极端低温可达零下 30℃，堪称严寒。耐寒性不强的苜蓿品种难以抵御如此酷寒，不能越冬返青[1-3]。因此，冬季严寒对紫花苜蓿越冬返青构成了较为严重地威胁。

2.2 干旱

中国草都苜蓿年均冬季需水量为 68 mm，同期降水量约为 15 mm，缺口高达 50 mm 以上，干旱严重。严重干旱可以导致位于地表附近的苜蓿根颈脱水死亡，致使苜蓿失去再生能力，不能越冬返青[1-3]。因此，冬季干旱对紫花苜蓿越冬返青构成了严重威胁。

2.3 风蚀

中国草都冬季风多且大，风蚀较为严重。风蚀可以引起苜蓿再生器官——根颈裸露，致使严寒和干旱威胁加剧[1-3]。

2.4 土壤沙性

中国草都土壤沙性较重，大孔隙多，通气性强、持水量低、保水性差，保温和抗旱性能弱，不利于苜蓿抵御严寒和干旱威胁[1-3]。

3 影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的人为因素

影响中国草都紫花苜蓿越冬返青的人为因素主要包括品种、播种期、播种方法、越冬肥、末次刈割和冬季灌溉。

3.1 品种

不同苜蓿品种的抗寒性存在较大差异，选用抗寒品种有利于苜蓿抵御严寒威胁。欧洲、北美洲和亚洲各国十分重视抗寒苜蓿品种的选育，育成了大量抗寒和超抗寒苜蓿品种。许多品种可以耐受零下40℃左右的酷寒，完全能够抵御中国草都零下 30℃的极端低温[3]。中国草都选用的苜蓿品种大多可以基本满足抗寒性要求。

不同苜蓿品种的抗旱性存在较大差异，选用抗旱品种有利于苜蓿抵御干旱威胁。可能是由于干旱严重制约产草量之故，世界各国对抗旱苜蓿品种的选育重视不够。选育苜蓿品种的抗旱性都不是很强[3]。相对较为抗旱的苜蓿品种几乎都是自然形成的地方品种，如敖汉苜蓿。即便是敖汉苜蓿等较为抗旱的地方品种，也难以抵御中国草都的严重干旱。

3.2　播种期

播种期影响苜蓿御寒和抗旱。播种期过晚，不利于抵御严寒和干旱威胁[1-3]。原因有三：一是苜蓿植株没有足够的生长期为根部合成和输送充裕的贮藏性营养物质，冬季根贮营养物质含量较低；二是苜蓿根颈没有足够的生长发育期实现横向膨胀和纵向收缩，无法充分退入土中；三是苜蓿根系生长发育期不足，入土深度较浅。中国草都苜蓿播种期选择较为得当，极少出现播种期过晚的情形。

3.3　播种方法

播种方法对紫花苜蓿御寒和抗旱具有较大影响。中国草都部分企业采用以深开沟、浅覆土为特征的“犁沟播种法”[1-3]种植苜蓿，开沟深度 3～4 cm，覆土厚度 1 cm。苜蓿出苗后，通过风吹雨淋、灌溉水冲和机械碾压等作用，播种沟实现自然回土，可以有效增加苜蓿根颈的覆埋深度，利于抵御风蚀、严寒和干旱威胁。

3.4　越冬肥

越冬肥有助于提高苜蓿抗寒和抗旱能力。充裕的磷和钾等矿质养分供应可以促进苜蓿植株严冬之前的正常生长发育和根贮营养物质积累，提高根部抗逆元素——钾的含量。冬前科学施用越冬肥利于苜蓿抵御严寒和干旱威胁。中国草都越冬肥施用时期、种类、数量和方法等诸多方面皆有待改进提高[4-8]。

3.5　末次刈割

根贮营养物质是苜蓿越冬期间维持生命和早春再度发育生长的物质和能量基础。冬季根贮营养物质含量越高，苜蓿抗寒和抗旱能力越强，越有利于越冬返青。反之，冬季根贮营养物质含量越低，苜蓿抗寒和抗旱能力越差，越不利于越冬返青。

末次刈割时期对苜蓿冬季根贮营养物质含量具有重大影响。生长季末最低气温第一次降至零下 4 度以下的日期为杀霜日。距离杀霜日 6 周之前刈割，给苜蓿留下足够的越冬准备时间，使根部能够获得充裕的贮藏性营养物质，可以保障苜蓿冬季根贮营养物质含量处于较高水平。杀霜日之后刈割，不会因出现再生生长而消耗刈割之前苜蓿根部积累的贮藏性营养物质，因而不会降低苜蓿冬季根贮营养物质含量。距离杀霜日 6 周之内刈割，将会因越冬准备时间不足和再生生长消耗根贮营养物质之故，导致苜蓿冬季根贮营养物质含量降低。杀霜日前第 4 周刈割降低苜蓿冬季根贮营养物质含量最为严重，第 5 及 3 周较为严重，第 6 及 2 周较轻，第一周很轻[9]。不过，只要与前次刈割间隔 60 天以上，随时进行末次刈割都能保障苜蓿冬季根贮营养物质含量处于较高水平。显然，合理安排末次刈割时期，可

以保障苜蓿冬季拥有较高的根贮营养物质含量，从而有利于苜蓿越冬返青。

中国草都及周边地区苜蓿末次刈割时期安排不当并造成较大损失的情形常有发生。

3.6 冬季灌溉

冬季灌溉是解决冬季干旱问题的最直接有效的栽培管理措施。

冬灌可以增加土壤水分，提高土壤保温能力，减缓地温下降，利于苜蓿抵御严寒威胁。冬灌有助于表层土壤冻结，增强土壤抗风蚀能力，利于苜蓿抵御严寒和干旱威胁[9-12]。

中国草都 2014 年之前对苜蓿冬灌的重要性认识不足，对如何进行冬灌缺乏了解，不进行冬灌或冬灌不当的情形普遍发生。2014 年秋末开始，绝大多数企业和牧户都已高度重视冬灌，并掌握了科学冬灌技术。

4 中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因

通过前述分析不难看出，决定中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的矛盾主要有 2 对，一是严寒与抗寒，二是干旱与抗旱。那么，主要矛盾是哪一对呢？答案是干旱与抗旱。

如前所述，中国草都严重的冬季干旱对苜蓿越冬返青构成了严重威胁，而现有苜蓿品种不能满足中国草都的抗旱性要求。若无冬季灌溉，中国草都多数年份会因冬季干旱而出现苜蓿高比例非正常死亡，导致越冬返青率大幅度降低。

2008 年以来的生产实践亦揭示，决定中国草都苜蓿越冬返青成败的主要矛盾是干旱与抗旱。中国草都 2011 年春季和 2013 年春季苜蓿普遍返青良好，对应的 2010-2011 年度冬季和 2012-2013 年度冬季降水量较大，积雪较厚。相反，2012 年春季和 2014 年春季苜蓿普遍返青不良，对应的 2011-2012 年度冬季和 2013-2014 年度冬季降水量很小，几无积雪。并且，中国草都越冬返青失败苜蓿的典型症状主要为根颈失水萎缩干枯，干旱致死显而易见。

于是，中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因也就呼之欲出了，那就是冬季灌溉。数年的生产实践亦充分证明，冬季灌溉是中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因。

2012 年春天中国草都苜蓿普遍返青欠佳，而达晨公司 2700 亩新建苜蓿和东星公司 8500 亩新建和 2500 亩建成苜蓿返青良好，这两家公司的与众不同之处是 2011-2012 年度冬季进行了时机较为得当和数量较为充足的灌溉。2014 年春天中国草都苜蓿普遍返青不良，而地森公司 6200 亩建成苜蓿、东星公司 11000 亩建成苜蓿、北方公司 3300 亩建成苜蓿、天美公司 2000 亩建成苜蓿、天一公司 4300 亩建成苜蓿和 600 亩新建苜蓿、及部分牧户 5000 亩建成和 8000 亩新建苜蓿返青良好，这些公司和牧户的成功秘诀是在 2013-2014 年度冬季土壤结冻之前进行了较为适当的灌溉。2015 年春天中国草都苜蓿普遍返青良好，然而个别公司近 20000 亩新建苜蓿返青欠佳，该公司的与众不同之处是 2014-2015 年度冬季灌溉数量不足，而且灌溉时期偏早。

5 结论与建议

综上所述，决定中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的矛盾主要有 2 对——严寒与抗寒、干旱与抗旱，其中干旱与抗旱是主要矛盾，严寒与抗寒为次要矛盾。毋庸置疑，应该高度重视主要矛盾。次要矛盾

若处理不当则可能上升为主要矛盾，因而亦不可轻视。

中国草都紫花苜蓿越冬返青成败的关键原因是冬季灌溉。应该高度重视冬季灌溉，严格把控灌溉时期、灌溉定额和灌水定额，实施科学冬灌[12]。但对非关键原因亦不可掉以轻心，如末次刈割时期安排不当造成的损失也很大，越冬肥施用不当也会带来较大损失，品种选择若出现差错后果将会很严重。

参考文献（略）

适宜灌溉方式利于苜蓿生长并提高草产量

陶　雪[1]，苏德荣[1]，寇　丹[2]

（1.北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083；2.中国科学院植物研究所，北京 10093）

摘　要　为研究不同灌溉方式对紫花苜蓿生长的影响，在田间试验基础上进行灌溉处理，设置了地下滴灌（SDI）和喷灌(SI)2 种灌溉方式。结果表明：0～100 cm 土层内，SDI 的土壤体积含水率最高；SDI 的苜蓿株高、分枝数及单株干重均显著高于 SI，但其茎叶比显著低于 SI；SDI 两茬的苜蓿草产量分别为 4815.87 kg·hm^{-2} 和 4300.41 kg·hm^{-2}，相较 SI，SDI 下第 2 茬和第 3 茬苜蓿草产量分别提高了 14.92% 和 23.60%；SDI 两茬苜蓿的水分利用效率分别为 2.66 kg·m^{-3} 和 2.50 kg·m^{-3}，相较 SI，SDI 下第 2 茬和第 3 茬苜蓿水分利用效率分别提高了 21.46%和 34.41%。与 SI 相比，SDI 既能促进从苜蓿生长也有利于产量和水分利用效率的提高。

关键词　苜蓿；灌溉方式；生长；水分利用效率

Rational Irrigation Methods Improving Growth and Yield of Alfalfa

TAO Xue[1]，SU Derong[1※]，KOU Dan[2]

(1. Center for Grassland Resources and Ecology Research, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China，2. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: In order to explore the effects of different irrigation methods on alfalfa（*Medicago sativa*）growth, a field experiment was carried out to study the change of alfalfa growth under two different irrigation methods, including subsurface drip irrigation (SDI) and sprinkler irrigation (SI). Results showed that different irrigation methods had different effects on soil water content, and SDI treatment had the highest soil water content during the experimental stage. Plant height, primary shoot number, dry-fresh ratio and weight of each plant of SDI treatment increased significantly compared with that of SI treatment(P<0.05), but stem-leaf ratio of SDI treatment decreased significantly compared with that of SI treatment(P<0.05). In addition, this study presented that different irrigation treatments had different effects on alfalfa yield and water use efficiency. Yield of the second cutting and the third cutting alfalfa of SDI treatment ware 4815.87 kg·hm^{-2} 和 4300.41 kg·hm^{-2}, respectively. Compared with SI treatment, yield of two cuttings alfalfa of SDI increased by 14.92% and 23.60%, respectively (P<0.05). Water use efficiency of the second cutting and the third cutting alfalfa of SDI treatment ware 2.66 kg·m^{-3} and 2.50 kg·m^{-3}, respectively. Compared with SI treatment, water

use efficiency of two cuttings of SDI increased by 21.46% and 34.41%, respectively (P<0.05). Therefore, considering growth, yield and water use efficiency of alfalfa, the subsurface drip irrigation was the most suitable irrigation method in arid northwest China.

Keywords: Alfalfa; Irrigation methods; Growth; Water use efficiency

石羊河流域是我国西北旱区典型的旱区，水分亏缺一直是限制这里苜蓿增产的主要非生物因素，该流域地处我国西北干旱内陆，全年降水稀少(多年平均降水量为 164.4 mm)，蒸发强烈昼夜温差大(多年平均蒸发量 1200 mm)[1]，只要具备一定的灌溉条件，这里的苜蓿刈割后自然干燥快，营养损失小，适合苜蓿干草的规模化生产。苜蓿作为多年生饲草作物，其生育期长，一年多茬收割，耗水量较一般大田作物高[2]。因此，在石羊河流域发展苜蓿规模化种植，必须选择节水的灌溉方式。地下滴灌作为一种节水的微灌技术，具有节水、增产及提高作物品质等优点，其土壤水分主要分布在地表以下及根际附近，可显著减少土壤水分蒸发损失，关于其节水和增产效果的研究很多[3]。研究还表明，在旱区地下滴灌灌水不仅能改善苜蓿生长的微环境，促进苜蓿生长，还能显著提高苜蓿产量和水分利用效率[4]，而苜蓿规模化大型喷灌机灌溉蒸发损失严重，降低了水分利用效率，耗水量较大，造成水资源的浪费[5, 6]。因此，研究地下滴灌和地面灌溉对苜蓿生长及产量的影响，对石羊河流域发展苜蓿种植具有重要意义。

国内外已有关于紫花苜蓿的研究主要涉及水肥[7, 8]、营养品质[9]、种质基因遗传[10, 11]、生理病害[11]等方面，针对紫花苜蓿的灌溉方式也做了许多研究，主要集中在漫灌、喷灌、地下滴灌及调亏灌溉等[12, 13]。如 Ayars[14]]等的研究总结了地下滴灌在番茄、甜玉米、紫花苜蓿上的应用，结果显示地下滴灌不仅提高了作物产量，而且提高了水分利用效率。然而，苜蓿喷灌会因水汽飘移蒸发和冠层截留造成水分损失，从而降低了水分利用效率[15]。本文针对我国西北干旱地区特殊气候条件，进行地下滴灌和喷灌 2 种灌溉方式下苜蓿水分利用效率和增产效果的对比性试验，探索提高紫花苜蓿水分利用效率及干草产量的灌溉方式，以期为我国西北旱区石羊河流域紫花苜蓿规模化种植选择高效节水灌溉方式提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2014 年在中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站（N 37°52'，E 102°51'）进行，该站位于甘肃省武威市凉州区东河乡王景寨村，属典型的内陆干旱荒漠气候区。海拔 1581 m，多年平均降水量 164.4 mm，主要集中在 7—8 月份，年蒸发量 1131.5～1508.7 mm，日照时间 3000 h 以上，无霜期 150 d 以上，年均气温 8℃，土质为砂壤土，有机质含量中等，0～100 cm 土层内的平均土壤容重为 1.48 g cm^{-3}，田间持水量为 26.6%。

1.2 试验材料

以北京克劳沃草业技术开发中心提供的苜蓿品种‘皇冠’（*Medicago sativa* ‘Phabulous’）为试验材料，于 2012 年 4 月 30 日播种，人工条播，播量 30 kg hm^{-2}，播深 2 cm，行距 22.5 cm。喷灌材料：采用美

国科雨公司提供的散射式喷头，喷嘴型号为 kv8，流量 0.66 m^3 h^{-1}，弹出高度 75 mm，喷射半径 270 cm。地下滴灌材料：采用甘肃大禹节水有限公司提供的旁壁式滴灌带，内径 16 mm，壁厚 0.4 mm，滴头间距 30 cm，滴头流量 3.0 L h^{-1}。

1.3 试验设计

试验共设地下滴灌（SDI）和喷灌（SI）2 种灌溉处理，每个处理设 3 个重复，共 6 个小区。地下滴灌、小区面积为 6.0 m×2.7 m，喷灌小区面积为 2.7 m×2.7 m。为避免喷灌灌水对地下滴灌灌溉处理造成影响，喷灌小区布设在地下滴灌小区的边缘，各小区间设 1m 宽的保护带，并用黑色薄膜垂直隔离 1 m。地下滴灌处理的每个小区布设 3 条滴灌带，滴灌带行距 90 cm，埋深 30 cm，1 条滴灌带控制 4 行苜蓿，喷灌的每个小区布设 2 个位于对角的喷头。2 种灌水处理的灌水时间和灌溉量相同，所有灌水量由装在支管上的水表计数，灌溉下限的设置主要依据地下滴灌不同生育期土壤含水率对苜蓿的生长及产量的影响，并参考当地苜蓿灌溉量和以往的研究结果进行设置，即在地下滴灌的 3 个重复小区 0～100 cm 以上土层的平均土壤体积含水率达到田间持水量的 55%～65%时开始灌水，每次灌水量均为 40 mm。紫花苜蓿第 1 茬生育期间受低温天气和降雨的影响，且前一年冬灌充足，在苜蓿第 1 茬生长期各小区的土壤含水率已超过设定的灌溉下限，直至生长后期土壤含水率才下降至灌溉下限，在紫花苜蓿第 1 茬生长期没有灌水。在苜蓿第 1 茬试验期间，由于处理间各指标数据一致，差异不显著。因此本文试验数据主要取自苜蓿生长第 2 茬和第 3 茬的数据。试验进行期间，除草、病虫害防治、施肥等田间管理各处理保持一致。

1.3 测定指标与方法

土壤含水率测定：用便携式土壤水分廓线仪（Diviner2000，Sentek Pty Ltd，Australia）测土壤 1 m 深的水分含量，每 10 cm 1 层，5～7 d 测 1 次，每次灌溉前后和降雨后加测。每个小区布设 2 根测管，离滴灌带均为 22.5 cm。2 根测管土壤含水率校正后的平均值代表小区的土壤含水率。利用水量平衡法计算紫花苜蓿生育期耗水量：

$$Q = P + I + K - R - D - \Delta W \qquad (1)$$

其中 Q 为苜蓿生育期耗水量（mm）；P 为有效降雨量（mm）；I 为灌水量（mm）；K 为地下水补给量（mm）；R 为地表径流量（mm）；D 为深层渗漏量（mm）；ΔW 为土壤贮水量的变化量（mm）。试验地地下水位已达到 30～40 m 深，地势较平坦，且小区四周畦垄，通过观察土壤水分变化发现 100 cm 处的水分变化较小，故地表径流量（R）、地下水补给量（K）和深层渗漏量（D）均省略不计，均取值为 0。

生长指标测定：在苜蓿分枝期、现蕾期和初花期三个主要生育期，每个小区随机取 10 株，用直尺测株高（cm）；用游标卡尺测定茎粗（mm）；数植株主茎长出的分枝数，为一级分枝数；分别将它们的茎和叶分离，烘干后称重，计算茎叶比；每个小区随机选取 100g 左右的鲜物质，烘干后称重，计算鲜干比。

单株重、干草产量及水分利用效率测定：每个小区随机选取 5 株，烘干测单株重；初花期刈割时，各小区苜蓿测整个小区鲜重，取 500g 左右鲜物质烘干称重，计算苜蓿含水率，依据苜蓿含水率和鲜重计算单位面积苜蓿干草产量，再根据干草产量和耗水量。

$$WUE = \frac{W}{Q} \qquad (2)$$

1.4 数据处理

利用 Excel 2010 进行数据整理、简单统计分析和绘图，利用 SPSS 17.0 进行方差分析和显著性检验，方差分析多重比较采用 LSD 法进行（$P<0.05$）。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式对土壤含水率的影响

由图 1 可知，不同灌溉方式下土壤 0～100 cm 土层的体积含水率不同。第 1 茬处理间土壤含水率差异不明显，其中几个土壤含水率高峰主要受降雨的影响。在第 2、第 3 茬试验期间，SDI 的土壤含水率最高，其中第 2、第 3 茬的最大值可分别达到 18.02%和 22.24%，明显高于 SI。试验期间各处理土壤含水率呈现一致的动态趋势，伴随灌水和降雨都会出现含水率的小高峰，且第 3 茬各处理的土壤含水率比第 2 茬高，且波动较大，表明地下滴灌能够提高土壤含水率。

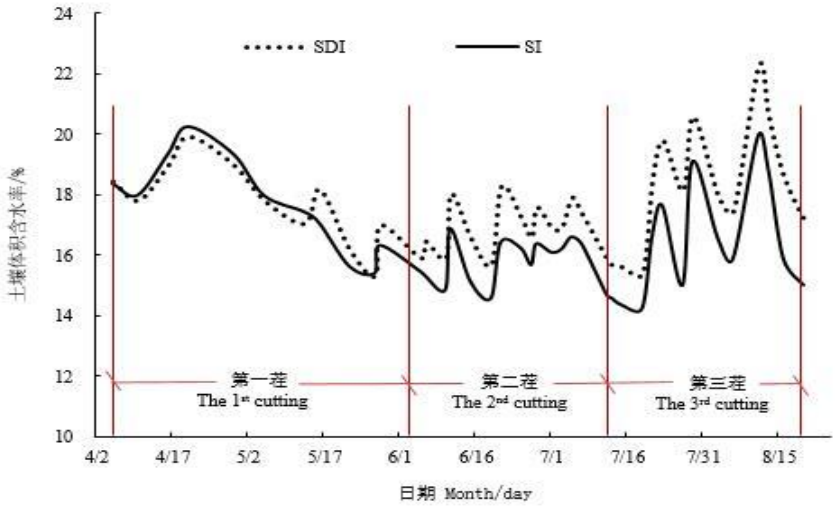


图 1 不同灌溉方式对土壤水分动态的影响

2.2 不同灌溉方式对苜蓿生长指标动态的影响

试验结果显示不同灌溉方式下苜蓿株高变化趋势不一致（表 1）。SDI 的株高最大，其中第 2 茬最大值可达 104.12 cm，第 3 茬可达 97.67 cm。分枝期，两茬试验中，SDI 和 SI 的株高差异不显著；现蕾期，各处理第 2 茬和第 3 茬苜蓿的株高从高到低依次为 SDI>SI，SDI 的株高显著高于 SI；苜蓿株高第 2 茬和第 3 茬初花期的结果与现蕾期一致，第 2 茬和第 3 茬初花期 SDI 的株高比 SI 分别提高 8.66%和 16.43%。

试验期间茬次间苜蓿茎粗在整个生长阶段存在差异。两个处理茎粗的变化不大，而在苜蓿整个生育期内，第 3 茬的茎粗各处理间均表现为 SDI 显著大于 SI，且各处理第 2 茬的茎粗较第 3 茬大（表 2）。

表 3 显示，分枝期，SDI 和 SI 间分枝数差异不显著；现蕾期，苜蓿 SDI 处理的分枝数显著多于

SI；初花期，苜蓿收割时，以 SDI 处理的分枝数最多，第 2 茬和第 3 茬分别可达 14.2 和 15.6 枝，相比 SI，第 2 茬 SDI 处理的分枝数提高了 8.98%，第 3 茬提高了 15.56%。综上所述，相比 SI，SDI 有效地提高了苜蓿的株高、茎粗和分枝数，SDI 有利于苜蓿生长的优势得到证明。

表 1　不同灌溉方式对苜蓿株高的影响　　cm

茬次 Cuttings	处理 Treatments	分枝期 Branching period	现蕾期 Squaring period	初花期 Pre-flowering period
第二茬 The 2nd cutting	地下滴灌 SDI	53.13a	79.58a	104.15a
	喷灌 SI	50.77a	69.24b	95.85b
第三茬 The 3rd cutting	地下滴灌 SDI	50.60A	77.33A	97.67A
	喷灌 SI	46.07A	65.35B	83.89B

注：同列不同小写字母表示变量之间在 $P<0.05$ 水平差异显著；同列不同大写字母表示变量之间在 $P<0.05$ 水平差异显著；下同。

Note： Different small letters in same line indicate significant difference among treatment groups with irrigation treatment at 0.05 level；Different big letters in same line indicate significant difference among treatment groups with irrigation treatment at 0.05 level；the same below.

表 2　不同灌溉方式对苜蓿茎粗的影响　　mm

茬次 Cuttings	处理 Treatments	分枝期 Branching period	现蕾期 Squaring period	初花期 Pre-flowering period
第二茬 The 2nd cutting	地下滴灌 SDI	3.06a	3.28a	3.34a
	喷灌 SI	2.77b	3.21b	3.23a
第三茬 The 3rd cutting	地下滴灌 SDI	2.45A	2.70A	3.38A
	喷灌 SI	2.12B	2.30B	2.67B

表 3　不同灌溉方式对苜蓿一级分枝数的影响

茬次 Cuttings	处理 Treatments	分枝期 Branching period	现蕾期 Squaring period	初花期 Pre-flowering period
第二茬 The 2nd cutting	地下滴灌 SDI	5.47a	10.47a	14.20a
	喷灌 SI	5.17a	9.80b	13.03b
第三茬 The 3rd cutting	地下滴灌 SDI	7.13A	11.10A	15.60A
	喷灌 SI	6.27A	9.40C	13.53B

2.3 不同灌溉方式对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响

试验期间各灌溉方式处理的茎叶比存在显著差异，且各处理之间的差异性不一致（表 4）。其中分枝期，SDI 的茎叶比显著低于 SI（$P<0.05$），相比 SI，第 2 茬 SDI 的茎叶比分别降低了 8.33%，达到

显著差异水平（$P<0.05$），第 3 茬 SDI 与 SI 的茎叶比差异不显著；现蕾期，相比 SI，第 2 茬 SDI 的茎叶比降低了 4.12%，第 3 茬降低了 6.98%，差异均显著（$P<0.05$）；初花期，相比 SI，SDI 的茎叶比降低了 4.96%，差异依然显著，SDI 第 3 茬的茎叶比显著低于 SI 处理。

表 4　不同灌溉方式对苜蓿干重茎叶比的影响

茬次 Cuttings	处理 Treatments	分枝期 Branching period	现蕾期 Squaring period	初花期 Pre-flowering period
第二茬 The 2nd cutting	地下滴灌 SDI	0.99b	1.15c	1.34b
	喷灌 SI	1.08a	1.20b	1.41a
第三茬 The 3rd cutting	地下滴灌 SDI	1.01B	1.20B	1.39B
	喷灌 SI	1.04AB	1.29A	1.57A

试验期间各处理的鲜干比均随着生育期的延长逐渐降低的趋势（表 5）。SDI 处理的鲜干比最大，但在分枝期和初花期，第 2 茬 SDI 处理与 SI 差异不显著，第三各处理在分枝期的鲜干比差异不显著（$P>0.05$）；现蕾期，相比 SI，第 2 茬 SDI 的鲜干比提高了 15.06%，第 3 茬提高了 9.92%，达到显著水平（$P<0.05$）；初花期，相比 SI，第 3 茬 SDI 的鲜干比提高了 16.24%，达到显著水平（$P<0.05$）。

表 5　不同灌溉方式对苜蓿鲜干比的影响

茬次 Cuttings	处理 Treatments	分枝期 Branching period	现蕾期 Squaring period	初花期 Pre-flowering period
第二茬 The 2nd cutting	地下滴灌 SDI	7.78a	6.19a	5.01a
	喷灌 SI	7.93a	5.38b	4.59a
第三茬 The 3rd cutting	地下滴灌 SDI	7.29A	6.54A	4.58A
	喷灌 SI	7.35A	5.95B	3.94BC

2.4　不同灌溉方式对苜蓿产量和水分利用效率的影响

本试验结果显示，不同灌水方式下紫花苜蓿的产量和水分利用效率存在显著差异，各处理两茬的单株重、产量和水分利用效率逐渐降低，而灌水利用效率逐渐增加（表 6）。相比 SI，第 2 茬苜蓿 SDI 的耗水量减少了 5.52%，第 3 茬减少了 8.18%。两茬苜蓿单株干重和产量依次减少的顺序是 SDI >SI，其中 SDI 第 2 茬和第 3 茬的单株重分别为 2.51 和 2.24g。各处理间，SDI 处理的产量最高，第 2 茬为 4815.87 kg hm^{-2}，第 3 茬为 4300.41 kg hm^{-2}，相比 SI，第 2 茬 SDI 的产量提高了 14.92%，第 3 茬提高了 23.60%，均达到显著水平（$P<0.05$）；与 SI 相比，第 2 茬 SDI 的水分利用效率提高了 21.46%，第 3 茬提高了 34.41%。 总体上各处理第 2 茬的产量和水分利用效率大于第 3 茬。

表 6　不同灌溉方式对苜蓿单株重、干草产量、耗水量和水分利用效率的影响

茬次 Cuttings	指标 Indexes	地下滴灌 SDI	喷灌 SI
第二茬 The 2nd cutting	单株干重 Dry weight of each plant/g	2.51a	2.28b
	干草产量 Hay yield/kg·hm^{-2}	4815.87a	4190.33b
	耗水量 Water consumption/ mm	181.20b	190.99a
	水分利用效率 *WUE*/kg·m^{-3}	2.66b	2.19c
第三茬 The 3rd cutting	单株干重 Dry weight of each plant/g	2.24a	1.99b
	干草产量 Hay yield/kg·hm^{-2}	4300.41a	3479.77b
	耗水量 Water consumption/ mm	171.71b	187.02a
	水分利用效率 *WUE*/kg·m^{-3}	2.50a	1.86b

注：同行不同小写字母表示变量之间在 $P<0.05$ 水平差异显著。

Note: Different small letters in same row indicate significant difference among treatment groups with irrigation treatment at 0.05 level.

3　讨论

在干旱地区，灌溉是影响土壤水分含量最重要的因素[16]。通过对不同灌溉方式下土壤含水率的研究发现，地下滴灌灌水时，湿润层主要集中在地表以下，靠近苜蓿根部，大部分水分能被根系吸收，降低了土壤蒸发量；喷灌灌水最大问题是灌水时喷头喷出的水分会出现飘散现象，在空气干燥时段灌水时造成的水汽漂移及蒸发损失不容小觑，所以喷灌处理的含水量明显比地下滴灌低，这与郭学良[5]等的研究结果一致。地下滴灌有利于保持土壤含水量，降低土壤水分蒸发。

在土壤水分达到胁迫程度时，会使得植物呈现旱生状态的结果特征，不利于植物生长[17]。本研究表明，灌溉方式的不同引起土壤含水率的差异，由于各个处理的土壤含水率不同，造成苜蓿不同程度的亏水，尤其是对照的苜蓿已呈现旱生生长状态，相比地下滴灌，喷灌处理的苜蓿生长也不同程度地受到抑制，使得苜蓿株高要低于地下滴灌的处理。在苜蓿生育期，各处理间分枝数的差异性变化是持续上升的。

茎叶比和鲜干比是衡量苜蓿品质和含水率的重要指标。紫花苜蓿蛋白质含量非常丰富，蛋白含量可达 21%以上，而其蛋白质主要集中在叶片。因此，叶片在紫花苜蓿植株中所占的比例是影响紫花苜蓿蛋白质含量多少重要因素。茎叶比越小，叶片的比例越高，营养物质含量就越多，牧草的品质也就越好，饲草就越柔软，适口性就越好，牧草饲用价值和经济价值就越大[9]。本研究发现，各处理间随着土壤水分胁迫程度的减小，苜蓿茎叶比也在降低，尤其是地下滴灌的茎叶比最小，表明地下滴灌有利于降低茎叶比，提高苜蓿叶片的量。鲜干比是指鲜草重与干草重的比例，苜蓿的鲜干比与品质呈正相关，鲜干比越高，蛋白质的含量就越高，适口性就越好，苜蓿的鲜干比在不同生长阶段的变化趋势与生物量的积累密切相关，随着生物量的增加而减小，生物量的积累速度与鲜干比的变化速度呈正相关[9]。

本文研究显示，在苜蓿生育期间，水分的短缺会导致苜蓿产量下降，这与陈萍[18]等对苜蓿的研究结果一致。在灌水时间和灌溉量相同的条件下，相比喷灌，地下滴灌的水分利用效率第 2 茬分别提高了 21.46%，第 3 茬提高了 34.41%；地下滴灌第 2 茬和第 3 茬的产量分别为 4815.87 kg·hm^{-2} 和 4300.41 kg·hm^{-2}，相比喷灌，地下滴灌的产量第 2 茬分别提高了 14.92%，第 3 茬分别提高了 23.60%，均达到显著水平（$P<0.05$），表明相较畦灌，地下滴灌能有效地提高水分利用效率，并显著提高苜蓿产量，结果与 Grimes[19]及孟季蒙[20]等的研究结果一致。

4 结论

在我国西北干旱地区，相比喷灌，地下滴灌有利于保持土壤含水量，降低水分蒸发，提高水分利用效率，具有节水的效果。在苜蓿生育期，地下滴灌有利于苜蓿生长，不仅提高了苜蓿株高、鲜干比、分枝数及单株干重，且有效地降低了苜蓿茎叶比，提高了叶片在苜蓿植株中的比例。相较喷灌，地下滴灌显著地提高了苜蓿的产量。因此从苜蓿生长、产量及水分利用效率角度来看，地下滴灌是西北干旱地区最为适宜的灌溉方式。本试验研究了不同灌溉方式对紫花苜蓿生长、产量及水分利用效率的影响，对不同灌溉方式下紫花苜蓿生产综合经济效益的比较还有待于进一步研究，以便为西北旱区紫花苜蓿种植生产选择一种经济合理、技术可行的灌溉技术提供理论及数据依据。

参考文献（略）

西北旱区苜蓿生长及光合特性对灌溉方式的响应

陶　雪[1]，苏德荣[1]，寇　丹[2]

（1.北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083；2.中国科学院植物研究所，北京 10093）

摘　要　为探讨不同灌溉方式对紫花苜蓿光合特性的影响，在田间试验基础上进行灌溉处理，设置地下滴灌（SDI）、喷灌（SI）、畦灌（BI）和试验期间不灌水（CK）四种灌溉方式进行对比性试验。结果表明：相比其他三种处理方式，SDI 能有效提高苜蓿株高、分枝数、单株重和产草量，SDI 处理干草产量比 BI、SI 分别提高了 10.56%和 14.92%，差异均显著。各处理的 Pn 和 Tr 均呈现“午休现象”，CK 最明显；SDI 的日均 Pn、Tr、WUE 及 LUE 均显著高于 BI、SI 和 CK，BI 与 SI 处理差异不显著。

关键词　西北旱区；紫花苜蓿；灌溉方式；光合特性

Response of alfalfa growth and photosynthetic characteristics to irrigation methods in arid northwest China

TAO Xue[1], SU De-rong[1]*, KOU Dan[2]

(1. Center for Grassland Resources and Ecology Research, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: To study the effects of different irrigation methods on the photosynthetic characteristics of alfalfa, a field experiment was carried out in 2014 from early June to late July at Shiyang River Basin, northwest China. The effects on photosynthetic diurnal variation were studied with using CI-340 portable photosynthesis system under 4 different treatments, including subsurface drip irrigation (SDI), border irrigation (BI), sprinkler irrigation (SI) and no irrigation during the test as control treatment (CK), and growth and yield were also studied. Under the condition of the same irrigation time and the same irrigation amount, net photosynthetic rate, transpiration rate, leaf water use efficiency and energy utilization efficiency of SDI treatment were significantly greater than BI, SI and CK treatment, and the difference between BI and SI treatment was not significant; Compared with other irrigation methods, subsurface drip irrigation reduced significantly soil water evaporation, improved the plant height, branch number and yield of alfalfa; Compared with BI, SI treatments, yield of SDI increased by 10.56% and 14.92%, respectively. This study revealed that Subsurface drip irrigation in arid northwest China was conducive to reducing soil water evaporation, keeping the soil water content, promoting growth of alfalfa, improving the alfalfa yield and increasing photosynthesis, at the same time, the study provided experimental data and theoretical basis for understanding the

relationship of alfalfa photosynthetic and yield under the different irrigation methods and guiding the alfalfa management planting.

Keywords: Arid northwest China；Alfalfa；Irrigation methods；Photosynthetic characteristics

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是我国种植面积最大的牧草，主要分布在甘肃、新疆、宁夏、内蒙古等干旱半干旱旱区，并且在我国西北旱区畜牧业发展和生态环境保护中发挥着至关重要的作用[1~2]。地处西北旱区的甘肃河西走廊石羊河流域，水资源短缺是限制当地农业可持续发展的一个重要因素[3]，选择较为节水且有利于苜蓿生长的灌溉方式是西北旱区进行苜蓿规模化生产的重要条件。国内外针对紫花苜蓿的灌溉方式做了许多研究，主要集中在地面灌溉、喷灌、地下滴灌及调亏灌溉等灌溉方式[4~6]，内容涉及灌溉条件下苜蓿水肥调亏[6]、营养品质[7~8]、种质基因遗传[9]、病害和生理[10~11]等方面。土壤水分含量直接影响作物的光合速率、蒸腾速率、气孔导度和叶片瞬时水分利用效率，从而对产量的形成造成影响[12~14]。有研究表明，灌溉方式影响土壤水分含量，不同程度的土壤水分亏缺直接导致苜蓿叶片蒸腾速率及光合速率的下降，影响苜蓿生长，最终影响苜蓿干草产量[10]。地下滴灌作为一种节水灌溉技术，在苜蓿生产中还处于初级试验阶段，其比常规灌溉节水 40%～50%，增产 20%～30%，增产效果显著[5]。苜蓿叶片的光合作用是产量的直接来源，其光合作用一直是近年来学者研究的重要对象[11,15~16]，有关不同灌溉方式下苜蓿光合特性、产量及其影响产量构成相关要素研究较少，尤其是西北旱区不同灌溉方式下苜蓿光合特性鲜有报道。本研究在我国西北干旱地区的特殊气候环境下，通过大田试验研究不同灌溉方式对苜蓿的光合特性的影响，以期为我国西北旱区大面积节水种植紫花苜蓿提供试验数据和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2014 年在中国农业大学石羊河流域农业与生态节水试验站（37°52'N、102°51'E）进行，该站位于甘肃省武威市凉州区东河乡王景寨村，海拔 1581m。多年平均降水量 164.4mm，主要集中在 7~8 月，年蒸发量 1131.5～1508.7mm，全年日照时数达 3000h 以上，年均气温 8℃，属典型的内陆荒漠气候区。试验地土壤为砂壤土，有机质含量中等，地下水埋深 30～40m，100cm 土层的平均土壤容重为 1.48g/cm^3，田间持水量（FC）为 26.56%（体积含水率）。

1.2 试验设计

供试苜蓿品种为北京克劳沃草业技术开发中心提供的皇冠（Phabulous），于 2012 年 4 月 30 日播种，播量 30kg/hm^2。2014 年 6 月初到 7 月下旬，设置了地下滴灌（SDI）、喷灌（SI）、畦灌（BI）和第二茬不灌溉（CK，对照）四种灌溉方式，苜蓿第一茬期间各处理的灌水、除草、病虫害防治、施肥等田间管理都保持一致，第二茬试验期间，除灌水外，各处理的其他田间管理保持一致。每处理设 3 个重复，共 12 个小区。

地下滴灌、畦灌和对照小区完全随机布设，为避免喷灌对其他灌溉处理造成影响，喷灌小区布设在试验区的边缘，小区间设 1m 宽的保护带并用黑色薄膜垂直隔离 1m。地下滴灌、畦灌和对照小区面

积均为 6.0m×2.7m，喷灌小区面积为 2.7m×2.7m。地下滴灌采用旁壁式滴灌带，内径 16mm，壁厚 0.4mm，滴头流量 3.0l/h，滴头间距 30cm，每个小区布设 3 条滴灌带，滴灌带行距 90cm，埋深 30cm。喷灌为散射式喷头，喷嘴型号为 kv8（由美国科雨公司提供），流量 0.66m^3/h，喷射半径 270cm，弹出高度 75mm，产品高度 120mm，每小区布设 2 个喷头，喷头位于小区的对角，喷头下部距地面高度 70cm。畦灌在四周筑埂，高 20cm，宽 20cm，直接用软管接水灌溉。试验期间三种灌水处理的灌水时间和灌溉量相同，灌水量由装在支管上的水表计数，各处理灌溉下限的设置主要参考地下滴灌处理的土壤水分含量，当地下滴灌 0～100cm 土层的平均土壤体积含水量达到田间持水量的 55%65%时开始灌水，所有处理每次灌水定额均为 0.04m^3/m^2。

1.3 *观测指标与方法*

1.3.1 气象因子

降雨量（P）、太阳辐射（Rs）、大气温度（Ta）和相对湿度（RH）等气象资料由气象站(Hobo, Onset Computer Corp., USA)获得。

1.3.2 光合生理指标

在生长第 3 年紫花苜蓿第二茬初花期选择晴天（7 月 10 日）采用 CI-340 便携式光合测定仪(CID, Inc., USA)于 7:00～21:00 对紫花苜蓿叶片光合生理指标进行测定，测定指标包括光合有效辐射（PAR）、蒸腾速率（Tr）和净光合速率（Pn）等的日变化，每隔 2h 测定 1 次。每个小区选取 3 株苜蓿，在每株植株上分别选取上和中两个枝条上健康且完全展开的功能叶两片，每小区共测 6 片并取其均值。叶片瞬时水分利用效率（WUE）和光能利用率（LUE）分别由下式计算：WUE=Pn/Tr；LUE=Pn/PAR

1.3.3 生长指标

在苜蓿刈割前测定株高，每个小区按“S”形随机取 10 株用直尺测定地面至主茎叶尖的拉直长度，并计数植株主茎长出的分枝数为一级分枝数。

1.3.4 单株重及产量

单株干重测定：每小区随机选取长势一致的 10 株植株刈割装入信封，放入烘箱烘干至恒重后称干重；产量测定：初花期刈割时，各小区苜蓿测整个小区鲜重，取 500g 左右鲜物质烘干称重，计算苜蓿含水率，依据苜蓿含水率和鲜重计算单位面积苜蓿干草产量。

1.4 *数据处理*

利用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理、简单统计分析和绘图，利用 IBM SPSS Statistics 17.0 进行相关方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 *试验地气象因子日变化*

图 1 显示的是测定光合数据当日即 7 月 10 日的气象日变化数据，可以看出，*Rs* 变化趋势呈单峰曲线，06:00 左右开始上升，夜间 *Rs* 接近 0；*Ta* 变化趋势与 *Rs* 一致，在 16:00 左右达到峰值，峰值为 27.93℃，随后温度开始下降；试验地 *RH* 变化规律为 06:00 之前基本处于稳定状态，随后持续下降，直到 16:00 左右降至最低，之后迅速升高，直至 23:00 左右达到最大值。由此可知该地区昼夜温

差大、光照好，白天有利于光合作用积累生物量，夜间低温有利于降低植物无氧呼吸，有利于提高苜蓿产量。

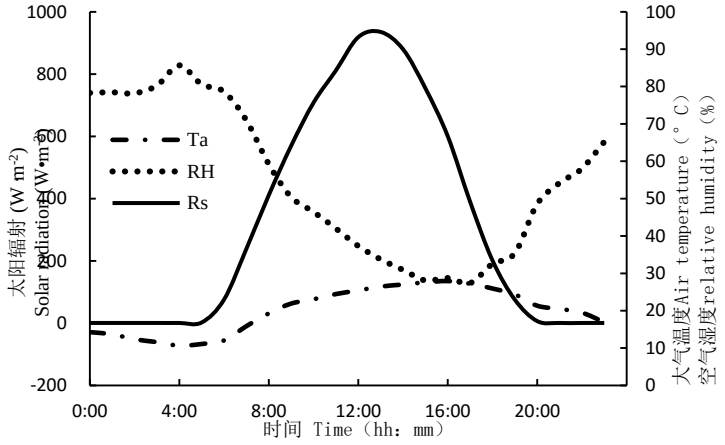


图 1　2014 年 7 月 10 日试验地气象因子的日变化

Fig.1　Variation of experimental site meteorological factors on July 10, 2014

2.2　不同灌溉方式下苜蓿叶片的光合日变化

2.2.1　不同灌溉方式对苜蓿叶片净光合速率的影响

苜蓿的净光合速率日变化如图 2 所示。苜蓿叶片光合速率日变化呈“M”形变化趋势，两个峰值分别出现在 12:00 和 16:00 左右，“午休”现象明显，其中 CK 最明显，SDI 最不明显，且在 12:00 之后 SDI 的净光合速率明显高于其他三种灌溉方式。从表 1 可看出，灌溉方式影响苜蓿日平均光合速率均值，其中 SDI 处理的日平均净光合速率值比 BI、SI 处理和 CK 分别提高了 14.46%、22.73%、50.0%，差异显著；BI 处理的日平均净光合速率与 SI 处理差异不显著，SI 处理和 BI 处理的净光合速率比 CK 处理分别提高了 31.28%、25.96%；各处理间净光合速率的大小排序为 SDI>BI>SI>CK。

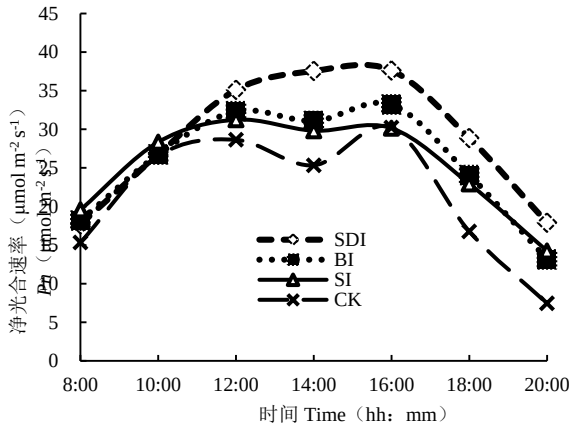


图 2　不同灌溉方式对苜蓿叶片净光合速率日变化的影响

Fig.2　Effects of different irrigation methods on daily dynamics of net photosynthetic rate of alfalfa leaf

表 1　不同灌溉方式对紫花苜蓿光合特性日均值的影响

Table 1　Effects of different irrigation methods on daily mean values of photosynthetic of alfalfa leaf

处理 Treatments	净光合速率 Pn（μmol/m^2 s）	蒸腾速率 Tr（mmol/m^2 s）	水分利用效率 WUE（μmol/mmol）	光能利用效率 LUE
地下滴灌 SDI	27.38±1.51a	9.37±0.40a	3.13±0.13a	0.067±0.004a
喷灌 SI	23.92±2.08b	8.38±0.37b	2.92±0.08b	0.058±0.002b
畦灌 BI	22.95±2.45b	8.23±0.28b	2.81±0.09bc	0.056±0.002b
对照 CK	18.22±0.58c	7.29±0.28c	2.64±0.09c	0.051±0.001c

注：表中同列小写字母表示不同处理间达到显著水平（P<0.05），下同。

Note: Small letters represent significant level at the different treatment in same line（P<0.05）, the same as below.

2.2.2　不同灌溉方式对苜蓿叶片蒸腾速率的影响

从图 3 中可以看出，不同灌溉条件下苜蓿叶片的日蒸腾速率不同，其变化趋势与净光合速率的日变化趋势相近，均为“M”型双峰曲线，峰值出现在 12:00 和 16:00 左右，“午休”现象很明显，在 16:00 之前 SDI 处理的蒸腾速率明显高于其他三种灌溉方式。从表 1 可看出，不同灌溉方式显著影响苜蓿日平均蒸腾速率，其中 SDI 处理的日平均蒸腾速率比 BI、SI 处理和 CK 分别提高了 11.81%、13.85%、28.52%，差异显著；BI 处理的日平均蒸腾速率与 SI 处理差异不显著；各处理间蒸腾速率的排序为 SDI>BI>SI>CK。

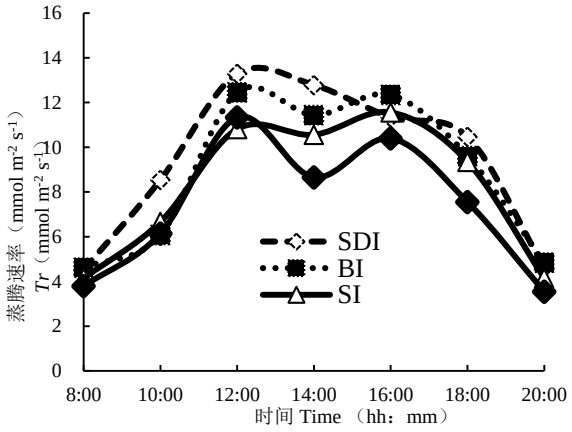


图 3　不同灌溉方式对苜蓿叶片蒸腾速率日变化的影响

Fig.3　Effects of different irrigation methods on daily dynamics of transpiration rate of alfalfa leaf

2.2.3 不同灌溉方式对苜蓿叶片日均水分利用效率的影响

如图 4 所示，不同灌溉处理下苜蓿叶片的瞬时水分利用效率变化趋势一致，基本为早晚高，正午会有 1 个小峰值，表现为“W”形的变化趋势。叶片瞬时水分利用效率的最大值均出现在 08:00 和 20:00，8:00 以后逐渐下降，在 16:00 以后又开始逐渐上升，直到最大值。从表 1 可看出，不同灌溉方式对苜

蓿叶片瞬时水分利用效率影响显著，相比 BI、SI 处理和 CK，SDI 处理的叶片瞬时水分利用效率分别提高了 7.19%、11.39%、18.56%，差异显著；相比 CK，BI、SI 处理的日均水分利用效率分别提高了 10.61%、6.44%。

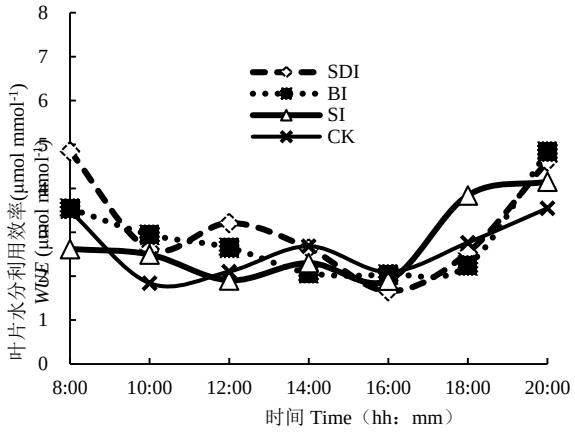


图 4　不同灌溉方式对苜蓿叶片瞬时水分利用效率日变化的影响

Fig.4　Effects of different irrigation methods on daily dynamics of WUE of alfalfa leaf

2.2.4　不同灌溉方式对苜蓿叶片光能利用率的影响

从图 5 可看出，不同灌溉条件下苜蓿叶片的光能利用率与瞬时水分利用效率的变化趋势一致，表现为早晚高，正午低的趋势，为“W”形的变化趋势。从表 1 可看出，不同灌溉方式对光能利用率也有显著影响，相比 BI、SI 处理和 CK，SDI 处理的光能利用率分别显著提高了 15.52%、19.64%、31.37%。

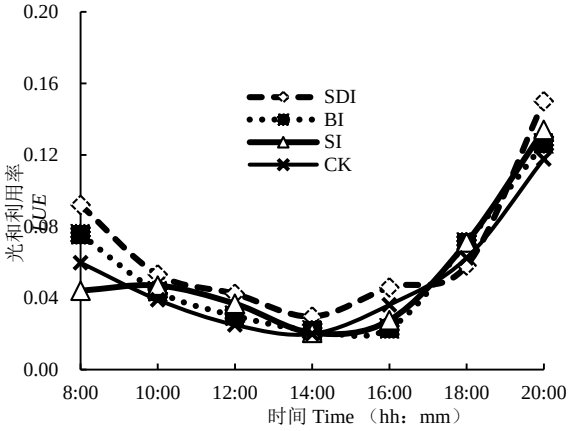


图 5　不同灌溉方式对苜蓿叶片光能利用率的影响

Fig.5　Effects of different irrigation methods on daily dynamics of LUE of alfalfa leaf

2.3　不同灌溉方式对紫花苜蓿产量及生长指标的影响

从表 2 可以看出，不同灌溉条件下紫花苜蓿产草量及相关性状差异显著。在各处理间，SDI 处理

产草量最高（4815.87kg/hm^2），相比 BI、SI 处理和 CK，SDI 处理的产草量分别提高了 10.56%、14.92%、95.10%，差异显著；而 BI 处理与 SI 处理差异不显著，但均显著高于 CK。各处理间单株重的变化趋势与产草量一致，相比 BI、SI 处理和 CK，SDI 处理的单株重分别提高了 11.21%、13.16%、116.37%，差异显著。

苜蓿收割时，以 SDI 处理的分枝数最多，可达 14.2 枝；相比 BI、SI 处理和 CK，SDI 处理的分枝数分别提高了 4.64%、8.98%、20.34%，差异显著。SDI 处理的株高比 BI、SI 处理和 CK 分别高 7.33%、8.66%、52.67%，差异显著。各个处理间除了 CK 的茎粗最小外，其他 3 个处理件差异不显著。总体来看，在苜蓿生育期间，相比畦灌、喷灌处理和对照，地下滴灌更有利于促进苜蓿植株生长。

表 2　不同灌溉方式对紫花苜蓿产草量及相关性状的影响

Table 2　Effects of different irrigation methods on yield and relative traits of alfalfa

处理 Treatments	干草产量 Hay yield(kg/hm^2)	单株干重 Weight per plant（g/株）	一级分枝数 Primary shoot number（枝）	株高 Height（cm）
地下滴灌 SDI	4815.87±41.96a	2.51±0.07a	14.20±0.36a	104.15±5.27a
喷灌 SI	4355.65±104.53b	2.30±0.05b	13.57±0.38b	97.04±1.19b
畦灌 BI	4190.33±67.47b	2.28±0.03b	13.03±0.21b	95.85±3.67b
对照 CK	2468.81±254.89c	1.16±0.04 c	11.80±0.26c	68.22±5.88c

3　讨论

灌溉方式影响处理间土壤水分含量 [6,20-21]。本试验结果表明，不同灌溉处理对土壤含水率的影响不一致，地下滴灌土壤水分明显高于其他处理，这主要是因为地下滴灌的湿润层主要集中在地表以下，大部分水分能被根系吸收，只有少部分会渗到地表上，降低了土壤蒸发量；而畦灌的水分全部分布于地表，减缓水分的入渗速度，造成蒸发增大；同理，喷灌时喷出的雾化状水会出现飘散现象，在空气干燥时段灌水时造成的水汽漂移及蒸发损失不容忽视。水分是影响紫花苜蓿进行光合作用的重要因素。灌溉方式引起土壤含水率差异，不同程度土壤水分亏缺直接导致苜蓿叶片蒸腾速率及光合速率的下降，抑制苜蓿的生长，影响苜蓿干草产量[13,22]。本试验结果表明，苜蓿的光合速率和蒸腾速率变化趋势均为双峰曲线，呈“M”形变化，光合值出现明显的“午休”现象，各处理间的变化趋势一致，但“午休”现象最为明显的是 CK，说明随着土壤水分的降低“午休”现象更为明显[23-25]。对照的光合值最小，地下滴灌处理的光合值要显著高于畦灌、喷灌及对照，这说明地下滴灌更有利于苜蓿进行光合。

本试验中对照的单株干重和产量最小，这主要是由于仅依靠降雨和土壤贮水很难保持苜蓿的正常生长，最终导致产量严重下降[9]。在灌水时间和灌溉量相同的条件下，相比畦灌、喷灌处理和对照，地下滴灌处理的产草量显著提高，而畦灌和喷灌处理间差异不显著，其主要原因是地下滴灌提高了土壤持水量，苜蓿可以充分利用水分进行生长，光合作用提高，最终产草量提高[26]。

4　结论

4.1　地下滴灌的土壤含水率在整个试验期间最高，畦灌的土壤含水量略高于喷灌，说明地下滴灌

有利于保持土壤水分含量。

4.2 地下滴灌能有效地提高苜蓿光合速率、蒸腾速率和叶片水分利用效率，进而制造更多的有机物，最终提高苜蓿产草量。

4.3 相同灌水量和灌水时间条件下，地下滴灌处理的苜蓿产草量、单株干重、一级分枝数、茎粗及株高均显著高于畦灌、喷灌处理和对照。

4.4 在西北干旱地区，灌溉是进行苜蓿种植的必要条件。从苜蓿光合特性、生长及产草量等角度考虑，地下滴灌作为苜蓿种植灌溉方式具有一定的可行性，但不同灌溉方式下苜蓿生产综合经济效益及可操作性还有待进一步研究，以便为西北旱区紫花苜蓿种植生产选择一种经济投入合理、技术可行的灌溉技术提供数据依据。

参考文献（略）

紫花苜蓿不同灌溉方式研究进展及展望

陶　雪，苏德荣

（北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083）

摘　要　紫花苜蓿是一种高耗水饲草作物,而大部分种植面积分布在我国北方干旱和半干旱地区，灌溉是保证该地区苜蓿高产重要条件。目前关于苜蓿灌溉方式研究的报道有很多,常见包括地表畦灌、大型喷灌、地下滴灌和调亏灌溉等，对苜蓿而言，灌溉方式间的差异主要体现在不同灌溉方式对苜蓿生长发育及水分利用效率等方面。本文从苜蓿不同灌溉方式对苜蓿生长发育及水分利用效率的影响方面对已有的研究进行简要的综述，旨在为苜蓿优质高产的灌溉方式研究提供理论依据，并根据目前的研究现状对相关内容进行展望，以期找到一种更加合理的节水灌溉方式，为我国紫花苜蓿大面积种植和管理提供参考，加快节水灌溉方式的推广，缓解我国北方水资源短缺的现状。

关键字　苜蓿；灌溉方式；生长；水分利用效率；研究进展

Research Progress and Prospect of Alfalfa Different Irrigation Methods

TAO Xue，SU De-rong※，

(Center for Grassland Resources and Ecology Research, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Alfalfa is a kind of high water consumption of forage crops, and most of the planting area of distribution in the arid and semi-arid area in north China. Irrigation is an important ensure for high-yielding alfalfa in the region. At present there are many studies of alfalfa irrigation methods, including common surface border irrigation, sprinkler irrigation and subsurface drip irrigation and regulated deficit irrigation, etc. Differences for alfalfa between different irrigation methods are the effect that different irrigation methods on alfalfa growth and water use efficiency, etc. From alfalfa different irrigation methods on the influence of alfalfa growth and water use efficiency of existing in this paper, a brief study aiming at high quality and high yield of alfalfa provides the theory basis for the study on irrigation, and according to the current research status and the paper points out the related content. In order to find a more reasonable way of water-saving irrigation, provide a reference for alfalfa planting and management of large area in our country, accelerate water-saving irrigation methods, and alleviate the present situation of water shortage in north China.

Key words: Alfalfa; Irrigation methods; Growth; Water use efficiency; Research progress

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是一种营养价值高、适口性好、优质高产的多年生豆科牧草，被誉为“牧草之王”，主要种植面积分布在我国水资源缺乏的北方干旱和半干旱地区。苜蓿也是一种高耗水饲草作物，孙洪仁[1, 2]等研究表明紫花苜蓿整个生育期的耗水最大可达 2 250 mm，并且苜蓿的生育期长、根系深和频繁刈割收获，因此，灌水对苜蓿的生长发育有着重要的作用，如何利用有限的水资源来促进苜蓿的生产是当前迫切需要解决的问题。因此，发展节水灌溉，保证苜蓿生长期间水分的供给势在必行。

现代节水灌溉主要包括喷灌、滴灌、微灌和调亏灌溉等灌溉技术，国内外在苜蓿节水灌溉上都取得了一定的研究成果。过去的研究表明喷灌和地下滴灌是目前世界上最先进的灌溉方法，节水效率明显，其在高产和节水上的优势明显高于很多地面灌溉，目前这两种灌溉方式在苜蓿种植生产中得到了普遍的应用。调亏灌溉是一种生物节水技术，通过对作物某个或某些生育阶段人为主动施加一定程度的水分胁迫以影响作物的生理生化过程，然后利用作物的自身适应性实现水分的高效利用和品质的改善，因为并不是作物生长的每个阶段都要充足的水分供给，调亏灌溉可以实现适时地为作物提供作物生长所需水分。近年来对苜蓿调亏灌溉的研究也表明它有很好的发展前景，将有限的水资源用到苜蓿生长最关键的时期，不仅起到节水的效果，还可以改善苜蓿质量、提高水分利用效率和产量。研究不同节水灌溉方式对苜蓿生长发育及水分利用效率的影响，制定出最佳的灌溉制度，不仅可以实现苜蓿的高产稳产和水资源的合理利用，而且对苜蓿的标准化、规模化及节水生产具有重要意义。

1　水分对苜蓿的作用

水是作物生长发育必需的要素之一，作为营养元素吸收、合成及运转的媒介，它是植株体内生理生化活动的参与者和介质。水分更是苜蓿生长发育过程中极为重要的环境因素，它不仅是构成苜蓿的主要成分，而且参与苜蓿的生理、生化、代谢和光合作用，并溶解矿物质和氧、二氧化碳，参加体内各种循环，同时水分还影响其他环境因子，对苜蓿产生间接作用，如灌溉水中的盐分也是影响苜蓿生长的因素[2]。研究表明如果水分供应不足会造成苜蓿减产，并且苜蓿干物质产量与水分利用效率呈负线性关系[3]，缺水对苜蓿生长发育及产量会产生负面影响，尤其是反映在一系列形态变化、生理生化和生产性能[4]，这也可以体现灌水对旱区苜蓿生长的重要性。

1.1　水分对苜蓿根茎叶和幼苗生长的影响

国内外研究表明，在水分充足的条件下，紫花苜蓿植株茎－节数和茎节长度均得到增加，而在水分胁迫下，成熟植株叶片和茎的生长速率明显减小[5]，叶面积减少，加速叶子的衰老和脱落，光合速率明显下降[6]。Gindel[7]也认为在水分胁迫下紫花苜蓿产量、枝条密度、植株高度及叶片大小都会减小。水分过多会影响紫花苜蓿根系生长。Teutsch 等[8]在美国俄亥俄州立大学农业研究与发展中心对播种后生长 27 d 和 21 d 的紫花苜蓿分别进行淹水 15 d 和 11 d 的田间试验，发现淹水处理 0～15 cm 土层单株根系生物量显著低于未淹水对照，淹水影响根系的呼吸作用，导致苜蓿生长受到阻碍，更有可能造成植株死亡。Thompson 等[9]在美国康奈尔大学进行盆栽试验，发现淹 20 d 后，生长 8 周的 Honeoye 苜蓿根系生物量减少 80%。最新研究结果表明，随着灌水量的增加，苜蓿不同生育期的植株高度呈增高趋势[10]，可见，相对充足灌水有利于植株的生长发育，而干旱并不利于苜蓿生长。李翔宏[11]进行了水

分对苜蓿幼苗生长的影响的研究，研究了紫花苜蓿捷达品种在幼苗生长过程中受水分影响情况，发现水分的影响作用很大，在种子出苗后，使土壤中有效含水量保持在 60%～75%左右，对苜蓿幼苗生长最有利。

1.2 水分对苜蓿产量的影响

水分是苜蓿的作用组成部分，苜蓿的水分主要通过根系吸收，所以土壤中水分含量对苜蓿的生长有重要意义。刘沛松等[12]对宁南旱区不同生长年限紫花苜蓿草地土壤水分消耗及粮草轮作水分恢复效应进行了研究，结果表明随着苜蓿生长年限延长，在 1－6 年内苜蓿草地土壤湿度下降迅速，产草量逐年上升，7 年后土壤湿度下降趋于平缓，但苜蓿产草量下降迅速，表明苜蓿生长强烈耗水引起深层土壤干燥化，导致苜蓿生长逐渐衰败，苜蓿平均降水生产效率逐年下降。

程积民等[13]的研究表明紫花苜蓿在退耕地生长年限一般为 10 年,生长的高峰期为第 4 年第 5 年，到第 6 年，由于土壤水分过耗严重，生物量开始逐年下降。张芮[14]的研究结果表明过少的土壤含水量不利于苜蓿群体干物质的积累，苜蓿具有较高经济效益时所对应的土壤含水量为 65%左右，使苜蓿具有较高的水分利用效率（WUE）和经济效益的土壤含水率下限区间为 53%～65%。

1.3 节水灌溉对苜蓿生长的重要性

综上研究所述，在一定灌水条件下，随着灌水量的增加，苜蓿生物量是会有所提高的。无论是干旱还是水分过多都会影响苜蓿的生长，节水灌溉就是根据这一点出发进行的一种有效利用水资源的方法，既不影响苜蓿正常生长，又能达到节水的目的。节水灌溉是指在充分利用天然降水满足作物水分需求，尽量少用或不用人工灌溉补水的前提下，优化调配开发利用各种可用于灌溉的水资源，减少田间输水过程中的损失和田间灌水过程中的损失，提高灌溉水效率的灌溉方式。随着全世界水资源的严重缺乏和现代科技的快速发展，现代节水灌溉取得了长足的进展，各种节水灌溉方式得到了广泛的应用，特别是地下滴灌这种精准的灌溉方式不断地在改进，对节水增产起到了重要的作用。

2 不同节水灌溉方式对苜蓿生长的影响

根据灌溉方式的不同，节水灌溉可以分为地面灌溉、喷灌、地下滴管和调亏灌溉等，依据作物的不同生产要求、灌水现状条件和经济预算等各种因素选择适合的节水灌溉方式能有效地提高苜蓿产量和改善苜蓿品质。

2.1 地面灌溉对苜蓿生长的影响

地面灌溉（surface irrigation）是灌溉水在地面流动过程中借重力和毛细管作用浸润土壤的灌水技术,表面灌溉的特点是简单,零能量消耗,没有专业劳动和易于维护。根据灌溉水渗入土壤的方式，分为:畦灌、沟灌、湿润灌、漫灌和水平池灌等，这几种不同的地面灌溉对作物的生长发育和节水效果是不相同的。研究报道，在使用地面灌溉时,如果提高灌水的分布均匀性可以实现更高效的用水效果[15]。王琦[16]等通过不同灌溉方式对苜蓿生长影响的对比试验，结果表明：在各个生育关键时期，常规漫灌和畦灌的干物质量均大于沟灌和隔沟灌，在紫花苜蓿整个生育期，在各处理中畦灌水分利用效率(WUE)最高，常规漫灌 WUE 略低于畦灌，但常规漫灌的 WUE 大于沟灌和隔沟灌，畦灌节水增产效益最明显。

从以往的研究我们知道地面灌溉作为传统的灌溉方式，灌溉水分利用效率较低，灌水不均匀， 产生了土壤养分、肥料及农药淋洗损失对地下水的污染问题，还可能导致地下水位上升，引起土壤盐碱化，破坏生态环境。尤其是漫灌造成的土壤板结和水分地表径流等不利影响，在节水效果上不如喷灌和滴灌好。Lamm[17]的试验结果表明，畦灌的水分灌溉利用效率是从 0.008 6 到 0.056 $tha^{-1}mm^{-1}$，而喷灌和地下滴灌分别是从 0.004 4 到 0.065 9 $tha^{-1}mm^{-1}$ 和从 0.028 3 到 0.227 $a^{-1}mm^{-1}$，因此畦灌不能有效地提高灌溉水的利用效率。但是不同的农作地区会因为喷灌和滴灌的大成本而限制其推广，如在摩洛哥的 Gharb 山谷，喷灌由于其高能源成本和维护问题已经被证明是失败的，相反地面灌溉在当地被广泛地使用[18]，所以在很多地区，地面灌溉任然是常用的灌溉方式。

一种有效地灌溉方式取决于它的灌水能力、有充足的水分和减少水分的损失。Rancisco[19]对葡萄不同灌溉方式的研究表明，沟灌的葡萄果实、根系的含氮量和水分利用率都高于滴灌，因此沟灌更有利于葡萄的生长。Hanson[20]研究了不同灌溉方式对莴苣生长的影响，结果表明沟灌和地下滴灌的莴苣产量相似，灌溉方式从沟灌到滴灌的转变，尽管有可能增产、减少水肥的利用和减少耕作成本，但是这些有利的条件都不是很确定的，相比沟灌来说滴灌有很多潜在的成本存在，如滴灌灌溉系统的成本、对滴灌加压的能量消耗和维护滴灌设备费用等。刘海军[21]的研究结果表明，与地面灌相比，喷灌灌水定额较小，每次灌水湿润土层也较浅，这样作物根系相对集中在土壤表层，而地面灌溉的根系相对分布要比喷灌的要广，有利于根系向下层生长吸收过多水分。

地面灌溉的一个难点是预测渗透参数，确定适时的灌溉时间。史学斌[22]的研究表明，若能改进地面灌溉灌水技术、完善灌水方案，地面灌溉同样有着较高水分利用效率和灌水均匀度。随着技术的不断发展，地面滴灌也在不断更新，因此研究地面灌溉理论，改进、完善地面灌水技术，成为灌溉农业可持续发展的一个重要课题。

2.2 喷灌对苜蓿生长的影响

喷灌（sprinkler irrigation）是一种具有节水、增产、节地、省工等优点的先进节水高效灌溉技术，可人为控制灌水量，对作物进行适时适量灌溉，不产生地表径流和深层渗漏，与地面灌溉相比可节水 30%～50%，增产 20%～30%，而且灌溉均匀、质量高，有利于作物生长发育、减少占地，能扩大播种面积 10%～30%，并且能够调节田间小气候，提高农产品质以及对某些作物病虫害起防治作用，有利于实现喷灌机械化、自动化[23]。近 30 年来，我国在喷、微灌技术研究和推广应用方面积累了丰富的经验，但主要是以蔬菜、瓜果、花卉等为研究对象，大田作物中对小麦、棉花的研究较多，而对于牧草的研究较少，特别是对于喷灌、滴灌、地面灌溉几种灌溉方式下，苜蓿节水效果和增产性的对比性实验更是缺乏研究[24]。

Albaji[25]等的研究结果表明不同类型的灌溉技术的比较表明，喷灌比地面灌溉更有效地提高土地生产率。Montazar[26]等研究应用水和喷灌均匀度对苜蓿生长和干草产的影响量，结果表明在喷灌系统中配水对苜蓿增长、干草产量、水分生产力有直接影响，增加喷灌喷头的灌水均匀性可以提高苜蓿水分生产力 2.41kgm^{-3}。喷灌相比漫灌更有利于减少地表板结，尤其是在早春播种时，喷灌也有利于苜蓿早期的发芽。Idris[27]研究不同喷灌灌水间隔天数对苜蓿的影响，结果表明间隔 8 天灌溉的苜蓿鲜重、干重和茎叶比都比间隔 12 天灌水的要高。作物在喷灌作用下，其根系一般会相对集中在表层。白文明

[28]研究了灌溉对干旱沙区紫花苜蓿生物学特性的影响，结果表明不同水分处理对紫花苜蓿植株高度、根系伸长生长和地上生物量形成的影响是不同的，较多的灌水有利于植株高度的生长，对于根系长度则相反，说明适当的干旱可以促进紫花苜蓿根系伸长生长，地上生物量则是灌水量居中的喷灌处理最高。宫飞[29]等对小麦的研究表明，喷灌尽管每次灌水量较少，但其土壤贮水量的下降速率明显低于畦灌，喷灌使灌溉水大部分集中于 0～60 cm 土层，有利于冬小麦的水分利用，喷灌可以在不降低光合的前提下减小作物的蒸腾速率，在喷灌的各生育期间作物耗水量较畦灌减少，耗水强度也相对较小，喷灌可以在产量基本不减或稍有提高的情况下节约大量灌溉水，从而提高作物对灌溉水的利用效率，所以喷灌有明显改善灌溉水利用效率的作用。

喷灌作为一种高效节水灌溉，广泛地应用到苜蓿种植中可以有效地节约用水，缓解水资源短缺的压力。但是有研究表明，喷灌会因为蒸发和冠层截留造成水分浪费。Stambouli[30]等的研究表明在喷灌过程中，有很大一部分水分在到达地面之前就会被蒸发，从而降低了水分的利用率。Lamm[31]的研究表明，在高温生长季节时，喷灌会引起苜蓿叶片烧伤，并且阶段性的喷灌也可能会降低苜蓿产量。

2.3　地下滴灌对苜蓿生长的影响

地下滴灌技术(Subsurface Drip Irrigation，SDI)是指水通过地埋毛管上的灌水器缓慢流出，渗入附近土壤，再借助毛细管作用或重力作用将水分扩散到整个根层，供作物吸收利用的灌溉方式。1913 年，美国的 House 首先进行地下滴灌的研究，由于条件受限，他得出的结论是该技术没有增加根区土壤含水量，而且应用成本太高，到 1920 年，美国加利福尼亚州的 char1 申请了一个多孔灌溉瓦罐的技术专利，这就是世界上最早的地下滴灌技术[32]。Mitcnel 等[33]研究并总结出的地下滴灌系统设计、安装和运行管理指南，这项成果的推出意味着地下滴灌技术开始步入成熟阶段。

由于地下滴灌灌水过程中对土壤结构扰动较小，有利于保持作物根层疏松通透的环境条件，并可减少土面蒸发损失，故地下滴灌技术具有明显的节水效益。Ayars 等[34]研究总结了地下滴灌在西红柿、甜玉米、紫花苜蓿上的应用，结果显示地下滴灌不仅提高了作物产量，而且提高了水分利用效率。与地面灌溉技术相比，地下滴灌具有减少地表无效蒸发、改善作物根区土壤条件、方便田间管理作业、防止毛管老化等优点[35]。对苜蓿进行喷灌时，由于水分蒸发可能加大，会降低灌溉利用效率，发展紫花苜蓿地下滴灌种植有着极其重要的意义[37]。研究报道通过试验得出，应用了地下滴灌技术的苜蓿产草量要比常规灌溉增产近 40％，增产效果显著[36]。Hansona[20]的研究表明滴灌的水量是沟灌的 44%左右，然而沟灌发生的地表径流会影响到沟灌水分的利用。

因紫花苜蓿是多年生豆科植物，一般在 3 年以上倒茬，其根系可深达 2 m 以上，采用地下滴管技术，一方面可大大降低滴管系统的投入成本，另一方面可减少因地面强烈蒸发提高苜蓿的水分利用率，因此地下滴管紫花苜蓿具有较高的推广价值。苜蓿根系生物量大、根系体积大和侧根发生多，具有较强的抗旱和丰产性能。Lamm[31]的研究结果表明在干旱的苜种植蓿地区，地下滴灌条件下一年生杂草的竞争力比地表灌溉和喷灌都有所降低，因此地下滴灌对于杂草防除也有一定效果。

地下滴灌对苜蓿生长的影响主要体现在滴灌带的流量大小、埋设深度和埋设间距等方面。吴文奇[38]等用试验研究了不同地下滴灌带布设方式对紫花苜蓿的植株高度、茎粗、分枝数、根系生长、根系密度和产量等指标的影响，结果表明，滴管带埋设深度和间距不同对苜蓿各个生育期生长特性指标影

响不同，在苗期埋设深度为 10 cm 间距为 90 cm 的处理，有利于苜蓿生长，从分枝期起，埋设深度为 30 cm、间距为 90 cm 的处理优于其他处理。

2.4 调亏灌溉对苜蓿生长的影响

调亏灌溉（Regulated Deficit Irrigation）是由澳大利亚持续灌溉农业研究所于上世纪 70 年代中期提出的一种灌溉理论，是一种人为地让作物经受适度的缺水锻炼，从而影响光合同化产物向不同组织器官的分配，以调节作物的生长进程，达到节水高效、高产优质和提高水分利用效率为目的的非充分灌溉技术[39]。调亏灌溉的研究表明，在作物生长的某一阶段进行调亏处理，可以不减少甚至可以增加产量[40]。调亏灌溉多用在大田作物上，如大豆、土豆、玉米等，对苜蓿调亏灌溉的研究也有报道。苜蓿在不同的生育期所需要的水分是各不相同的，因此有效的灌水应该是满足苜蓿对水分最为敏感的时期。

通过调亏灌溉可以实现水分和作物生产力的优化。李雪峰等[41]研究结果表明苜蓿分枝期是营养物质快速积累时期，应控制灌水，可减少苜蓿徒长倒伏，现蕾一初花期灌水有利于花芽分化，提高结实率，形成较高苜蓿种子产量，结荚期适当的补充水分，有利于苜蓿籽粒饱满。在现蕾一初花期灌水和结荚期灌水种子产量最高，达 773.41 kg/hm^2，比对照增产 53.13%。Steiner[42]等的研究结果表明，紫花苜蓿种子生产时，需要调节土壤水分，使之产生一定的水分胁迫状况，植株保持连续，缓慢的生长，促进小花结荚，避免营养徒长和严重的水分胁迫情况的发生，可以获得最高种子产量。董国峰[43]的研究表明对苜蓿的轻度调亏灌溉可以提高灌区水资源的有效利用率，产生一定的节水效应，为进一步扩大牧草种植面积和其他作物灌溉面积乃至对灌区供水方案的调整都将起到积极的推动作用。此外，轻度调亏灌溉下苜蓿的粗蛋白含量和经济效益最优，这将有利于促进灌区农牧业效益的提高和增加农民收入、改善农民生活水平。

调亏灌溉理论认为根系对于水分利用率的提高起到决定作用。根冠功能平衡学说认为根和冠既相互依赖又相互竞争[44]，作物根系在调亏灌溉条件下产生了一定的有益反应。研究认为前期（尤其是苗期）进行调亏灌溉可使作物得到干旱锻炼，增大根冠比和根活力，促进后期籽粒形成和降低根系衰老速度，有利于作物根系在时间和空间上的合理分布，促进根系的发展进而影响苜蓿的生长[39]。根冠比加大有利于水分吸收和胁迫解除后的补偿生长，这是作物适应环境胁迫的表现。适期调亏，建立庞大根系，以及在经过干旱锻炼迫使根系向纵深发展，可提高苜蓿后期抗旱能力。因此，干旱条件下，建立合理的根冠比对水分利用和产量提高是很重要的。

调控亏水灌溉理论是将水作为一种信号因子调节作物自身的抗旱潜能提高水分利用率，在一定时期主动施加一定程度的有益的亏水度，使作物经历有益的亏水锻炼后，达到节水增产，改善农产品的质量。而对作物产量没有不利影响，从而达到省水、高产和提高作物水分利用效率的一种灌溉技术，调亏灌溉既有经济效益，又具生态效益，特别是在水资源短缺或用水成本较高的北方干旱地区和半干旱地区。研究缺水条件下苜蓿调亏灌溉机理与指标，对于科学合理的利用水资源，发展补充灌溉，抗御干旱，提高苜蓿产量，改善生态环境，具有重要的意义。调亏灌溉的效应与多种因素有关，包括气候因子、作物因素及土壤条件等，因此还需在不同地域，不同气候条件下进行研究。

植物对外界环境都有一定的适应性，并且能根据具体的胁迫条件去改变自己去适应环境的变化。

因此，通过先进的现代分子育种手段，结合水分调亏灌溉，研究苜蓿对干旱的忍耐性，最终育成耐干旱的苜蓿品种，这是今后关于苜蓿的一个研究方向。

3 结语

近年来，畜牧业的快速发展，对饲料的种类、数量和质量提出了越来越高的要求，苜蓿具有“牧草之王”的美称，其蛋白质含量高达 20%以上，是畜禽最好的牧草之一。许多国家均以苜蓿作为农牧业的支柱作物，苜蓿已成为美国五大作物之一，与国外相比，我国苜蓿生产较为落后，多年来苜蓿的种植还停留在传统阶段，苜蓿作为饲草的巨大生产潜力未能充分发挥，因此今后要加大对苜蓿高产和优质的研究。随着科学技术不断地大力发展，传统的灌溉理论已经逐步被现代灌溉理论所取代。现代灌溉理论所强调的，一是要寻找作物需水的关键期（或称敏感期），即这个时期缺水对作物产量影响最大；二是要根据作物需水的关键期制定优化灌溉制度，今后在灌溉研究上要强化田间节水灌溉配套农艺技术的研究与推广。

农业节水将是缓解我国水资源供需矛盾的主要途径。随着灌溉技术的不断发展和改进，喷灌、滴灌、微喷灌和地下滴灌等节水灌溉系统被广泛地应用到各种作物的种植中，也更好地为研究紫花苜蓿提供了条件，每一种灌溉系统都有它的优点和缺点，通过合理科学的设计，它们都能很好地达到节水的效果，能有效地缓解水资源紧缺的状况。而调亏灌溉技术作为一种新的节水灌溉技术是一种既具有经济效益又具有生态效益的灌溉方法，适用于水资源短缺或用水成本较高的地区，因此今后应在苜蓿的调亏灌溉方面多做些努力，并且能将不同灌溉方式与调亏灌溉结合起来研究，促进苜蓿高产节水的种植生产。

参考文献（略）

苜蓿与运动场草坪嵌套种植模式研究
——种植规划设计

田　雪[1]，李飞飞[1, 2]，苏德荣[1]，信金娜[2]
北京林业大学草地资源与生态研究中心，北京 100083；2.北京绿冠集团生态研究所，北京 100102）

摘　要　本研究以内蒙古库布齐沙漠七星湖景区沙化草地生态恢复及牧草规模化生产为目标，将大型时针式喷灌机喷灌的牧草种植圈与运动场草坪为主体的高尔夫球场相结合，为七星湖景区规划一种以沙地旅游开发与牧草种植相结合的草地景观模式,提出苜蓿圈与高尔夫球场相结合的新规划方式。在研究区内蒙古库布齐七星湖景区规划一座 18 洞的高尔夫球场,令游客在享受运动带来的乐趣同时欣赏沙漠中造型壮观的苜蓿圈。本次规划选用 1000 亩、800 亩、500 亩三种类型的指针型喷灌机灌溉苜蓿圈，苜蓿圈与球道之间通过沙坑与高草、灌木的不同组合方式紧密结合，形成独特嵌套模式。沙地苜蓿种植与运动场草坪嵌套发展的模式充分提高了牧草的生产效率与土地利用率，对发展草地旅游具有积极意义。目前国内还未曾见到类似的草地景观规划或实施项目。

关键词　苜蓿圈；高尔夫球场；草地旅游；种植规划设计

Study on the Model of Alfalfa Planting Combined with Sports Turfgrass---Planting Planning and Design

TIAN Xue[1], LI Fei-fei[1, 2], SU De-rong[1], XIN Jin-na[2]
(1.Grassland Resources and Ecology Research Center, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Ecological Research Institute, Beijing TopGreen Group Co., Ltd., Beijing 100102, China）

Abstract: This study aimed at desertified grassland restoration and forage scale production. With the combination of the alfalfa circle and the golf course covered mainly by turfgrass, a new landscape pattern of sandy tourism development and alfalfa circle was put forward in Qixing Lake, Kubuqi Desert, Inner Mongolia. An 18-hole golf course would be planned in the area, and tourists could not only enjoy the golf fun, but also sightsee the beautiful alfalfa circle. 1000 mu, 800 mu, 500 mu of the land, respectively, were chosen to grow alfalfa, and the golf course was well integrated with the alfalfa circle, making the sightseeing very special and unique. This model would be surely to improve forage production efficiency and land use efficiency, and it would also play a positive role in the development of grassland tourism. Currently, similar grassland landscape planning and design is very few in our country.

Keywords: Alfalfa circle; Golf course; Grassland tourism; Planting planning and design

近年来，中国的城市化进程极为迅速，目前城市化率已达 47%。经济高速发展的背后也让我们对不断涌现的环境问题产生了思考，人们在探索人类物质生产需要与环境承受力之间和谐共存的同时渴望回归自然、返璞归真、强健体魄。因此生产与运动休闲相结合的产业模式应运而生。

苜蓿作为奶牛的主要饲料从 2009 年开始市场需求呈增加趋势，特别是 2010 年我国苜蓿进口量由 2009 年的 7.66 万吨增加到 22.72 万吨，2012 年飙升到 44.2 万吨[1]。在市场的拉动下，2011 年我国苜蓿种植面积由 2010 年的 274.9 万 hm^2 增加到 377.5 万 hm^2。近年来，以大型中心支轴式喷灌机喷灌苜蓿为特点的人工草地种植在干旱、半干旱的北方地区大规模发展开来，控制半径最长达 500 多米，苜蓿圈的种植形成了一幅独特壮丽的景观，吸引了大批游客的参观游览。内蒙古自治区阿鲁科沁旗在大力发展百万亩苜蓿种植的同时，正在打造国内首屈一指的“草都”，力推草地旅游业的大发展，成为规模化苜蓿生产与旅游相结合的典范。由于大型中心支轴式喷灌机控制的灌溉面积形状为圆形，在多台喷灌机控制的苜蓿喷灌圈之间必然会留下很多空地，这对提高区域开发的土地利用率带来一定影响。在苜蓿之间结合周围环境布置高尔夫球道成为一种扩大旅游产业的有效途径。

在利用苜蓿种植恢复沙地生态的基础上，将高尔夫与农业观光旅游有机结合，成为了可持续发展的一种全新尝试。一望无际的荒漠中出现一片绿洲仿佛为生带来了曙光，这片绿洲将牧草生产、高尔夫球场景观紧密结合，为人们旅游观光、强身健体提供了新的选择，也为周围居住的人民带来了福音，本着实现将荒漠区的草地进行生态恢复的愿景，本研究将提供一种高尔夫健身与巨型苜蓿喷灌圈相结合的方案。目前，国内还未曾见到类似的草地景观规划或项目的实施。

1 研究区概况

1.1 地理位置

库布齐沙漠位于内蒙古自治区鄂尔多斯杭锦旗内，地理坐标为东经 1060° 55′ 16″～1090° 16′ 02″，北纬 39° 22′ 33″～40° 52′ 14″。杭锦旗东西长 197 km，南北宽 106 km，总土地面积 18821.05 km^2，占鄂尔多斯市总土地面积的 21.9%。鄂尔多斯高原脊线北部，东、北、西三面均与黄河毗邻，分别以哈什拉川和毛布拉孔兑为界将其划分为东、中、西三段，东西宽而南北窄，北部低而南部高，中部为风成沙丘。库布齐沙漠东部水分条件较好，属半干旱区；西部降水少，跨入了干旱区。七星湖景区位于库布其沙漠腹地，黄河南岸，东临自治区首府呼和浩特，北与草原钢城包头市隔河相望，西接乌海市和宁夏回族自治区首府银川市，南邻晋、陕两省，北达 110 国道及京兰铁路，南接 109 国道和东准铁路，交通便利，旅游资源十分丰富。七星湖沙漠生态旅游区规划面积 889 公顷。其中水域面积 114.6 公顷，芦苇湿地面积 40.7 公顷，草原面积 380 公顷，沙漠面积 383.7 公顷。现已形成了一套完备的旅游综合景区。

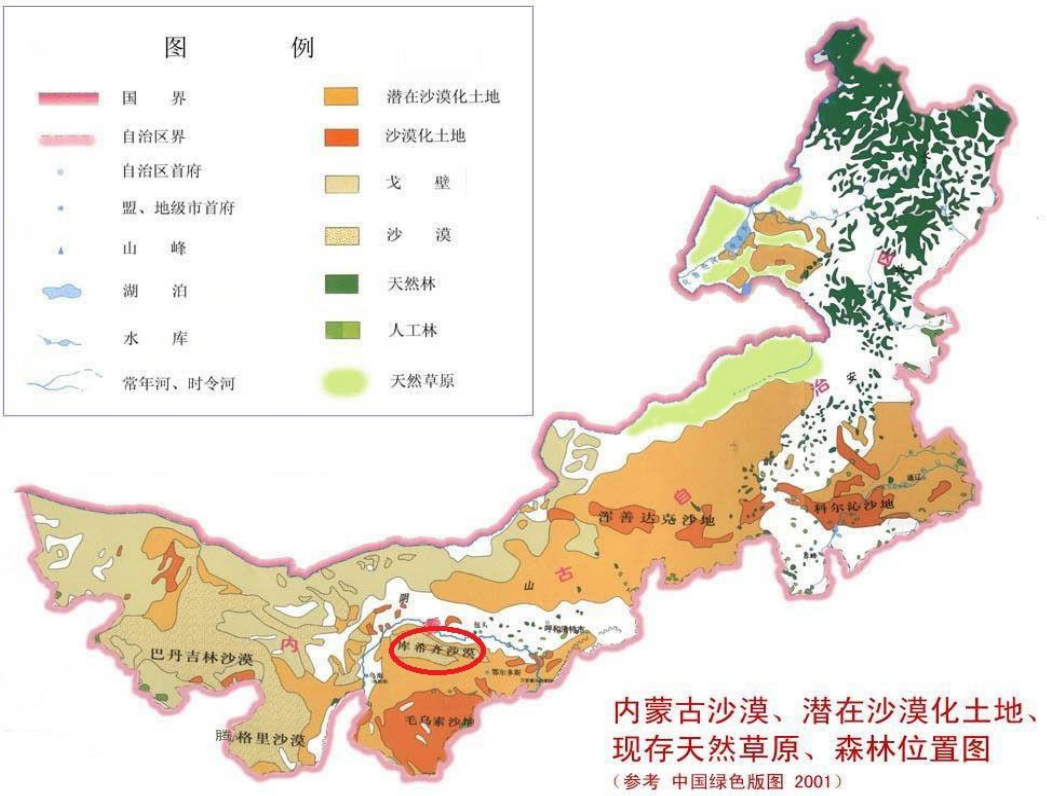


图 1-1 库布齐沙漠位置图

Fig.1-1 Kubuqi desert location map

1.2 气象条件及水文状况

库布齐沙漠属典型温带大陆性干旱季风气候。东部水分条件较好，属半干旱区；西部降水少，跨入了干旱区。库布齐沙漠气温高、温差大，年日照时数为 3000 ～ 3200 h，≥10℃有效积温 2613.2～3221.1℃，年平均气温 6℃ ～7.5℃，无霜期 122～160 d；年降水量 150～400 mm，自东向西递减，蒸发量的分布与降水相反，东小西大，年平均蒸发量为 2110～2700 mm，干燥度 1.5～4；年平均风速 3 m/s～4 m/s，大风日数 25～35 d。库布齐沙漠有发源于高原脊线北侧的季节性沟川约 10 条，并具有沟长、夏汛冬枯、含沙量大等特点。地下水埋深 1—3 m，土壤肥力也较高，出现了星罗棋布的绿洲景观，形成较优越的小气候条件。库布齐地区范围内水资源总量为 4.51 亿 m³，占全鄂尔多斯市水资源总量的 19.1%。其中，杭锦旗地表径流量年平均为 1.36 亿 m³，地下水储量开采储量 3.15 亿 m³。库布齐地区南部丘陵区域和中部沙漠区域地表水少，地下水埋深度厚（中部沙漠区域尤其如此），而北部平原区域地表水多，地下水埋深度浅。

1.3 植被与土壤条件

沙漠并非人们印象中寸草不生的不毛之地，除了沙丘之外，还分布有不同面积的植被覆盖区域，沙漠中的植物群落经过不断的演化形成了沙漠本身独特的植被景观[2]。库布齐沙漠以油蒿建群，或和沙打旺共建群落，常见灌木有沙柳、塔落岩黄芪、柠条锦鸡儿、沙拐枣、猫头刺等[3]。油蒿群落是中

国沙地上特有的一种半灌木植被，其对土壤的通气状况要求较高，并对土壤中水分的大幅度波动反应很敏感，最适于生长在半固定沙地和初期固定的沙质土壤上[4]。库布齐地区东、西部的土壤植被差异显著，东部地带性土壤为栗钙土，西部为棕钙土，西北部有部分灰漠土。河漫滩上主要分布着不同程度的盐化浅色草甸土。由于干旱缺水，境内以流动、半流动的沙丘为主，主土壤的形成发育和植被的生长演替都受到了极大的限制。库布齐地区的土壤分布除了受到生物气候条件的制约，还受地形、地貌及水文地质条件的影响。因此，既有土壤的地带性分布规律，也有土壤的隐域分布规律，致使库布齐沙漠的土壤分布复杂，类型繁多。

2　苜蓿与草坪嵌套种植方式规划

本次研究是在原有地形的基础上，结合苜蓿圈的种植，重新规划一座生产与运动休闲相结合的沙漠高尔夫球场。实现规划的基础条件为，库布齐绿化带距离黄河较近，具有丰富的水资源满足球场的用水条件，植被主要以沙漠植物为主。独特的沙漠高尔夫景观在国内也寥寥无几，依托于七星湖生态旅游区的稳定客流量，球场的客源也有一定保证，开阔平坦的地势为苜蓿圈的种植及规划球道都提供了有利条件。

2.1　总体规划

规划区占地面积约 6000 余亩。18 洞球道联系紧密，划分为 9 洞的双环球洞布局分布在大道图湖西南侧，均为顺时针环路线，球场道 1800 米。大道图湖东侧为天然形成的沼泽地，形成独特的湿地景观。会所分布在双环的中心位置，球车道贯穿连接所有球道，整个球场的道路脉络非常清晰。不同规格的苜蓿圈分布在球道周围，形成独特的视觉效果。

2.1.1　功能分区

表 2-1　规划区各区域面积

Tab.2-1 Regional area

功能区类型	面积（hm^2）	所占比例（%）
会所、练习场及广场等建筑	2.89	0.72
停车场、球场道及进场道路	5.94	1.4
草坪面积（发球台、果岭、球道）	30	7.5
水域（大道图湖、沼泽）	5	1.25
沙漠植物（沙柳、沙地柏等）	16	4
苜蓿圈面积（三种规格）	227	56.7
沙漠面积	113.17	28.3
合计	400	

会所区是整个球场的中枢环节，位置的选择十分关键。结合本项目地形、景观、周边环境的综合因素，会所布置在大道图湖西南角。该位置与主要公路联通，也可以很好的将前 9 洞与后 9 洞衔接。会所建筑计划占地约 3000 平方米。该位置可以直接眺望大道图湖，临湖球车道就可以直接出发进入

1#球道，具有绝佳的景观视野。会所周边设置了休闲广场，旅游度假村，两座切杆果岭，一座练习场。球道区与苜蓿生产区交相辉映。

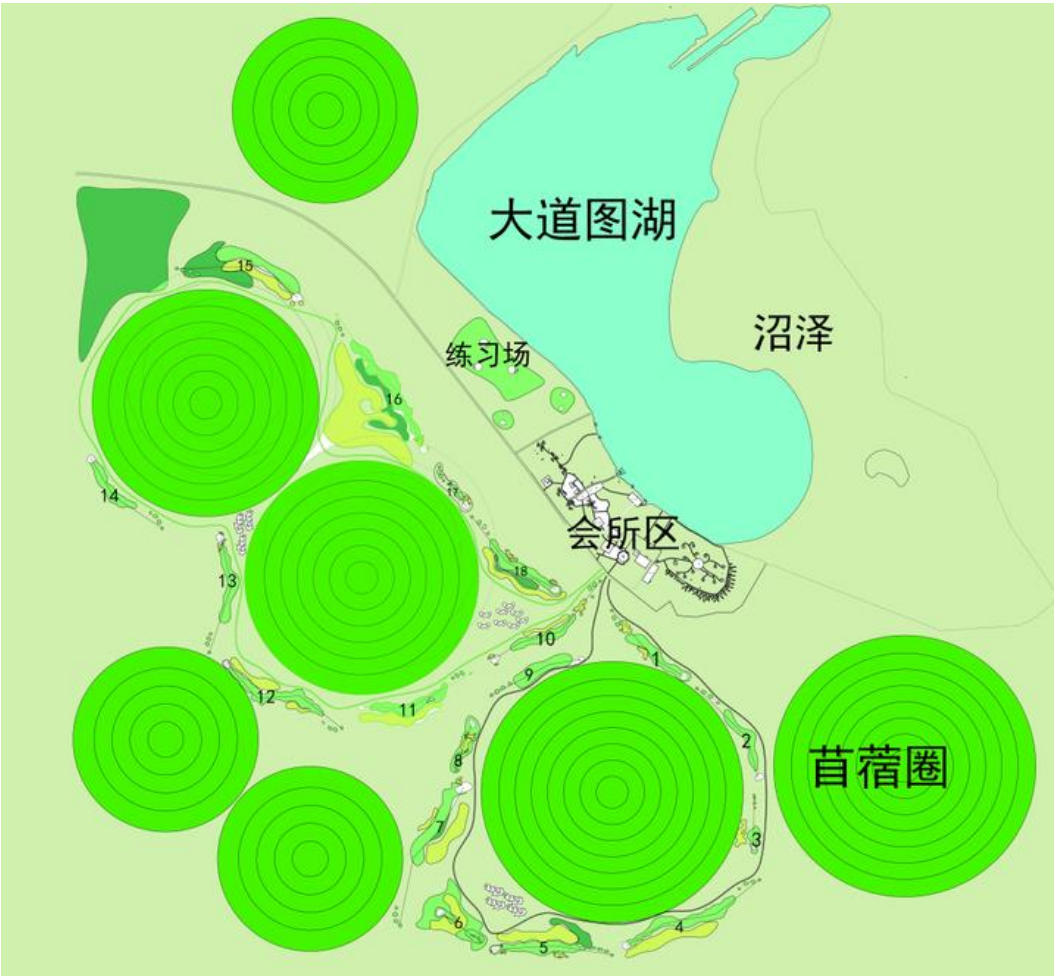


图 2-1　规划区总平面图

Fig.2-1 Master plan of planning area

2.1.2　球道与道路分析

本方案的道路分为入场公路，球场主要干道，球车道三个道路 。入场公路宽 7 米，球场主要干道宽 5 米，球车道设计的宽度为 2.8 米。球车道与球道之间也留出了安全的打球距离。

球道布局突出沙漠球场的景观特点，给人强烈的绿色与荒漠的对比。高尔夫球场草坪，按功能可分为果岭、发球台、球道和高草这四大功能区[5]。其中果岭区草坪的养护水平要求最高，是高尔夫球场草坪中最为重要的部位，但所占面积很小，其次是发球台和球道。沙漠球场将高草区的使用降到最低，主要以沙漠景观代替高草区的使用。前九洞与沼泽湿地相连，可以欣赏湿地景观。后九洞与大道图湖遥相呼应。

表 2-2　球道规划区码数表

Tab.2-2 Scorecard

HOLE 球洞	PAR 标准杆数	GOLD 金 Tee	BLUE 蓝 Tee	WHITE 白 Tee	RED 红 Tee
1	4	382	350	318	285
2	4	419	458	413	360
3	3	196	186	165	146
4	5	602	570	542	513
5	4	461	435	402	373
6	3	180	165	156	134
7	5	613	585	552	520
8	3	196	172	149	125
9	4	513	496	470	442
OUT	35	3562	3417	3167	2898
10	5	533	487	439	387
11	4	384	346	301	267
12	5	564	526	485	453
13	4	457	412	375	337
14	4	407	368	320	281
15	4	470	442	413	390
16	5	598	561	512	474
17	3	183	165	147	123
18	4	422	389	354	315
IN	38	4018	3696	3346	3027
TOTAL	73	7580	7113	6513	5925

2.1.3　苜蓿圈分析

本规划主要有三种苜蓿圈，喷灌机也选用三种类型。苜蓿圈与球车道要留出足够的安全距离，让球手在享受打球乐趣的同时可以欣赏巨大的苜蓿圈的视觉效果。苜蓿圈通过沙漠球场特有的巨型沙坑及高草景观衔接，可以形成成片的景观，有利于视觉的连贯性，游人可以近距离欣赏。球道与苜蓿圈的结合方式多种多样，可以结合沙地植物沙柳等，空白区域可以种植野生苜蓿，尽量保留原始植物地貌。苜蓿圈内的喷灌机尾枪喷射的水可以浇灌野生苜蓿及高草，节约水资源。大面积的沙坑与沙漠景观交相辉映，与沙漠浑然天成，是天然的障碍物。大面积的沙坑是该类球场的特色景观。

表 2-3　指针式喷灌苜蓿规划

Tab.2-3 Pointer type sprinkler shape for planning

控制面积（亩）	控制半径（米）	跨体长度（米）	跨数（个）	悬臂长度（米）	最小用水量（m³/h）	规划数量（个）
1000	461	57	8	6	170	2
800	412	57	7	12	136	2
500	326	63	5	12	85	3

图 2-2　苜蓿圈示意图

Fig.2-2　Alfalfa circle

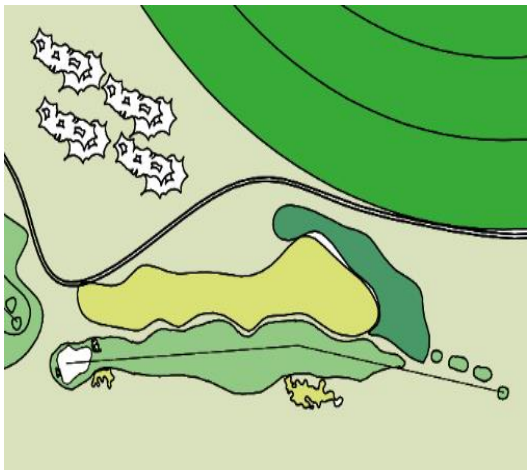


图 2-3　球道与苜蓿圈的结合方式

Fig.2-3　The combination of fairway and alfalfa circle

2.2　SWOT 分析

SWOT 分析又叫态势分析法，是一种能够比较客观且准确分析研究对象的方法。S 代表优势（Strength）、W 代表劣势(Weakness)、O 代表机会（Opportunity）、T 代表威胁（Threat）。前两部分主要用来分析内部条件，后两部分分析外部条件[6]。本次研究项目的优势为利用原有的地形，将苜蓿生产与体育休闲有机的结合在一起，提高土地利用率、增强防风固沙功能的同时促进了生产，可以给观光者提供一种全新的视觉享受。劣势为原有地形以沙漠为主，球道的造型与草坪的种植都具有一定难度，球道分布比较分散，球道的管理及灌溉难度较大，俱乐部污水排放需严格控制[7]。高尔夫球场因其类型特点不同，对灌溉水源选择也不尽相同[8]。机会为高尔夫与牧草生产结合可以吸引更多的旅游者来到项目区，服务业与农业的结合创造了更为广泛的就业机会。牧草产品可以与球场草屑以不同比例混合形成草产品直接外销，提高了的项目收益。威胁为苜蓿圈游览与打球的线路需留出一定安全距离，以免造成击球对喷灌机的破坏或人员的伤害，同时，游客也可进入苜蓿圈近距离欣赏景观。

3　讨论与结论

采用中心支轴式喷灌机规模化发展优质牧草，在半干旱农牧交错带治理退化、沙化草地已取得了显著的成绩。本研究中，苜蓿种植与运动场草坪嵌套的发展模式将对发展草地旅游具有积极意义。

图 3-1　七星湖景区鸟瞰图

Fig.3-3 Aerial map of Qixing Lake

高尔夫球场的建造与苜蓿圈的建植面积巨大，在管理与灌溉时都面临很大的挑战，如何将水资源及人工管理的利用率提高，是将两者有机结合亟需考虑的问题。依据苜蓿圈的面积可以选择不同型号的指针式喷灌机。本次规划选择了控制面积为 1000 亩、800 亩、500 亩的大型圆形喷灌机，依据球道的长度与宽度，大型的苜蓿圈可以更好的与球道结合构成连贯的视觉效果。游客可以自由通过进入苜蓿圈观赏。同时，处理草样的仓库与操作间要与高尔夫会所及农机库保持距离。牧草生产与高尔夫球场的景观交叉的同时，彼此要保留完整的功能。

苜蓿种植与高尔夫球场相结合的规划在国内尚属首例，这是一种全新的模式探索，也是整合不同业态的一次尝试。高尔夫球场的建造可以满足高尔夫爱好人群的需要，在享受打球乐趣强身健体的同时又与苜蓿规模化实际生产相结合，丰富沙漠景观的同时又可以开发出新的草产品。这无疑为修复沙漠土地提出了一新种解决方式。

参考文献（略）

不同覆膜材料下不同播量对紫花苜蓿生产性能的影响

王维中，曹志东，马先锋，周泉佚
（定西市种草饲料站，甘肃定西 743000）

摘　要　本研究利用黑膜、白膜两种材料在全覆膜栽培方式下，观测不同播量对紫花苜蓿出苗率、株高、根粗、叶面积及鲜草产量的影响，结果表明：在黑膜处理下，出苗率较白膜提高 8.9－44.4%；在白膜处理下，其株高较黑膜高；在黑膜处理下茎叶比较白膜高；在覆膜条件下，根平均直径为 0.48cm，而同样在未覆膜条件下，根平均直径为 0.29cm，差异极显著；在全覆膜条件下，岩石叶面积较陇中的大，差异极显著；在黑膜条件下，取得最高鲜草产量，岩石 10 鲜草产量达到 2473kg/亩。

关键词　覆膜材料；播量；紫花苜蓿；生产性能

Different Seeding Rate on Different Film Materials Alfalfa Production Performance

Wang Weizhong , Cao Zhidong, Ma Xianfeng, Zhou Quanyi
(Dingxi City grass feed station, dingxi, gansu, 743000)

Abstract: In this study, black film, white film coated both materials under full cultivation, observing different seeding rate on alfalfa germination rate, plant height, root diameter and leaf area and the fresh yield results showed that: in under black film processing, germination rate increase over white film 8.9-44.4%; white film processing at its height higher than the black film; in the black film processing stem relatively high albuginea; in coating conditions, root mean diameter of 0.48cm, and is not covered under the same conditions, the root mean diameter of 0.29cm, the difference was significant; the conditions in the whole film, rock Long leaf area than the big, significant difference; the conditions under black film , to achieve the highest fresh yield, 10 fresh rock production reached 2473kg / mu.

Keywords: graft material; sowing rate; alfalfa; Performance

作物的产量与群体密度相关，种植密度和种植方式在很大程度上影响群体结构，进而影响作物群体光能利用和干物质生产，而不同作物品种只有在适宜群体构成的条件下才能获得较高的产量和产投比。苜蓿产量的主要由单位面积株丛数、每植株枝条数和枝条重量所构成。在一定范围内，产量随密度的增加而增加，但超过一定限度，导致单株分枝数以及单茎重的下降，从而引起减产，并对品质产生影响，因此，通过播量调节、建立合理的覆膜条件，解决干旱半干旱地区苜蓿水分利用问题，充分

利用光能和空间，是干旱半干旱地区苜蓿获得高产的关键。但是在生产上，关于全覆膜及全覆膜土穴播苜蓿的研究较少，因此，研究紫花苜蓿在全覆膜及全覆膜土穴播条件下合理的播量，对于干旱半干旱地区紫花苜蓿生产高产优质紫花苜蓿有重要意义。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验地位于甘肃省定西市安定区凤翔镇侯家川村，属典型的大陆性气候，处于干旱向半干旱区过渡地带，海拔1972米，土壤类型为黄绵土，PH为7.85，有机质45.47g/kg，全磷1.1 g/kg，速磷11.74mg/kg，全氮1.02g/kg，速氮30.1mg/kg，速钾133.09mg/kg，硝态氮52.69mg/kg，铵态氮106.53 mg/kg。年平均太阳辐射量141.4千卡/cm^2，年平均日照2590.1小时。年均气温6.7℃，极端最高温31.3℃，极端最低气温零下24.1℃。无霜期142天，正常年降水量400毫米左右，多集中在秋季，蒸发量高达1500毫米。

1.2 试验材料

供试品种为岩石，由北京佰青源畜牧业科技发展有限公司提供，陇中紫花苜蓿由定西市种草饲料站提供。

2 试验方法

2.1 试验设计

试验采用随机区组排列，3次重复，小区面积15m2（3m*5m），2014年6月16日播种。采用全覆膜方式（黑膜、白膜），膜宽1.2m，厚0.008mm，种子选用陇中苜蓿、岩石两个品种，以6粒/穴、10粒/穴、14粒/穴以及陇中：岩石3：3粒/穴、陇中：岩石5：5粒/穴、陇中：岩石7：7粒/穴处理播种。

2.2 试验管理

试验地肥力中等、地力均匀。栽培管理均按当地全覆膜作物种植习惯和水平进行。亩施农家肥1350公斤，尿素5公斤，过磷酸钙30公斤，期间人工除草2次，并做好病虫害防治工作。

2.3 测定项目与方法

出苗率 分别按播种穴数和播种粒数计算实际出苗率。

株高（绝对高度）每次苜蓿刈割前每小区采用随机取样法选择测定植株，每株自地面量至生长点。每个小区测定30株。

根粗 在第二茬收获后随机在覆膜与露地条件下挖取5组苜蓿根茎，每组10株，利用游标卡尺测定其直径。

叶面积 在每小区分别选冠层发育良好的健康分枝，取倒数第3层叶片，用叶面积扫描仪测定叶面积。

产量 各处理每次留茬5cm刈割后，测小区鲜草产量，并测定茎叶比。

3 试验结果与分析

3.1 不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿出苗率的影响

表 1 不同覆膜材料下不同播量紫花苜蓿出苗率(%)

覆膜材料	品种	重复 1	重复 2	重复 3	平均	5%水平	1%水平
	岩 6	25.6	10.0	52.2	29.3	bcd	AB
	岩 10	44.4	42.2	47.8	44.8	abcd	AB
	岩 14	56.7	51.1	42.2	50.0	abc	AB
	陇 6	21.1	8.9	21.1	17.0	d	B
白	陇 10	17.8	21.1	27.8	22.2	cd	AB
	陇 14	18.9	14.4	17.8	17.0	d	B
	陇岩 3：3	21.1	23.3	35.6	26.7	cd	AB
	陇岩 5：5	27.8	33.3	46.7	35.9	abcd	AB
	陇岩 7：7	18.9	32.1	50.0	33.7	abcd	AB
	岩 6	56.7	48.9	35.6	47.1	abcd	AB
	岩 10	81.1	45.6	52.8	59.8	a	A
	岩 14	81.1	33.3	62.2	58.9	ab	A
	陇 6	55.6	27.8	22.2	35.2	abcd	AB
黑	陇 10	67.8	52.2	28.9	49.6	abc	AB
	陇 14	73.3	47.8	63.3	61.5	a	A
	陇岩 3：3	26.7	31.1	64.4	40.7	abcd	AB
	陇岩 5：5	41.1	50.0	48.9	46.7	abcd	AB
	陇岩 7：7	83.3	22.2	49.1	51.5	abc	AB

注：此表为按穴出苗率。

表 2 不同覆膜材料下不同播量紫花苜蓿出苗率(%)

覆膜材料	品种	重复 1	重复 2	重复 3	平均	5%水平
	岩 6	8.3	4.6	17.2	10.1	ab
	岩 10	15.4	17.4	13.6	15.5	ab
	岩 14	12.9	18.3	18.5	16.6	ab
	陇 6	7.6	2.8	6.3	5.6	b
白	陇 10	5.2	3.8	6.6	5.2	b
	陇 14	5.0	3.6	3.0	3.9	b
	陇岩 3：3	9.4	9.3	17.2	12.0	ab
	陇岩 5：5	8.2	7.3	10.0	8.5	ab
	陇岩 7：7	3.7	9.1	18.0	10.3	ab

	岩 6	30.4	25.2	11.5	22.3	a
	岩 10	44.8	9.4	20.4	24.9	a
	岩 14	41.0	6.1	26.2	24.4	a
	陇 6	18.1	7.6	9.4	11.7	ab
黑	陇 10	15.6	15.9	7.3	12.9	ab
	陇 14	26.5	10.0	19.6	18.7	ab
	陇岩 3：3	8.1	9.8	26.7	14.9	ab
	陇岩 5：5	14.1	12.0	12.6	12.9	ab
	陇岩 7：7	27.2	4.4	11.8	14.5	ab

注：此表为每穴播种粒数出苗率。

各参试品种出苗率统计结果见表 1、表 2，经统计分析结果表明：

由表 1 可以看出，2 组处理中按穴出苗率黑膜各组出苗率均高于白膜各组处理，出苗率提高 8.9－44.4%，差异达到显著水平。9 个试验处理中，黑膜全覆膜处理整体出苗率比白膜高，比白膜高 8.9-44.4%，差异显著。在白膜处理中，出苗率以岩石 14 最高，达到 50%，岩石整体上出苗率高于陇中，陇中 6 及陇中 14 最低，为 17.8%，组内差异显著；在黑膜处理中，出苗率以陇中 14 最高，达到 61.5%，陇中 6 最低，为 35.2%，但是平均出苗率低于岩石，组内差异显著。

由表 2 可以看出，2 组处理中按点播种子数量的出苗率，黑膜各组处理均高于白膜，出苗率提高 2.9-14.8%，差异显著。白膜处理中，出苗率以岩石 14 最高，达到 16.6%，陇中 14 最低，为 3.9%；陇中 3 组处理与岩石、陇中岩石混合相比，差异显著。黑膜处理中，以岩石 10 出苗率最高，达到 24.9%，陇中 6 最低，为 11.7%，各处理间出苗率差异不明显。

3.2　不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿株高的影响

表 3　不同覆膜材料下不同播量紫花苜蓿株高(cm)

覆膜材料	品种	一茬高度(cm)				二茬高度(cm)			
		重复 1	重复 2	重复 3	平均	重复 1	重复 2	重复 3	平均
	岩 6	72.2	59.2	67.2	66.2		41.3	34.7	38.0
	岩 10	78.1	58.1	69.7	68.6	42.2	29.2	37.2	36.2
	岩 14	55.5	74.3	56.2	62.0	48.1	28.1	39.7	38.6
	陇 6	57	60.4	68.6	62.0	25.5	44.3	26.2	32.0
白	陇 10	61.3	68.5	67.1	65.6	27	30.4	38.6	32.0
	陇 14	51.4	60	55	55.5	31.3	38.5	37.1	35.6
	陇岩 3:3	65.4	74.5	70	70.0	21.4	30	26	25.8
	陇岩 5:5	73	70	72	71.7	35.4	44.5	41	40.3
	陇岩 7:7	69.9	71.1	70	70.3	43	40	42	41.7

	岩 6	68.7	71.2	69	69.6	39.9	41.1	22.6	34.5
	岩 10	54.7	71.1	63	62.9	38.7	41.2	27.9	35.9
	岩 14	57.4	76.9	71.6	68.6	24.7	41.1	28.9	31.6
	陇 6	67.2	66.1	52.6	62.0	27.4	46.9	39	37.8
黑	陇 10	58.1	60.4	57.9	58.8	37.2	36.1	41.6	38.3
	陇 14	60.2	61.9	58.9	60.3	28.1	30.4	30	29.5
	陇岩 3:3	64.1	63	67.9	65.0	30.2	31.9	37.9	33.3
	陇岩 5:5	50.1	63.2	72.4	61.9	34.1	33	42.4	36.5
	陇岩 7:7	71.3	64.7	61.9	66.0	20.1	33.2	31.9	28.4

各处理株高统计结果见表 3，经统计分析结果表明：9 个处理中，第一茬株高最高的是白膜全覆膜条件下的陇：岩 5：5，为 71.5cm，最低的为白膜条件下陇中 14；与黑膜处理相比，岩石及陇中苜蓿单播株高比白膜处理高，混播比白膜处理低。第二茬株高最高的是黑膜处理下的陇：岩 7：7，为 41.5cm，最低的是陇：岩 3：3，为 25.7cm；与黑膜处理相比，白膜处理整体株高较高，这可能与白膜条件下地温高，增加了植株光合作用有关。

3.3 不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿茎叶比的影响

表 4 不同覆膜材料下不同播量紫花苜蓿茎叶比

覆膜材料	品种	茎叶比				5%显著水平	1%极显著水平
		重复 1	重复 2	重复 3	平均		
	岩 6	0.67	0.48	0.84	0.66	bc	BC
	岩 10	0.54	1	0.84	0.79	bc	ABC
	岩 14	0.88	0.92	0.88	0.89	ab	ABC
	陇 6	0.86	1.07	0.91	0.94	ab	ABC
白	陇 10	0.49	0.57	0.46	0.51	c	C
	陇 14	0.61	0.7	0.65	0.65	bc	BC
	陇岩 3：3	0.67	0.65	0.55	0.62	bc	BC
	陇岩 5：5	0.76	0.85	0.96	0.86	abc	ABC
	陇岩 7：7	0.7	0.74	0.53	0.66	bc	BC
	岩 6	0.84	0.79	0.87	0.83	abc	ABC
	岩 10	1.2	1.1	1.3	1.2	a	A
黑	岩 14	0.91	0.81	0.77	0.83	abc	ABC
	陇 6	0.84	0.81	0.79	0.81	bc	ABC
	陇 10	1.25	0.69	0.94	0.96	ab	AB

陇 14	0.54	0.69	0.76	0.66	bc	BC
陇岩 3：3	0.59	0.82	0.67	0.69	bc	BC
陇岩 5：5	0.65	0.64	0.66	0.65	bc	BC
陇岩 7：7	0.86	0.9	0.61	0.79	bc	ABC

各处理茎叶比统计结果见表 4，经统计分析结果表明：在 9 个处理中，黑膜全覆膜处理茎叶比与白膜处理相比，黑膜处理相对较高，茎叶比最高为岩石 10，为 1.2，最低为白膜处理的陇中 10，为 0.51，差异显著，黑膜、白膜处理组内差异均不明显。

3.4　不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿根粗的影响

表 5　覆膜条件与未覆膜条件根粗对比

序号	覆膜(cm)						未覆膜(cm)					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
1	0.7	0.6	0.7	0.4	0.4	0.56	0.2	0.3	0.15	0.1	0.1	0.17
2	0.3	0.3	0.5	1	0.8	0.58	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3
3	0.5	1.1	0.7	0.4	0.6	0.66	0.15	0.3	0.3	0.4	0.3	0.29
4	0.6	0.2	0.4	0.4	0.2	0.36	0.4	0.2	0.3	0.15	0.1	0.23
5	0.2	0.5	0.4	0.3	0.5	0.38	0.3	0.2	0.3	0.3	0.6	0.34
6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.36	0.5	0.7	0.4	0.3	0.35	0.45
7	0.6	0.7	0.4	0.9	0.4	0.6	0.25	0.15	0.1	0.4	0.5	0.28
8	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.32	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.28
9	0.15	0.8	0.6	0.6	0.4	0.51	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.24
10	0.5	0.4	0.5	1	0.15	0.51	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.28

覆膜条件及未覆膜条件下根粗统计结果见表 5，经统计分析结果表明：在覆膜条件下，根平均直径为 0.48cm，而同样在未覆膜条件下，根平均直径为 0.29cm，差异极显著。且未覆膜条件下的紫花苜蓿比覆膜条件下种植日期早 14 天，所以，覆膜对紫花苜蓿的生长发育具有极大的促进作用。

3.5　不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿叶面积的影响

表 6　覆膜条件下不同品种紫花苜蓿叶面积(cm^2)

品种	1				2				3				4			
	中	左	右	合计	中	左	右	合计	中	左	右	合计	中	左	右	合计
岩 6	7.4	7	5.7	20	4.38	2.5	1.8	8.7	8.3	8.1	6.8	23	4.2	3.4	3.2	11
岩 10	4.7	4.1	4.6	13	4.1	2.4	2.8	9.3	6.7	5.7	5.5	18	5.9	7.3	6.7	20
岩 14	4.5	3.5	4.3	12	4.5	3.8	3.8	12	5	6.8	6	18	4.5	3.8	3.5	12
陇 6	1.7	1.5	1.4	4.7	2.73	2	2.1	6.8	1.6	1.4	1.2	4.2	2.4	1.7	1.6	5.8
陇 10	2.7	1.8	1.5	6	2.48	2.1	2.2	6.8	3.2	2.9	2.3	8.3	2.5	1.3	1.5	5.3
陇 14	4.6	3.2	4.6	12	4.21	4.2	4.7	13	6.3	4.4	5.2	16	2.6	3.1	2.6	8.4

品种	5				6				7				8			
	中	左	右	合计	中	左	右	合计	中	左	右	合计	中	左	右	合计
岩 6	5.3	4.5	3.9	14	3.17	2.8	2.9	8.9	5.6	5.2	4.8	15	6.7	6.1	5.9	19
岩 10	5.8	5.3	4.8	16	4.64	3.9	3.5	12	8.7	8.2	8.2	25	8.7	6.7	6.5	22
岩 14	7.3	6	5.8	19	4.5	3.5	3.5	12	5	3.8	5.3	14	4	4.5	5.3	14
陇 6	2.6	1.8	1.7	6.1	1.58	1.3	1.3	4.2	5.6	5.4	5	16	2.3	2.1	2.4	6.9
陇 10	2.2	3.1	1.9	7.1	3.09	3.4	2.8	9.3	3	1.8	2.3	7.1	2	1.2	1.2	4.4
陇 14	3.1	2.2	3.1	8.4	3.32	2.7	2.6	8.7	2.7	2.8	2.9	8.4	4.1	3	3.4	10

注：左、中、右分别为一柄苜蓿叶子上的三片叶片。

各处理叶面积统计结果见表 6，经统计分析结果表明：混播及单播第一茬草产量品种特征表现明显，在第二茬收获时陇中苜蓿出现叶片变黄，叶型变圆的现象，已失去原有品种叶片长条型的特征，表现出极度不适应覆膜条件种植的特性。在覆膜条件下，选冠层发育良好的健康分枝，取倒数第 3 层叶片测量叶面积，随机测量 8 组。叶面积最大的为岩石 10、岩石 6，平均单片叶面积分别为 5.66 cm2、4.98 cm2，最低的为陇中 6 及陇中 10，平均单片叶面积为 2.27 cm2，差异极显著。

3.6 不同覆膜材料及播量对紫花苜蓿鲜草产量的影响

各处理鲜草产量统计结果见表 7，经统计分析结果表明：在 9 个处理中，第一茬鲜草产量黑膜处理较白膜处理高，最高产量为黑膜条件下的岩石 14，产量 988.5kg，最低产量为白膜条件下的陇中 14，产量 323kg，差异显著。黑膜及白膜处理组内差异均不明显；第二茬全部为覆土处理，鲜草最高产量为黑膜条件下的岩石 10，产量 1562.7kg，最低产量为白膜条件下的陇中 10，产量 500.8kg，差异不明显。黑膜及白膜组内、组间差异均不明显；全年产量以黑膜岩石 10 最高，达到 2473kg，白膜陇中 14 最低，产量为 1136.5kg，黑膜及白膜组内、组间差异均不明显。

表 7　不同覆膜材料下不同播量紫花苜蓿鲜草产量(kg/亩)

覆膜材料	品种	一茬产量(kg)					二茬产量(kg)					全年产量(kg)			
		重复 1	重复 2	重复 3	平均	生育期	重复 1	重复 2	重复 3	平均	生育期	重复 1	重复 2	重复 3	平均
	岩 6	440.2	424.7	893.9	586.3	初花期	1018.6	1533.4	1368.2	1306.7	分枝期	1458.8	1958.1	2262.1	1893.0
	岩 10	869.2	671.6	1091.4	877.4	盛花期	363.0	733.4	1210.3	768.9	分枝期	1232.2	1405.0	2301.7	1646.3
	岩 14	770.4	869.2	363.0	667.5	盛花期	1460.4	1533.4	1500.7	1498.2	分枝期	2230.8	2402.6	1863.7	2165.7
	陇 6	451.9	420.5	412.4	428.3	初花期	935.4	952.4	976.8	954.9	分枝期	1387.3	1372.9	1389.2	1383.1
白	陇 10	930.9	597.6	548.2	692.2	盛花期	586.7	502.3	413.4	500.8	分枝期	1517.6	1099.9	961.6	1193.0
	陇 14	424.7	243.1	301.2	323.0	初花期	1295.3	346.7	798.5	813.5	分枝期	1720.0	589.8	1099.7	1136.5
	陇岩 3:3	474.1	597.6	770.4	614.0	初花期	1088.5	1898.2	566.7	1184.5	分枝期	1562.6	2495.8	1337.1	1798.5
	陇岩 5:5	498.8	296.3	881.5	558.9	初花期	1936.6	1435.9	911.2	1427.9	分枝期	2435.4	1732.2	1792.7	1986.8
	陇岩 7:7	565.4	748.2	943.3	752.3	盛花期	903.5	1000.1	791.7	898.4	分枝期	1468.9	1748.3	1735.0	1650.7
黑	岩 6	432.1	819.8	686.5	646.1	盛花期	1358.1	1000.1	722.3	1026.8	分枝期	1790.2	1819.9	1408.8	1673.0

岩 10	1177.8	856.8	696.3	910.3	盛花期	1555.6	1268.4	1864.2	1562.7	分枝期	2733.4	2125.2	2560.5	2473.0
岩 14	1140.8	967.9	856.8	988.5	初花期	749.9	653.4	848.5	750.6	分枝期	1890.7	1621.3	1705.3	1739.1
陇 6	511.1	449.4	476.6	479.0	初花期	1511.2	1345.6	1689.7	1515.5	分枝期	2022.3	1795.0	2166.3	1994.5
陇 10	844.5	745.7	424.7	671.6	初花期	958.4	611.1	786.5	785.3	分枝期	1802.9	1356.8	1211.2	1457.0
陇 14	893.9	832.1	679.0	801.7	初花期	333.5	244.5	544.5	374.2	分枝期	1227.4	1076.6	1223.5	1175.8
陇岩 3∶3	430.5	486.4	795.1	570.7	初花期	1037.1	857.2	633.4	842.6	分枝期	1467.6	1343.6	1428.5	1413.2
陇岩 5∶5	819.8	625.9	424.7	623.5	初花期	1527.9	1789.8	1356.8	1558.2	分枝期	2347.7	2415.7	1781.5	2181.6
陇岩 7∶7	1326.0	501.3	893.9	907.1	盛花期	850.6	766.7	920.0	845.8	分枝期	2176.6	1268.0	1813.9	1752.8

4 结论

从田间生长情况来看，在前半年雨水较少时，陇中紫花苜蓿对于全覆膜条件适应性较强，但是随着后半年降雨量的增加，严重改变了其原有的生活环境，因此陇中紫花苜蓿生长受到一定限制，表现为在后半年雨水较多时生长受限，叶片颜色发黄。但是与露地种植陇中紫花苜蓿相比，其在播种当年即可获得较高产量，且茎秆鲜嫩，叶量多，品质得到提高；岩石在全覆膜条件下，表现出良好的适应性，尤其在地膜条件下其根系生长迅速，为苜蓿的丰产提供了充足的养分，在当年播种收获两茬，且叶面积大，鲜草产量高，亩产达到 1.6 吨左右，其质量及产量都得到提高。在后半年降雨较多的情况也没有出现锈病等病害，生长发育良好。

从两种颜色地膜在全覆膜条件下紫花苜蓿的生长发育情况来看，地膜对苜蓿的增产效果是无可置疑的，但是相比较而言，黑膜全覆膜条件下，在整个生长期尤其是生长初期地表水分供应充足，地表土壤水分条件较白膜高，对紫花苜蓿的生长发育具有促进作用，因此，黑膜条件下紫花苜蓿产量相对白膜在一定程度的提高。

干旱半干旱地区不同品种紫花苜蓿对覆膜条件的响应

王维中，曹志东，马先锋，周泉佚

（定西市种草饲料站，甘肃 定西 743000）

摘　要　本研究利用黑膜全覆膜栽培方式下，观测不同品种紫花苜蓿的出苗率、株高及鲜草产量等生产性能，结果表明：在黑膜全覆膜栽培方式下，出苗率 WL319 及挑战者达到 89%，较露地高 49%；第一茬株高最高的是挑战者，株高为 80.85cm，最低的为阿迪娜，株高为 51.1cm，差异显著；第二茬株高株高最高的是黑膜全覆膜条件下的 WL343，株高为 56.5cm，最低的为露地条件下的陇中，株高为 33.2cm，差异极显著；第一茬茎叶比最高的是的阿迪娜，茎叶比为 0.86，最低的为 WL343，茎叶比为 0.47，差异显著；第二茬茎叶比最高的是的康赛，茎叶比为 1.63，最低的为 WL168，茎叶比为 0.73，差异显著；鲜草产量国外引进品种除阿尔冈金外，其他品种亩产鲜草基本在 1500kg 以上，最高的为 WL168，产量 1857.68kg。

关键词　覆膜材料；播量；紫花苜蓿；生产性能

Different Varieties of Alfalfa in Arid and Semi-arid Regions Response to Film Conditions

Wang Weizhong , Cao Zhidong, Ma Xianfeng, Zhou Quanyi

(Dingxi City grass feed station, dingxi, gansu, 743000)

Abstract: In this study, the black film all covered under cultivation, observing different varieties of alfalfa germination rate, plant height and fresh yield and other performance results show that: in the black film all covered cultivation, germination rate and WL319 Challenger 89%, 49% higher than the open field; stubble height highest first challenger, plant height was 80.85cm, minimum of Adina, height is 51.1cm, significant differences; the second stubble height strains high top black film is all covered under the conditions WL343, height is 56.5cm, the lowest for the Long under open field conditions, the height of 33.2cm, the difference was significant; the first crop leaf ratio is the highest of Adina, leaf ratio of 0.86, the lowest for the WL343, leaf ratio of 0.47, significant difference; the second crop leaf was the highest Kang race, leaf ratio was 1.63, the lowest for the WL168, leaf ratio 0.73, significant difference; fresh yield varieties imported except Algonquin, other varieties of fresh grass yield substantially more than 1500kg, the highest for the WL168, yield 1857.68kg.

Keywords: graft material; sowing rate; alfalfa; Performance

紫花苜蓿为豆科苜蓿属多年生草本植物，具有生态适应性广、草产量高、营养品质好等优良特性，是一种非常优质的豆科牧草。在干旱半干旱地区农业生产中，全覆膜栽培方式是一种有效提高作物产量及品质的方式，其保墒增温、抑制杂草等科技效果非常直观，因此，试验通过研究不同品种紫花苜蓿在全覆膜栽培措施下的生产性能，对引进的主要苜蓿品种进行客观评价，为在全覆膜苜蓿生产实践中选择适宜的苜蓿品种提供科学依据和参考。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验地位于甘肃省定西市安定区凤翔镇侯家川村，属典型的大陆性气候，处于干旱向半干旱区过渡地带，海拔1972米，土壤类型为黄绵土，PH为7.85，有机质45.47g/kg，全磷1.1 g/kg，速磷11.74mg/kg，全氮1.02g/kg，速氮30.1mg/kg，速钾133.09mg/kg，硝态氮52.69mg/kg，铵态氮106.53 mg/kg。年平均太阳辐射量141.4千卡/cm2，年平均日照2590.1小时。年均气温6.7℃，极端最高温31.3℃，极端最低气温零下24.1℃。无霜期142天，正常年降水量400毫米左右，多集中在秋季，蒸发量高达1500毫米。

1.2 试验材料

参试品种	发芽率	供种单位
多叶	74	定西市种草饲料站
陇中苜蓿	84	
岩石	100	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司
挑战者	82	
康赛	70	
阿迪娜	82	
WL343	88	北京正道生态科技有限公司
WL363	92	
WL319	94	
WL168	94	
阿尔冈金	94	北京克劳沃有限公司

2 试验方法

2.1 试验设计

试验采用随机区组排列，3次重复，小区面积15m2（3m*5m），2014年6月16日播种。采用膜宽1.2m、厚0.008mm的黑色地膜，在全覆膜条件下对阿尔冈金、WL343、WL363、WL319、WL168、挑战者、康赛、阿迪娜、多叶等不同紫花苜蓿品种适应性进行评价

2.2 试验管理

试验地肥力中等、地力均匀。栽培管理均按当地全覆膜作物种植习惯和水平进行。亩施农家肥1350

公斤，尿素 5 公斤，过磷酸钙 30 公斤，期间人工除草 2 次，并做好病虫害防治工作。

2.3 测定项目与方法

出苗率 按播种穴数计算实际出苗率。

株高（绝对高度）每次苜蓿刈割前每小区采用随机取样法选择测定植株，每株自地面量至生长点。每个小区测定 30 株。

产量 各处理每次留茬 5cm 刈割后，测小区鲜草产量，并测定茎叶比。

3 试验结果与分析

3.1 全覆膜栽培方式对不同品种紫花苜蓿出苗率的影响

表 1 覆膜条件下不同品种紫花苜蓿的出苗率 %

处理	品种	出苗率
黑膜	阿尔冈金	51
	WL168	64
	WL343	77
	WL363	77
	WL319	89
	挑战者	89
	阿迪娜	55
	康赛	48
	多叶	46
露地	陇中	40

各参试品种出苗率统计结果见表 1，经统计分析结果表明：10 个试验处理及品种中，与露地条件相比，在黑膜条件下，WL 系列及挑战者出苗率较高，WL319 及挑战者达到 89%，较露地高 49%，露地陇中出苗率最低，为 40%。

3.2 全覆膜栽培方式对不同品种紫花苜蓿株高的影响

表 2 覆膜条件下不同品种紫花苜蓿株高 cm

处理	品种	第一茬株高	第二茬株高
黑膜	阿尔冈金	71.2	35.6
	WL168	63.7	47.8
	WL343	71	56.5
	WL363	65.8	55.6
	WL319	69.85	52.8
	挑战者	80.85	50.3

	阿迪娜	51.1	40
	康赛	57.5	40.8
	多叶	68.9	50
露地	陇中	62.2	33.2

各处理株高统计结果见表 2，经统计分析结果表明：10 个处理及品种中，第一茬株高最高的是黑膜全覆膜条件下的挑战者，株高为 80.85cm，最低的为阿迪娜，株高为 51.1cm，差异显著；第二茬株高株高最高的是黑膜全覆膜条件下的 WL343，株高为 56.5cm，最低的为露地条件下的陇中，株高为 33.2cm，差异极显著。

3.3　全覆膜栽培方式对不同品种紫花苜蓿茎叶比的影响

表 3　覆膜条件下不同品种紫花苜蓿茎叶比

处理	品种	第一茬茎叶比	第二茬茎叶比
黑膜	阿尔冈金	0.81	0.96
	WL168	0.81	0.73
	WL343	0.85	1.24
	WL363	0.47	1.00
	WL319	0.53	0.98
	挑战者	0.72	0.83
	阿迪娜	0.86	1.50
	康赛	0.67	1.63
	多叶	0.60	1.00
露地	陇中	0.77	0.77

各处理茎叶比统计结果见表 3，经统计分析结果表明：在 10 个处理及品种中，第一茬茎叶比最高的是黑膜全覆膜条件下的阿迪娜，茎叶比为 0.86，最低的为 WL343，茎叶比为 0.47，差异显著；第二茬茎叶比最高的是黑膜全覆膜条件下的康赛，茎叶比为 1.63，最低的为 WL168，茎叶比为 0.73，差异显著。

3.4　全覆膜栽培方式对不同品种紫花苜蓿鲜草产量的影响

表 4　覆膜条件下不同品种紫花苜蓿鲜草产量　kg

处理	品种	一茬亩产鲜草(kg)	二茬亩产鲜草(kg)	年产鲜草(kg)
黑膜	阿尔冈金	594.90	311.13	906.03
	WL168	579.74	1277.84	1857.58
	WL343	715.01	840.04	1555.05
	WL363	753.66	800.04	1553.70
	WL319	908.26	822.26	1730.52
	挑战者	706.04	879.67	1585.72

	阿迪娜	598.13	989.96	1488.08
	康赛	475.46	1027.83	1503.29
	多叶	692.34	888.98	1581.33
露地	陇中	370.39	295.57	665.96

各处理茎叶比统计结果见表 4，经统计分析结果表明：在 10 个处理及品种中，第一茬鲜草产量最高的是 WL319，产量为 908.26kg，最低为露地条件下的陇中，产量为 370.39kg；第二茬鲜草产量最高的是 WL168，产量为为 1277.84kg，最低的为露地条件下的陇中，产量为 295.57kg。全年鲜草产量最高的是 WL168，产量为 1857.68kg，最低的为露地条件下的陇中，产量为 665.96，差异显著。

4 讨论与结论

紫花苜蓿在定西市种植面积逐年扩大，但是由于处于干旱半干旱地区，降水少，蒸发量大，草地水分不足，特别是土壤的干旱化对紫花苜蓿的高产稳产造成极大的威胁。因此，解决紫花苜蓿土壤水分保持问题是大面积推广紫花苜蓿种植的前提。该研究发现，实施全覆膜栽培措，能够增加表层土壤的含水量，从而促进了苜蓿的出苗和生长，与露地条件相比，在黑膜条件下，WL 系列及挑战者出苗率较高，WL319 及挑战者达到 89%，较露地高 49%。

10 个紫花苜蓿品种中第一茬株高最高的是黑膜全覆膜条件下的挑战者，株高为 80.85cm，最低的为阿迪娜，株高为 51.1cm，差异显著；第二茬株高最高的是黑膜全覆膜条件下的 WL343，株高为 56.5cm，最低的为阿尔冈金短及陇中，株高分别 35.6cm、33.2cm，差异极显著。同时根据田间生长情况来看，在前半年雨水较少时，阿尔冈金及陇中紫花苜蓿对于全覆膜条件适应性较强，但是随着后半年降雨量的增加，其生长受到一定限制，表现为在后半年雨水较多时生长缓慢，叶片颜色发黄。其他国外引进品种在全覆膜条件下，表现出良好的适应性，在当年播种收获两茬，且鲜草产量较高，尤其是 WL 系列紫花苜蓿生长表现良好，WL168 亩产达到 1.8 吨左右，在 10 月下旬天气开始变冷霜冻出现时，其叶片仍表现出较好的抗性，至 11 月中旬时，第三层叶片才开始出现枯萎现象，第一年整体表现不错。在后半年降雨较多的情况也没有出现锈病等病害，生长发育良好。

黑龙江省齐齐哈尔地区紫花苜蓿主要虫害及其发生规律

杨伟光，柴　华，黄新育，杨　曌，高海娟，李　红

（黑龙江省畜牧研究所，黑龙江齐齐哈尔 161005）

摘　要　通过对黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿饲草生产基地的虫害进行调查研究，结果表明该地区苜蓿田危害较严重的害虫有 6 种，分别是苜蓿蓟马、豆无网长管蚜、牧草盲蝽、潜叶蝇、草地螟、苜蓿叶象甲。依据这些虫害的发生规律看，主要危害高峰期在 6 月份和 8 月中下旬，应在这两个时期进行重点防治，以减少虫害对苜蓿生产造成的损失。

关键词　苜蓿；虫害；齐齐哈尔

The Main Pests and Their Occurrence Regulation of Alfalfa in Qiqihar of HeiLongjiang province

Yang Weiguang, Chai Hua, Huang Xinyu, Yang Zhao, Gao Haijuan, Li Hong

（Institute of Animal Science of HeiLongjiang Province,HeiLongjiang,QiQihar,China,161005）

Abstract: By studying on investigation of pests in alfalfa field in Qiqihar of HeiLongjiang province, the results were obtained as follows: six species of pests ,which are alfalfa thrips, acyrthosiphon pisum (Harris) , L. pratensis , leaf miner,meadow moth , alfalfa weevil ,were found in Qiqihar area .According to their occurrence regulation, control measures should be conducted in two period ,June and last ten-day period of August, to avoid forage loss because of pests.

Keywords: alfalfa; pests; Qiqihar

紫花苜蓿属多年生豆科牧草，蛋白质含量高，富含各种氨基酸、维生素，可消化纤维含量高，营养平衡而全面，具有“饲草之王”之称，是饲养奶牛不可缺少的优质粗饲料。饲用苜蓿的奶牛所产牛奶不仅各项营养指标均能达到一级以上的牛奶国家标准，而且奶牛能维持在高产水平。黑龙江省作为奶业第二大省，但苜蓿产业发展远远落后于内蒙、甘肃等先进省份[1-3]。因此，苜蓿产业是黑龙江省畜牧业发展亟待发展的重要产业，是黑龙江省打造畜牧强省的关键环节，也是改善农业生态环境，确保畜产品安全的朝阳产业。省委省政府在农业和农村经济结构战略性调整的进程中，把草产业的发展放在十分突出的位置，尤其对苜蓿的种植倍受关注。“十二五”专门出台了《黑龙江省苜蓿产业“十二五”发展规划》，苜蓿种植面积逐渐扩大[4]。到 2012 年，全省累计苜蓿种植面积 87 万亩，其中齐齐哈尔地区种植面积达 17.9 万亩。与此同时苜蓿的病虫害危害程度也日益严重，成为苜蓿产业化发展的主要制

约因素之一。

苜蓿产业发展相对较好的省区，如宁夏、内蒙、河北、甘肃、兰州等地早已对当地的苜蓿主要虫害进行了研究[5-10]，已基本掌握了其发生规律和危害程度，但黑龙江地区的苜蓿虫害研究尚未见报道。为此，通过对黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿田虫害发生情况进行了系统调查，基本上摸清了该地区苜蓿田主要的虫害及其发生规律，为今后该地区的苜蓿生产和开展苜蓿虫害的防治提供理论依据。

1 调查地点

调查地点选取齐齐哈尔市昂昂溪区、富拉尔基区、富裕县大登科村 3 个苜蓿饲草基地进行了苜蓿虫害调查，各试验地的概况见表 1。

表 1 各试验地的概况

试验地名称	经纬度	海拔高度	年均气温（℃）	极端最低温（℃）	极端最高温度（℃）	≥10 ℃的积温	年均降雨量（mm）
富裕县大登科村	北纬 47°42′，东经 124°17′	158	+2	-39.5	37.5	2580.1	427
昂昂溪区	北纬 47°09′，东经 123°49′	144	+3	-39.5	37.5	2681.5	440
富拉尔基区	北纬 47°15′，东经 123°14′	152	+3	-39.5	37.5	2722.1	450

2 调查内容及方法

2.1 调查方法

在苜蓿的生长季节每隔 10 天，进行随机取样观察，对于不易飞行的昆虫每个样点取苜蓿 20 枝条，统计百枝条虫量，同时将虫捕捉到收集带中，带回实验室进行鉴定、分类；对于易飞的昆虫采用每个取样点水平 180℃左右各扫一次的十复网扫量捕捉的害虫数量来统计每平米虫口数，同时将虫捕捉到收集袋中，带回实验室进行鉴定、分类；各观测均重复 4 次。同时记载苜蓿害虫发生的生境、生态因子以及害虫的生物学特性。

2.2 虫害鉴定方法

对田间采集的昆虫制成标本后，在实验室观察虫体特征，肉眼看不清的用放大镜或显微镜对虫体形态等进行观察，再与昆虫分科检索表和虫害原色图谱比对鉴定。

2.3 数据处理

利用 Excel 2003 对所有数据进行数据的预处理和图表绘制。

3 调查结果

3.1 苜蓿蓟马

通过对样虫的鉴定，在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿蓟马危害主要有牛角花齿蓟马和普通蓟马。其

主要危害症状是取食苜蓿植株的幼嫩组织，如苜蓿心叶、花器、嫩荚等。使被害叶片卷曲、皱缩最后枯死。蓟马最喜欢在花内取食，咬坏柱头，落花落果，见图 1。

a　　b

图 1　苜蓿蓟马及危害症状（a 苜蓿蓟马；b 苜蓿蓟马危害症状）

依据苜蓿蓟马田间消长动态（百枝条虫口数）调查结果看（图 2），苜蓿全生育期内均有蓟马危害，危害程度基本呈现由低到高再下降的趋势，6 月前和 8 月以后危害较轻，百枝条虫口数不足 15 只，6、7 月份（开花期）开始急剧上升，6 月下旬和 7 月中旬出现 2 个高分期，百枝条虫口数分别为 32 只和 30 只，7 月下旬，即结荚期，骤然减少， 9 月份降到最低，百枝条虫口数 6 只。

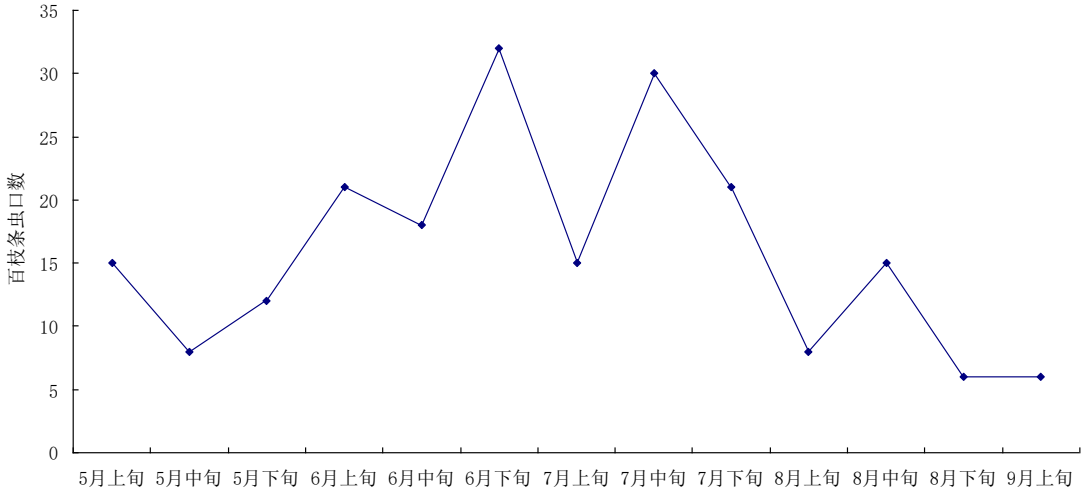


图 2　苜蓿蓟马田间消长动态

3.2　苜蓿蚜虫

通过对样虫的鉴定，在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿蚜虫危害主要是豆无网长管蚜和苜蓿斑翅蚜，其危害症状是蚜虫聚集在苜蓿植株嫩叶、嫩茎、幼芽和花器等部位为害，以刺吸式口器吸取植株细嫩部分的汁液。造成植株矮小、叶片卷缩、叶片变黄脱落，见图 3。

a　　b

图 3　苜蓿蚜虫危害（a 豆无网长管蚜；b 苜蓿斑翅蚜）

依据苜蓿蚜虫田间消长动态（百枝条虫口数）调查结果看（图 4），整个生育期均有蚜虫危害，从苜蓿返青后，蚜虫的数量开始增长，到 6 月中旬达到第一个危害高峰期，百枝条虫口数达 61 只，而后开始下降，7 月下旬至 8 月上旬百枝条虫口数不足 15 只，到 8 月下旬达到第 2 个高峰期，百枝条虫口数达 46 只。

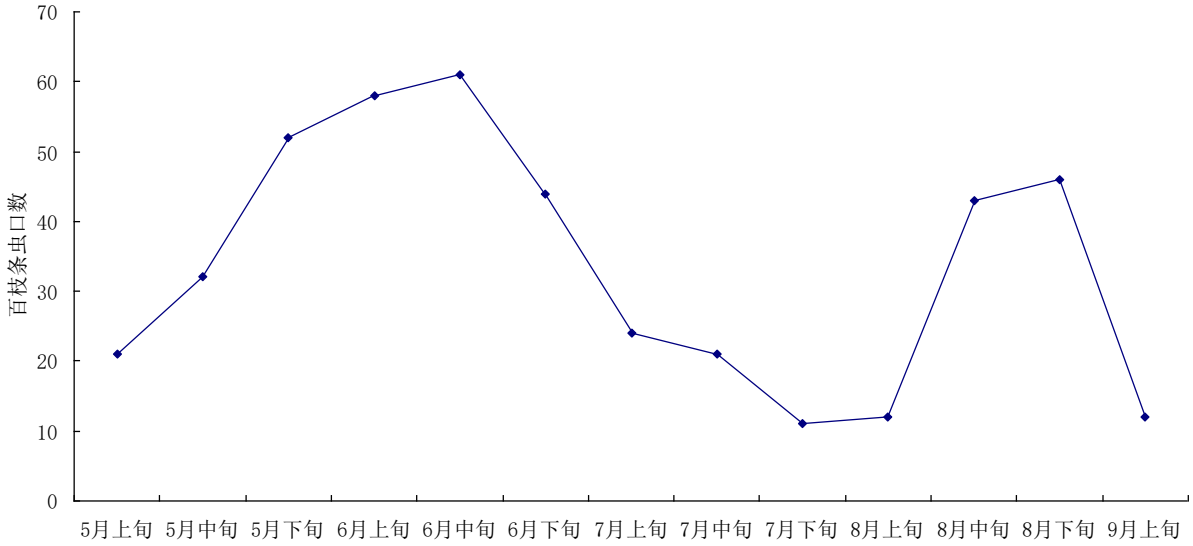


图 4　苜蓿蚜虫田间消长动态

3.3　盲蝽

通过对样虫的鉴定，在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿盲蝽危害主要是牧草盲蝽，见图 5，其危害症状是是刺吸苜蓿嫩叶、花芽、嫩梢及未成熟的种子，同时在刺吸部位注入有毒的唾液，造成植株矮化、落花、皱缩、畸形。

图 5　牧草盲蝽

依据牧草盲蝽田间消长动态（每平米虫口数）调查结果看（图 6），整个生育期均有盲蝽危害，返青时危害较轻，开始繁殖，到 6 月中旬达到高峰期，每平米虫口数达 78 只，而后开始下降，7 月下旬降到不足 10 只，而后又开始增长，但较 6 月份增长缓慢，8 月下旬达到第二高峰期，每平米虫口数 33 只。

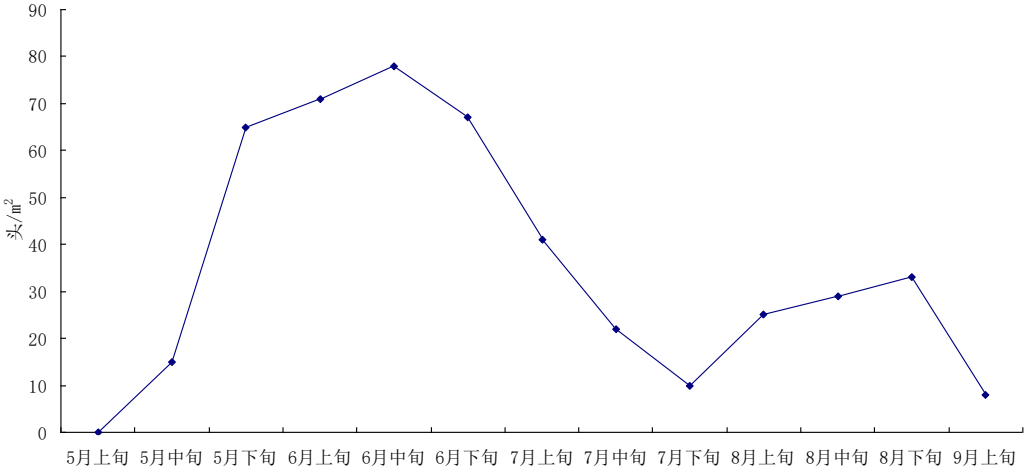


图 6　苜蓿盲蝽田间消长动态

3.4　潜叶蝇

通过对样虫的鉴定，在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿潜叶蝇危害主要是豌豆潜叶蝇，其危害症状是以幼虫在叶片内潜食叶肉，曲折穿行，食痕呈白色，，造成不规则的灰白色线状隧道，危害症状很明显，见图 7。

a

b

图 7　苜蓿潜叶蝇危害（a 豌豆潜叶蝇；b 豌豆潜叶蝇危害症状）

依据潜叶蝇田间消长动态（百枝条幼虫数）调查结果看（图 8），它的发生规律是整个生育期均有潜叶蝇危害，主要危害时期是 5 月下旬至 6 月下旬，百枝条虫口数维持在 30 只左右。

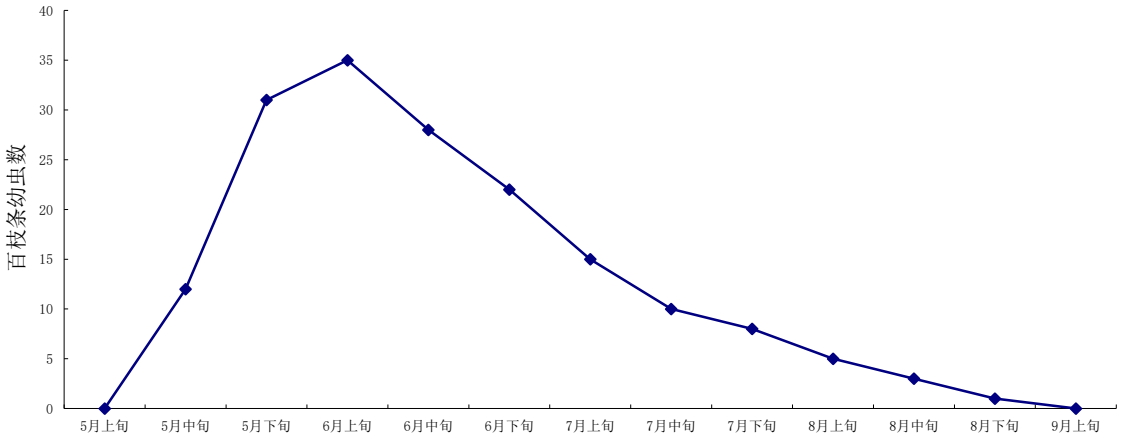


图 8　苜蓿潜叶蝇田间消长动态

3.5　草地螟

草地螟在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿田危害较严重，常常给生产造成毁灭性损失。其危害症状是初孵幼虫取食苜蓿幼嫩叶片和叶肉、残留表皮，并常群集为害，常可吐丝将叶卷曲成网，幼虫潜伏网内。幼虫 3 龄后食量大增，分散为害，并将叶片吃成缺刻而仅剩叶脉，见图 9.

a

b

图 9　草地螟及危害症状（a 草地螟；b 草地螟危害症状）

依据草地螟田间消长动态（每平米虫口数）调查结果看（图 10），它的发生规律是主要在现蕾至盛花期危害较严重，7 月中旬为危害高峰期，每平米达 25 只。立秋以后，田间未发现有草地螟危害。

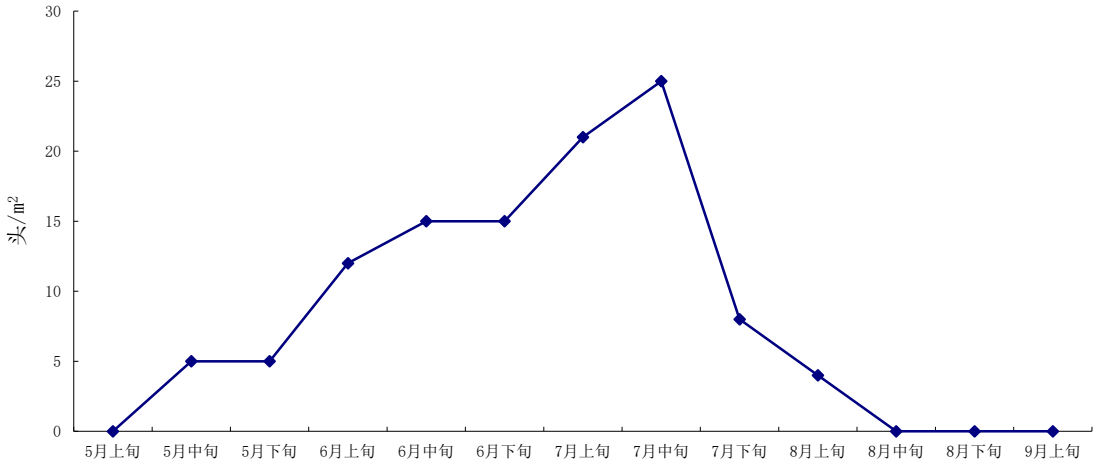


图 10　草地螟田间消长动态

3.6　苜蓿叶象甲

苜蓿叶象甲以幼虫取食苜蓿叶子而得名。其危害症状是从茎秆中孵出的幼虫部分钻入嫩枝、叶芽和花芽中危害。3 龄以上幼虫在苜蓿植株顶部展开的叶上取食，食去叶肉，仅剩叶脉，然后逐渐取食下部叶片，见图 11

a　　b

图 11 苜蓿叶象甲及危害症状（a 苜蓿叶象甲；b 苜蓿叶象甲危害症状）

依据苜蓿叶象甲田间消长动态（每平米虫口数）调查结果看（图 8），它的发生规律是只有在 5 月中旬至 8 月上旬有苜蓿叶象甲危害，而危害较严重的时期是 6 月中旬至 7 月中旬，7 月上旬达到高峰期，每平米虫口数达 25 只。

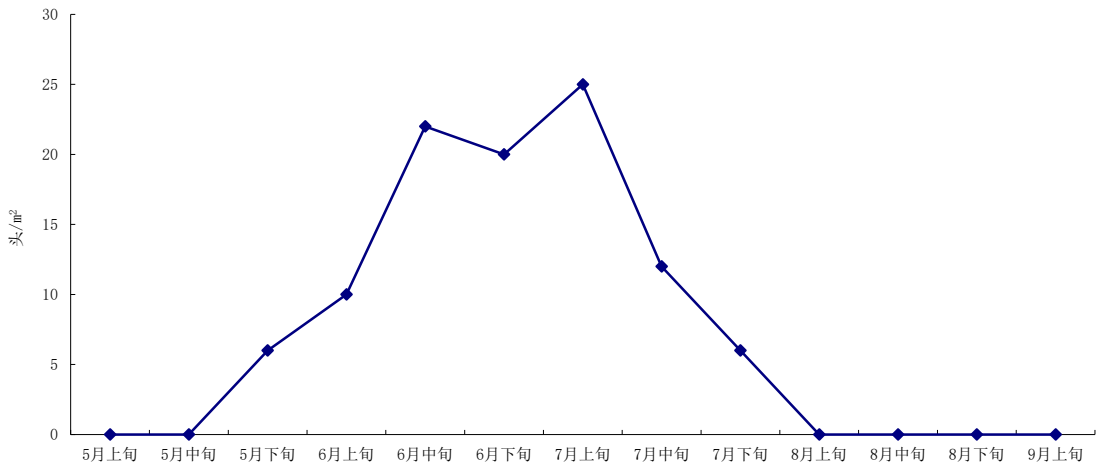


图 10　苜蓿叶象甲田间消长动态

3.7　其它害虫

在各苜蓿试验基地调查中发现还有其它一些害虫，如在齐齐哈尔富拉尔基区科研基地苜蓿返青时调查发现有金线虫、蛴螬，初花期至盛花期部分地块发现斑蝥较严重，收获储藏的苜蓿种子种发现严重的苜蓿籽蜂危害；在富裕县苜蓿返青时调查发现部分地段有地老虎；在昂昂溪区 7 月中下旬发现有豆芜菁，但每平米虫口数不足 10 只，危害较轻。

4　结论

通过对黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿人工草地整个生育期的田间调查，发现齐齐哈尔地区对苜蓿危害较严重的害虫有 6 种，分别为苜蓿蓟马、苜蓿蚜虫、牧草盲蝽、豌豆潜叶蝇、草地螟、苜蓿叶象甲，还有其它一些部分地段，或某一时期危害较严重的害虫，如苜金线虫、蛴螬、地老虎、斑蝥、豆芜菁、苜蓿籽蜂等。

综合齐齐哈尔地区苜蓿主要虫害发生规律看，主要危害高峰期在 6 月份和 8 月中下旬，应在这两个时期进行重点防治，以降低虫害对苜蓿生产造成的损失。

参考文献（略）

太阳能杀虫灯防控技术在苜蓿生产中应用初探

杨伟光，柴　华，杨　曌，李　红

（黑龙江省畜牧研究所，黑龙江齐齐哈尔）

摘　要　通过在黑龙江省齐齐哈尔市苜蓿（*Medicago Sativa*）生产田中，开展利用太阳能杀虫灯和化学药剂防治虫害研究，对比二者之间的优劣性，探究太阳能杀虫灯防治苜蓿虫害技术。结果表明：不论太阳能杀虫灯防治还是化学药剂防治，均能有效的防治当地 6 种主要的苜蓿虫害，包括苜蓿蓟马（*Odontothrips phaleratus* Haliday）、豆无网长管蚜（*Acyrthosiphon pisum* Harris）、牧草盲蝽（*Lygus pratensis*Linnaeus）、叶象甲[*Hypera* postica (Gyllenhal)]、草地螟（Coxostege sticticatis Linnaeus）、潜叶蝇(*Phytomyza utricornis* Meigen)。分析其防治成本及效益，太阳能杀虫灯防治每公顷增产干草 1535 kg，增收 2974 元；化学药剂防治每公顷增产干草 917 kg，增收 1551 元，二者差异不显著。但综合生态效益和经济效益而言，太阳能杀虫灯防治技术较好，可以在苜蓿种植中推广应用。

关键词　苜蓿；虫害防治；太阳能杀虫灯；化学药剂

Preliminary Study on Using Solar Lamp to Controlling Alfalfa Insect Pests

Yang Wei-guang, Huang Xin-yu, Chai Hua, Yang Zhao, Li Hong

(Institute of Animal Science of HeiLongjiang Province,HeiLongjiang,QiQihar,China,161005)

Abstract: According to using solar lamp and chemicals to controlling alfalfa insect pests in QiQihaer, solar lamp control effecting was drowned based on comparing those two ways. The result showed that six species of pests, inclould alfalfa thrips, acyrthosiphon pisum (Harris), L. pratensis, leaf miner, meadow moth, alfalfa weevil, were controlled well by solar lamp or chemicals. The beneficial and costs of two controlling ways was analysised, comparing with non-treated(ck), that 1535 kg hay yield and 2759 Yuan per hectare were added by using solar lamp; that 917 kg hay yield and 1726 Yuan per hectare were added by using chemical, while there was no significance difference($P>0.05$) between them. So, considering the ecological and economic benefits of two alfalfa pests control technical, the solar lamp was more applicable, can be popularized in large-area alfalfa planting.

Keywords: Alfalfa; Pest control; solar lamp; Chemicals

太阳能杀虫灯是一种重要的害虫防治技术[1]，其工作原理是利用害虫成虫趋光的生理习性，专门

引诱和杀灭各种夜行害虫[2]。目前杀虫灯在农林害虫、卫生害虫和仓储害虫防治和预测预报上已广泛应用，并取得了显著效果[3-5]。灯光诱杀作为化学防治的有效补充，已成为害虫综合治理中的一项重要措施，特别是在现阶段生态农业和低碳农业生产中，杀虫灯的作用更加明显[6]。

关于利用太阳能杀虫灯在牧草生产中应用研究，目前国内尚未见报道[7-12]。随着黑龙江省苜蓿种植面积的不断加大，如何防治虫害已是急需解决的关键技术[13]。因此，为了探究太阳能杀虫灯与化学药剂防治牧草虫害的效果、成本以及经济效益等，开展了太阳能杀虫灯在苜蓿草生产中的应用研究，以期为太阳能杀虫灯防控技术在牧草生产中的推广应用提供理论依据，对提升牧草的质量安全，从源头上改进畜产品安全具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区设在松嫩平原的齐齐哈尔市富拉尔基区黑龙江省畜牧研究所苜蓿生产基地，该试验区属中温带半干旱大陆性季风气候，地理位置为东经 123°41′、北纬 47°15′，春季干旱多风，冬季寒冷少雪，年平均气温 3℃，极端最高温 37.5℃，最低温-39.5℃，≥10℃的积温 2722.1℃，年平均降水量 450mm，无霜期 130d 左右；土壤为黑风沙土，ph 值 7.4，肥力中等。

1.2 试验设计与方法

试验设三个处理，即太阳能杀虫灯防治、化学药剂防治和不防治（CK）。太阳能杀虫灯为北京华阳风科技有限公司所产的 CSW-ASC05 型，杀虫灯于 5 月 1 日开灯至 9 月 1 日（苜蓿第三茬收割期）收灯，药剂防治处理根据虫害严重程度适时配施，分别于 2013 年 6 月 10 日、7 月 11 日、8 月 12 日进行了喷药防治，药剂选取包装袋标有“低毒”说明的药剂，药剂名称、用量及单价见表 1。试验区面积两个处理均为 2 hm^2，对照区试验面积 3000 m^2(50m×60m)，各处理间隔≥2 km，试验地为二年生龙牧 806（*Medicago sativa* L. Longmu No.806）苜蓿草田。

表 1 苜蓿田喷施化学药剂名称及成本

Table1 The cost and name of chemicals for controling alfalfa insect pest

项目 Item	月/日 M/D	药剂名称 Chemical name	厂家 Manufacturers	防治对象 Control object	用量 Use level /unitage・hm^{-2}	单价 Unit price/Yuan・$unitage^{-1}$	合计 Total/Yuan・hm^{-2}
喷药日期 Spraying date	6/10	乐无虫	圣丰科技有限公司	蚜虫、蓟马、潜叶蝇	10	1.5	15
	7/11	啶虫咪	江西正帮生物化工股份有限公司	蓟马、盲蝽、草地螟、蚜虫	10	3.0	30
	8/12	氯氰菊酯	上海禾本药业有限公司	潜叶蝇、蓟马、盲蝽、草地螟、蚜虫、叶甲类、夜蛾等	20	3.0	60
成本总计 Cost of chemicals							105

1.3 调查项目及方法

1.3.1 灯下杀虫种类

于每日早晨将灯下集虫盒收集的虫带回实验室内，观察虫体特征，肉眼看不清的用放大镜或显微镜对虫体形态等进行观察，再与昆虫分科检索表和虫害原色图谱比对鉴定。

1.3.2 虫害调查方法

在苜蓿的生长季节进行每隔 10 天,随机取样观察,对于不易飞行的昆虫每个样点取苜蓿 20 枝条，统计百枝条虫量，同时将虫捕捉到收集袋中，带回实验室进行鉴定、分类；对于易飞的昆虫采用每个取样点水平 180℃左右各扫一次的十复网捕捉的害虫数量来统计每平米虫口数，同时将虫捕捉到收集袋中，带回实验室进行鉴定、分类；各观测均重复 4 次。

1.3.3 株高

侧产时，各处理随机选取 10 株测量植株的绝对高度，求其平均值，重复 3 次。

1.3.4 茎叶比

侧产时，各处理取鲜样 500g，将茎叶分离，待风干后称重，茎叶比等于叶的干重比茎的干重。

1.3.5 产草量

初花期，各处理随机选取 20m^2 刈割侧鲜草产量，取 1kg 鲜样风干后折合干草产量。

1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel2003 做表、图，SAS9.0 统计软件进行方差分析。

2 结果分析

2.1 太阳能灯诱杀害虫种类

通过收集太阳能灯杀虫灯诱杀的害虫进行鉴定，初步鉴定出 7 个目，17 个科，23 种虫害，见表 2。诱杀害虫中包含黑龙江省苜蓿田主要 6 种苜蓿虫害(此结论已发表)，分别为苜蓿蓟马、豆无网长管蚜、牧草盲蝽、叶象甲、草地螟、潜叶蝇[14]。

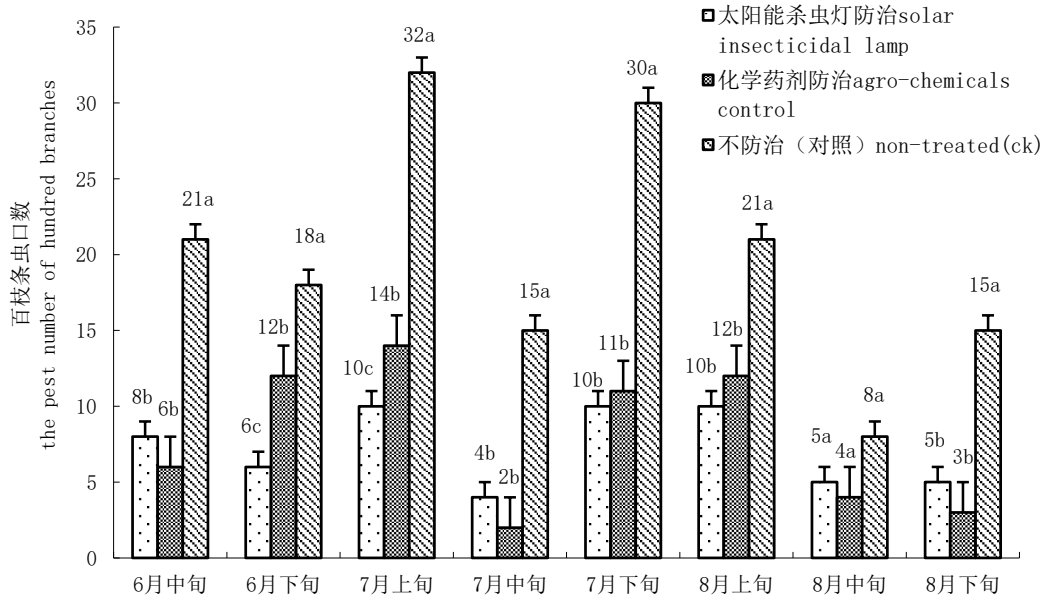
2.2 对主要 6 种虫害的防治效果对比

不同防治处理的苜蓿田 6 种主要虫害调查结果见图 1。分析图 1 可知，化学药剂防治对苜蓿蓟马、豆无网长管蚜、牧草盲蝽、草地螟、叶象甲、潜叶蝇等 6 种虫害的起到了显著（$P<0.05$）的防治效果，太阳能杀虫灯除对潜叶蝇防治效果不显著（$P>0.05$）外，对其它 5 种虫害均起到了显著（$P<0.05$）的防治效果。从各时期 6 种虫害的防治效果看，6、7、8 月的中旬，即喷药期，化学药剂防治处理虫口数均低于太阳能杀虫灯防控技术，防治效果较好，而其它时期，太阳能杀虫灯防治效果优于化学药剂防治处理。

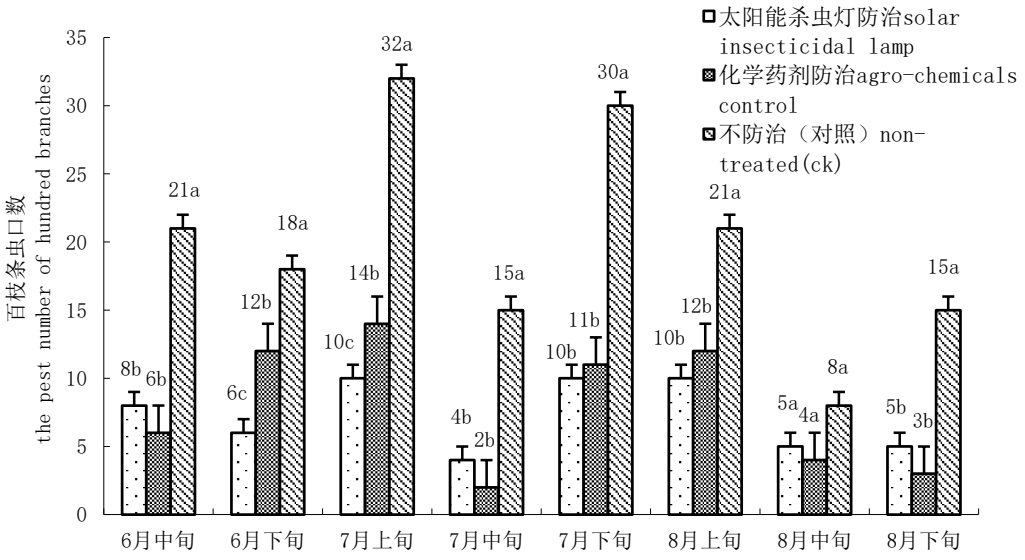
表 2　太阳能灯诱杀害虫种类

Table2　The verieties of pests killed by solar lamp

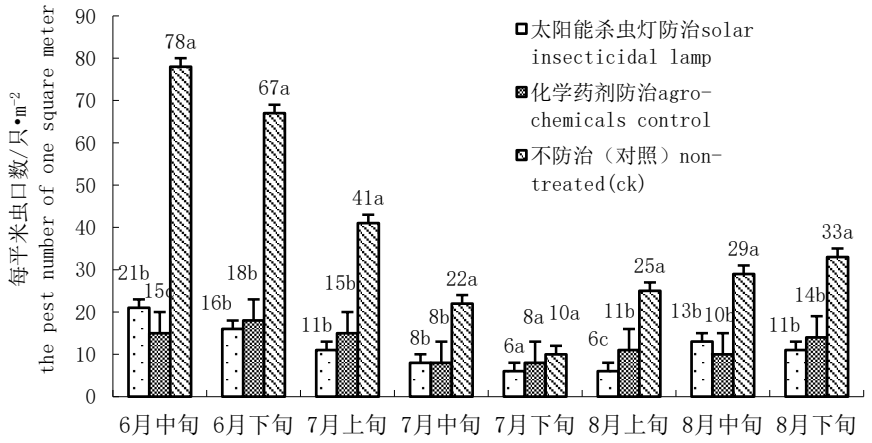
目 Order	科 Family	种 Viriety
直翅目 Orthoptera	蝗总科	东亚飞蝗、亚洲飞蝗
	蝼蛄科	蝼蛄
	蟋蟀科	蟋蟀
鳞翅目 Lepidoptera	毒蛾科	草原毛虫
	螟蛾科	草地螟
	夜蛾科	黏虫、地老虎、甜菜夜蛾、苜蓿夜蛾
鞘翅目 Coleoptera	叶甲科	草原叶甲、跳甲
	象甲科	苜蓿叶象甲
	芫菁科	豆芫菁
	瓢虫科	十星瓢虫
	金龟子总科	东北大黑鳃金龟子
同翅目 Homoptera	蚜科	苜蓿蚜、豆无网长管蚜
	叶蝉科	黑尾叶蝉
双翅目 Diptera	潜蝇科	潜叶蝇
	蚊科	蚊子
半翅目 Hemiptera	盲蝽科	牧草盲蝽
缨翅目 Physopoda	蓟马科	蓟马



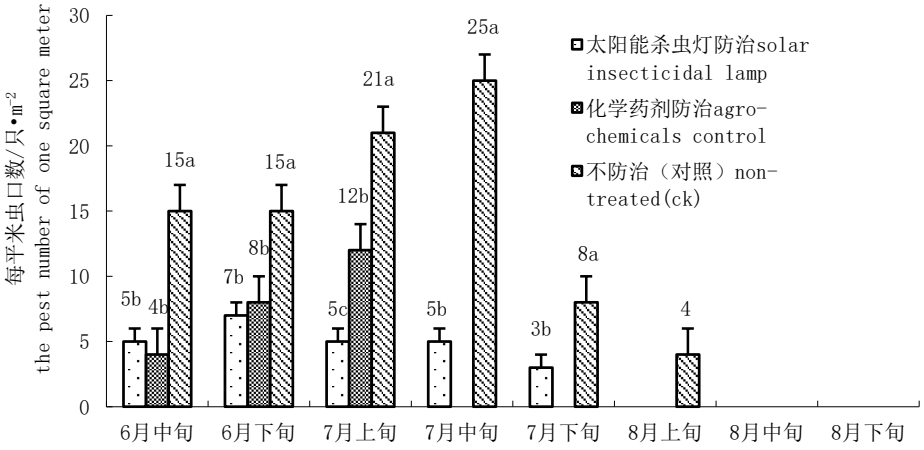
a 苜蓿蓟马 alfalfa thrips



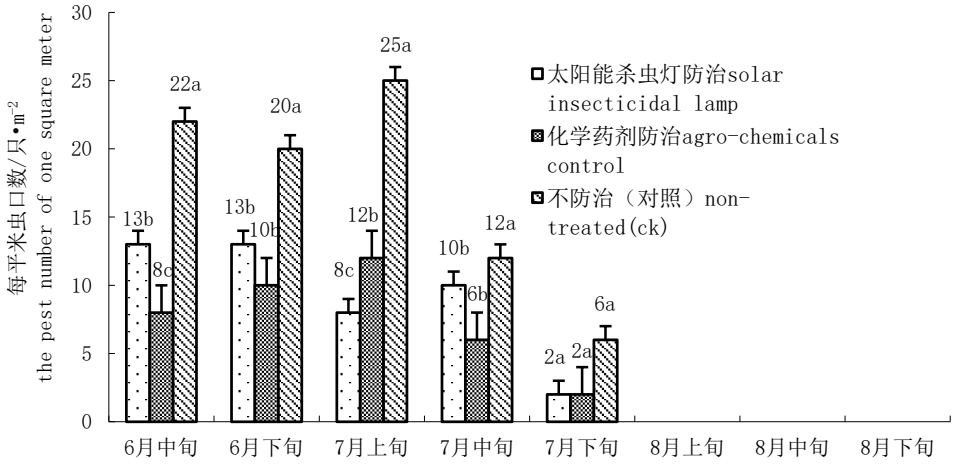
b 蚜虫 aphid



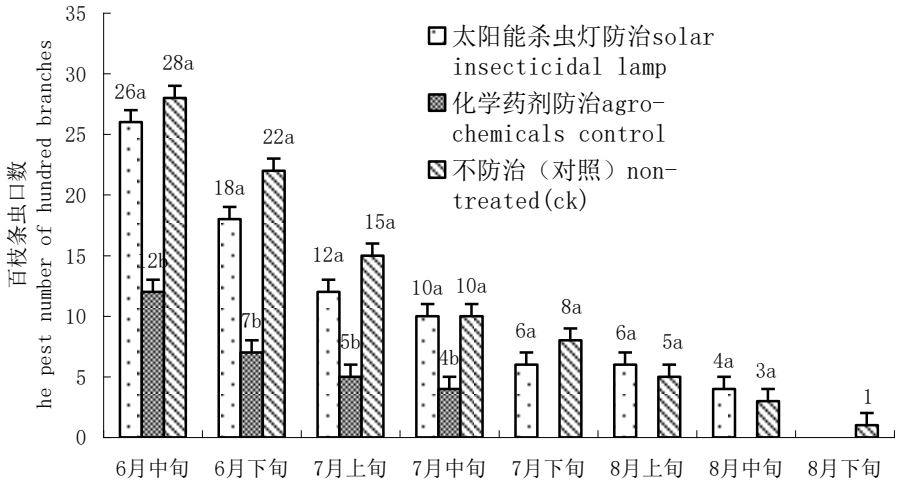
c 牧草盲蝽 capsid



d 草地螟 meadow moth



e 叶象甲 hypera postical



f 潜叶蝇 leaf miner

图 1　苜蓿 6 种主要虫害防治效果比较

Fig.1 The comparison of control effects on six main insect pest of alfalfa

2.3　苜蓿草产量、茎叶比、株高对比

不同虫害防治方法的苜蓿草田株高、茎叶比、产量的测定结果见表 3。结果表明，不同防治方法之间的苜蓿株高差异不显著（P＞0.05），太阳能杀虫灯防控和化学药剂防治处理的茎叶比、鲜草产量和干草产量均高于对照，且存在显著（P＜0.05）或极显著（P＜0.01）差异，而 2 个处理间差异不显著（P＞0.05）。太阳能杀虫灯防控处理的干草产量较对照增产 20.79%，药剂处理较对照增产 12.42%。初步表明不论太阳能杀虫灯防控还是化学药剂防治，对苜蓿虫害均起到了良好的防治效果。

表 3　不同防治方法苜蓿草产量比较

The comparison of alfalfa hay yield with different pest contol way

处理 Treat ment	株高(cm) plant height (cm)	茎叶比 Stem/leaf ratio	鲜草产量 (kg/hm^2) Fresh forage yield (kg/hm^2)	鲜干比 Fresh / fry ratio	干草产量(kg/hm^2) Hay yield (kg/hm^2)	较对照增产(%) more yield than ck（%）
太阳能杀虫灯 Solar lamp cotrol	88	1.3±0.2aA	26836.541376.03aA	3.01	8915.79±457.15aA	20.79
化学药剂防治 Chemicals control	80	1.0±0.2abAB	25808.14±1090.04aA	3.11	8298.44±350.50aAB	12.42
不防治（对照） Non-treated (ck)	78	0.8±0.1bB	22513.67±507.95bB	3.05	7381.53±166.54bB	

2.4　经济效益比较

通过比较太阳能杀虫灯防控和化学药剂防治苜蓿虫害的增产经济效益，结果见表 4。每公顷喷施药剂一次的费用是 105 元加上人工费 20 元，一年喷施 3 次，总共成本费用是 375 元；太阳能杀虫灯的单价约为 4000 元，一盏灯可以有效防治 2 hm^2 苜蓿田，且可持续利用 8 年，每公顷的成本费用约 250 元。按目前苜蓿干草的市场价 2.1 元/kg 计算，太阳能杀虫灯防治苜蓿虫害较对照净增利润 2974 元，而化学药剂防治苜蓿虫害较对照净增利润 1551 元。

表 4　不同苜蓿虫害防治方法效益比较

The benefit comparison of alfalfa by different pest control way

处理 Treat ment	干草产量 Hay yield /kg	较对照增产 More yield than ck/kg	单价 Unit price/Yuan/Kg	增值 value-added/Yuan	防治成本 Costs of control /Yuan	较对照净增利润 More profits than ck/Yuan
太阳能杀虫灯 Solar lamp cotrol	8916	1535	2.1	3224	250	2974
化学药剂防治 Chemicals control	8298	917	2.1	1926	375	1551
不防治（对照） Non-treated (ck)	7381	\	2.1	0	0	\

3　讨论

种植苜蓿，虫害防治是一项重要的田间管理技术[7]。目前，大多生产者选用化学药剂防治，或者

发生虫害后直接刈割而不防治，且对防治成本和效益存在担忧[8-12]。本研究对黑龙江省齐齐哈尔地区利用太阳能杀虫灯防治和化学药剂防治处理的苜蓿田中主要 6 种苜蓿虫害，分别进行了单独调查分析，2 个防治处理均表现出较好的防治效果，与不防治相比差异显著，且防治后会增加效益，进一步说明，种植苜蓿防治虫害投入是有必要的，也是有利可图的。但由于太阳能杀虫灯防治技术主要利用害虫趋光性、驱波性，对部分害虫幼虫防治效果不明显，例如地老虎幼虫、潜叶蝇幼虫等，有一定的局限性。而药剂防治仅仅在施药期防治效果明显，防治持久性较差。综合草产量、最终增值效益以及生态效益而言，太阳能杀虫灯防治效果好于药剂防治，进一步确定太阳能杀虫灯防治害虫技术可以作为主推技术在苜蓿种植中进行应用。另外，太阳能杀虫灯防治与化学药剂防治结合防治苜蓿虫害的效果尚不明确，还需进一步研究。

4 结论

4.1 太阳能杀虫灯在黑龙江省齐齐哈尔地区苜蓿生产田中应用，可以诱杀 27 种害虫，且对苜蓿主要 6 种虫害，包括苜蓿蓟马、蚜虫、牧草盲蝽、叶象甲、草地螟、潜叶蝇，具有显著的防治效果。

4.2 利用太阳能杀虫灯防治苜蓿虫害，可以极显著的提高苜蓿茎叶比、草产量，与不防治相比，每公顷增收 2759 元。

4.3 太阳能杀虫灯防治技术与药剂防治技术相比，在防治效果上没有明显差异，各有局限性，但综合而言，太阳能杀虫灯防治害虫技术由于药剂防治技术。

参考文献（略）

紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作技术要点

张艳宜[1]，王　季[1]，李晓康[2]，安　涛[3]，李　霞[1]

（1.甘肃省机械科学研究院，甘肃兰州 730030；2.甘肃金科峰农业装备有限责任公司，甘肃兰州 730030；

3.甘肃金科脉草业有限责任公司，甘肃兰州 730030）

摘　要　为给牧草企业及养殖场制作品质优良的紫花苜蓿青贮饲料提供理论依据与技术支持，本文介绍了紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料的制作工艺及技术要点，从贮放地点的选择，原料刈割期的确定，到原料的晾晒、切短、打捆、裹包、贮藏都做了详细说明。紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作的技术要点包括原料在现蕾期至初花期刈割，田间萎蔫至干物质含量为 40%~45%，打捆密度为 600～800kg/m3，包膜层数为 4~8 层，在严格按照标准流程进行的情况下，苜蓿单独青贮能够成功。

关键词　紫花苜蓿；拉伸膜裹包；青贮饲料；青贮技术

Key Points of Baled Alfalfa Silage Technology

Zhang Yanyi *, Wang Ji, Li Xiaokang[a], AnTao[b], Li Xia

（1.Gansu Academy of Mechanical Sciences，Lanzhou, Gansu 730030.

2.GansuJinkefeng Agricultural Equipment Co., Ltd. Lanzhou, Gansu 730030.

3.GansuJinkemaiPrataculture Co., Ltd. Lanzhou, Gansu 730030.）

Abstract: In order to provide theoretical basis and technical support for pasture enterprises and farms to make good quality alfalfa silage, in this paper, the production technology and the key points of the processon baled alfalfa silagewere introduced. Theselection of storage location and determination of cutting of raw materials,the drying of raw materials, cut short, baling, wrapping and storage are described in detail. The key points of baled alfalfa silage technology include: the raw materialswere cutting during squaring stage to flowering stage,dry matter contents from 40% to 45%, bale densityfrom 600kg/m^{3}to 800kg/m^3,wrappinglayersfrom 4 to 8. Whenstrictly according to the standard process, thealfalfa could silage alone successfully.

Keywords: Alfalfa; Baled; Silage; Silage Technology

紫花苜蓿(*Medieago sativa L*．)是一种全世界公认的优良豆科牧草，是我国的主导草业，其富含蛋白质、脂肪、多种矿质元素、维生素以及牲畜生长发育所必需的氨基酸，被誉为“牧草之王”，是发展优质高效畜牧业的物质基础，在畜牧业生产及农村经济中有着极其重要的作用[1~3]。

青贮和调制成青干草是苜蓿生产加工和产业化开发的主要技术，也是调剂饲草余缺，解决饲草供应不平衡的关键技术，但苜蓿在调制干草过程中，由于雨淋、落叶以及运输、贮藏等因素将损失大量营养物质。一般总营养物质损失大约 20％~30％，可消化蛋白质损失 30％左右，而苜蓿青贮处理则可以降低上述干草调制过程中的营养损失，并且能保存紫花苜蓿青绿多汁性能，提高适口性及消化率[4~6]。优质紫花苜蓿青贮饲料粗蛋白含量在 18％以上，且与紫花苜蓿青干草调制加工相比，调制紫花苜蓿青贮饲料方法简单，调制过程不受季节、气候的影响[7,8]。因此，进行紫花苜蓿的合理青贮，对发展草地畜牧业具有重要意义。目前，青贮技术在许多国家苜蓿加工和畜牧业生产中得到了广泛应用。据估计，在西欧为冬季饲养而储备的饲草中，有 60％以上是以青贮的方式来贮存的[9]。

拉伸膜裹包青贮是一种新型的青贮饲料加工方法，与传统的窖贮、堆贮、塔贮等青贮方式相比，具有饲料质量高、浪费少、环境污染少、易于运输和商品化、保存期长、成本低等特点。现将苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作的流程及要点简单介绍如下。

1　紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮的原理

紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮是将萎蔫后的苜蓿原料经机械切短后进行高密度压实、打捆、缠网，然后通过包膜机用青贮专用膜密封裹包起来，进而创造出厌氧发酵环境，利用乳酸菌发酵产生乳酸，当乳酸在青贮饲料中累积到一定浓度时（pH<5），青贮饲料中各种微生物的繁衍被抑制和杀灭，从而达到长期保存青绿多汁饲料及其营养的一种贮藏方法。通常在紫花苜蓿青贮饲料的制备过程中，饲料与空气隔绝速度越快，越有益于乳酸菌发酵，青贮成功的可能性也越大。紫花苜蓿青贮饲料品质的好坏、饲用价值的高低因苜蓿原料碳水化合物含量、发酵状态而异，由于紫花苜蓿是较难青贮成功的豆科类草，其可溶性碳水化合物含量少、干物质含量低，缓冲能值较高，因此需添加青贮剂促使苜蓿原料满足青贮条件。

2　紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作流程及要点

紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料加工制作的工艺流程：原料→刈割→晾晒→切短→打捆（添加青贮剂）→裹包→贮放地贮藏→青贮饲料，相应的技术要点如下。

2.1　贮放地点

紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料的贮放地应清扫干净，最好是混凝土地面，必要时进行消毒，并防止泥土及杂物混入，要求取用方便、易管理。不能将贮放地点选在树下或树附近，因为这样青贮裹包可能会受到掉落树枝及栖息在树上的鸟类的破坏，同时应清理贮放地点周围的植物，使啮齿动物失去遮蔽物。

2.2　原料收获

苜蓿制作裹包青贮饲料的适宜刈割期为现蕾期至初花期，尤其是在整片苜蓿出现 10%左右花蕾时进行刈割最佳。这一时期的紫花苜蓿营养价值较高，粗蛋白含量为 16％～22％，一般为 18％左右，且蛋白质品质优良，其中赖氨酸含量较高，对平衡谷物饲料赖氨酸不足非常有利。粗纤维含量一般为 25.0％左右，同时富含维生素和矿物质[10]。

2.3　刈割晾晒

紫花苜蓿原料刈割时一般留茬高度为 6～10cm，不得刈割带有泥沙、霉变和腐烂的原料。一般留茬高度越高，饲草品质会越高，但产量会下降；留茬较低，由于苜蓿基部的木质素含量比上面的部分高，将导致青贮饲料的饲喂价值降低，同时低留茬还会使原料中不可避免的带入地膜、泥土等杂物，对青贮饲料品质产生不良影响。

紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料制作时原料最适含水量范围为 50%～60%。一般苜蓿鲜草在现蕾期至初花期含水量为 75%~80%，因此刈割后需进行晾晒以降低苜蓿含水量。在紫花苜蓿现蕾期至初花期收割后集成 1m 左右宽的草垄，晾晒时间需根据苜蓿原料产地实际天气状况及刈割时间确定，一般北方地区需晾晒 6~12h，南方地区则需晾晒 24~36h。以茎叶内含水量达到 50％～60％时为标准(叶片萎蔫出现蜷缩，挤压茎杆有水溢出)。

2.4　切短

紫花苜蓿目前有直接切短和揉搓切短两种方式，直接切短的长度为 2～3cm，揉搓切短的长度为 5~10cm。目前国内苜蓿青贮饲料加工过程中这两种方式都有使用，两种方式均能达到制作苜蓿青贮饲料的要求，其中直接切短的原料发酵完成后茎叶结构保持效果较揉搓切短好，但直接切短动力消耗大于揉搓切短，因而养殖场及牧草企业应综合考虑选择适合的切短方式。

图 1　紫花苜蓿原料晾晒

Fig.1 Alfalfa drying

2.5　打捆（添加青贮剂）

切短后的紫花苜蓿原料应使用专用打捆设备进行高密度压实、打捆、缠网，打捆形式为圆柱体，主要目的是将物料间的空气排出，最大限度地降低全株玉米原料的好氧发酵，要求密度达到 600～800kg/m^3，缠网层数为 4~6 层。打捆时苜蓿原料的压实程度至关重要，关系到紫花苜蓿青贮是否成功，由于紫花苜蓿可溶性碳水化合物含量低，因此其青贮要求比其他牧草要高，需尽可能将原料压紧压实，若条件允许，可用添加剂青贮和混贮的方法，以保证青贮料有足够的糖分进行发酵，提高成功率。

紫花苜蓿原料打捆过程中可添加青贮剂以促进其发酵，也可根据实际情况在切短过程中添加。青贮剂喷洒系统应能够做到自动控制，在打捆室有原料时喷洒，无料时自动停止，其流速要与打捆速度

相匹配。

图 2　打捆

Fig.2 Baling

2.6　裹包

打捆后的紫花苜蓿草捆需用青贮专用拉伸膜进行裹包，青贮专用拉伸膜应具有拉伸强度高、抗穿刺强度高、韧性强、稳定性好及抗紫外线等特点，一般厚度为 0.025mm，拉伸比范围 55%～70%，裹包时包膜层数为 4～8 层，拉伸膜必须层层重叠 50%以上。

2.7　贮藏及管理

裹包好的紫花苜蓿青贮饲料运送到贮放地进行堆放，采用露天竖式两层堆放贮藏的方式，堆放及转运过程中发现破损包应及时进行修补。

裹包后的紫花苜蓿经过 6～8 周发酵形成青贮饲料，在青贮饲料发酵贮藏过程中，应经常检查青贮裹包的完好度与密封度，防止薄膜破损、漏气及雨水进入，在堆放管理过程中注意防止虫、鼠和鸟类等危害。

图 3　裹包

Fig.3 Wrapping

2.8　品质检验及饲喂

饲喂前的紫花苜蓿青贮饲料应进行品质分析及卫生检验。品质分析包括感官评定和实验室评定两种，其中感官评定包括色泽、气味、质地等方面，优良的紫花苜蓿青贮原料色泽接近原料或是青绿色，气味芳香，质地柔软湿润；实验室评定包括干物质含量、pH 值、氨态氮以及相关营养成分的检验。紫

花苜蓿青贮饲料卫生检验主要是进行霉菌及霉菌毒素的检测，检测方法参照相关标准进行。

紫花苜蓿青贮饲料初次饲喂家畜时，用量不宜过大，应逐渐增加饲喂量。怀孕母畜不宜多喂，产前 15 d 应停喂，以防流产。一般根据饲养规模和饲喂量开包，青贮包不能提早打开，避免营养物质再次损失和二次发酵，影响青贮饲料的质量。

3 结语

综上，调制紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料的各道工序应连续进行，尽量缩短紫花苜蓿青贮过程的有氧阶段，否则既损失养分，又影响质量。此外，苜蓿青贮饲料品质不同则价格也不相同，现阶段国内苜蓿草蛋白含量每增加 1 个百分点，每吨增值 100 元。由此可见，要提高苜蓿青贮饲料产品的竞争力及档次，改善产品品质和提高苜蓿产品加工水平是关键。拉伸膜裹包青贮技术能够最大程度的保留紫花苜蓿的营养品质，且为雨季苜蓿的贮存提供便利条件，其操作简单，裹包后可长期露天堆放，可根据用量开包，防止二次发酵，能够实现商品化。因此，大力推广紫花苜蓿拉伸膜裹包青贮饲料的制作技术，对提高我国紫花苜蓿青贮饲料产品的竞争力是非常重要的。

参考文献（略）

滴灌技术在苜蓿生产上的应用

周易明

（新疆呼图壁种牛场农业事业部，新疆　831203）

摘　要　本文通过生产实践，从首部过滤器的选择，地下地上管网的布设与连接方法，田间管理措施及应注意的问题，苜蓿滴灌的效果评价等几个方面论述了滴灌技术在苜蓿生产上应用的成功经验。

关键词　苜蓿；滴灌

随着高效节水技术在各种作物上的普及应用，我们也尝试在苜蓿上利用滴灌技术进行灌溉。由于苜蓿是多年生的饲草作物，每年都要进行 2~3 次的割草，捆草，拉运等频繁的机械作业和碾压，所以采用把毛管铺设在地表以下 10~15cm，通过对不同规格毛管的生产试验，总结了一套滴灌在苜蓿生产上应用的成功经验。

1　过滤器的选择

由于苜蓿为多年生作物，毛管埋于地表下要使用多年，所以我们要求水质要好，过滤器中的过滤网要选择 100 目以上的，保证进入毛管里的水质清洁。

2　管网布设

2.1　地下管网的布设

根据系统所辖面积，一般要求主干管选用管径为Φ200mm 以上的 PVC 管，分干管选用管径为Φ160mm 的 PVC 管，出地管选用管径为Φ125mm 或Φ90mm，支管间距 60m。

2.2　地面管网的布设

支管采用管径为Φ90mm 的 PE 软管，支管的铺设长度 70~80m，埋深 15~20cm。

毛管采用内镶贴片式滴管带，滴头流量选 1.38~2.0L/h，毛管的铺设间距为 60cm，埋深 10~15cm。

3　地面支管和毛管的铺设方法

3.1　整地

要求土地达到齐、平、松、碎、净的质量标准。

3.2　铺布毛管

用铺管机（也可以用中耕机改装成铺管机）顺播种方向对整个地块的毛管进行铺布，毛管间距 60cm，毛管埋深 10~15cm。

3.3　布支管

整个地块的毛管布完以后，人工顺着支管的方向用剪刀或铁锹把毛管全部断开，清理支管沟，深度要求 20cm 左右，然后把 PE 支管铺布在支管沟内。

4 地面管路的连接

由分干管引到地面上的出地管，连接三通（如果出地管为Φ125mm 的，还要经变径后再接三通），三通的两侧各由分水球阀与 PE 支管连接起来，支管的末端折叠封好。

毛管通过旁通，顺水流方向（顺坡降）单侧与支管连接起来，旋紧。毛管末端同样由旁通连接到与支管相同规格的 PE 软管上，以方便每年排出进入毛管里的沙粒。

5 整地播种

5.1 平整土地

支管和毛管全部连接好以后，用拖拉机带平土框对地面进行耱平，成待播状态。

5.2 播种

用播种机按照 15cm 的行距进行条播，播种深度 0.5cm～1.0cm。

6 滴水出苗

播种后就可以进行滴水，第一次滴水时要对整个地块进行检查，对有些跑漏水的地方重新接好，确保压力和滴水均匀（毛管尾部的压力要达到 0.05Mpa 以上）。

滴水时间要以地表的湿润面全部连起来为准，一般第一次滴水每亩需要 60~80m³。

出苗后注意杂草的防除和虫害的防治。

7 生产管理

7.1 轮灌

根据水量和压力，确定每个轮灌区组所开的支管数量，毛管尾部的水压必须要达到达到 0.05Mpa 以上。每一茬草灌溉二次，每次灌溉每亩用水量 50~60 m³。

7.2 施肥

苜蓿所需肥料加入施肥罐内，随水滴入土壤。

7.3 排沙

根据水质情况，每年在灌溉时都要打开连接毛管的末端 PE 软管 1~2 次，把沉积在毛管里的细小的沙粒冲出来，以免堵塞毛管的滴头，影响灌溉质量。

8 效果评价

8.1 节水效果

通过多年的生产实践，在大水漫灌的生产条件下，每灌溉一次每亩用水约 250 m³ 左右，全年灌溉每亩地的用水量都在 1000 m³ 以上（包括冬灌水）。滴灌苜蓿每茬草要灌溉二次，每次每亩地用水 60~80

m³，全年灌溉 7 次，每亩地全年灌溉用水 500 m³左右，节水效果非常显著。

8.2 增产

在大水漫灌的生产条件下，由于灌溉不及时或浇水太多，收获机械不能及时收获等原因每年最多只能收 2~3 茬草，每亩地生产干草 900Kg 左右。苜蓿进行滴灌管理后，灌溉非常方便，灌水及时，水量好控，一年可以多收一茬草，每亩地生产干草达到 1200Kg 以上，增产效果非常明显。

8.3 提高肥料利用率

苜蓿为多年生作物，在大水漫灌的生产条件下，施肥只能靠人工在浇水前地面撒施，肥料的利用率很低。滴灌苜蓿肥料加入施肥罐，随水直接滴入苜蓿根际的土壤里，根据测算，氮肥的利用率比地面撒施提高 15~20%。

8.4 延长利用年限

在大水漫灌的生产条件下，苜蓿地利用 3~4 年后，部分苜蓿的根就会出现一片片腐烂，死亡，并且逐年严重，5 年以后就会出现缺苗严重，杂草多，产草量下降。滴灌苜蓿地 3~4 年后，基本无根腐病出现，5~6 年的苜蓿依然不缺苗，产草量和 3~4 年的苜蓿地相当。

9 生产上应注意的问题

毛管和支管均为 PE 软管，且埋于地表下，鼠害严重时会咬坏毛管或支管，造成漏水，每年注意对鼠害的防治。

芦苇的地下生长锥也会扎破软管形成漏水点，所以每年春天的第一次灌水时，整块地要检查一遍，把漏水的地方接好，确保灌水均匀。

苜蓿青贮替代苜蓿青干草对奶牛生产性能及乳品质的影响

朱晓艳，赵　诚，史莹华，王成章，吕先召，韩康康，李栋栋

（河南农业大学，河南郑州 450002）

摘　要　试验探讨了苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛生产性能、乳品质、营养物质表观消化率、血液指标及经济效益的影响。选取体重、产奶量、胎次相近的泌乳中期中高产荷斯坦奶牛15头，随机分为3组，每组5头，每个重复1头。对照组饲喂4.0kg苜蓿青干草，试验A、B组分别用4.4kg、8.8kg苜蓿青贮料代替2.0kg和4.0kg苜蓿青干草，正试期63d。结果表明：(1)各组间干物质采食量差异不显著（$P>0.05$），B组产奶量显著低于对照组（$P<0.05$），A组与对照组、B组间差异不显著($P>0.05$)；(2)用50%、100%的苜蓿青贮料替代等干物质的苜蓿青干草，其乳蛋白率、乳脂率、乳糖均有所改善,但只有B组的乳脂率显著高于对照组($P<0.05$),其余指标各组间差异均不显著($P>0.05$)；（3）A、B组与对照组的中性洗涤纤维表观消化率、钙表观消化率无显著性差异($P>0.05$)，A、B组间粗蛋白和磷表观消化率差异不显著($P>0.05$)，但是粗蛋白表观消化率均显著低于对照组、磷表观消化率均显著高于对照组($P<0.05$)；(4)苜蓿青贮料替代苜蓿青干草其血清总蛋白、白蛋白、血尿素氮、血糖、二氧化碳结合力等指标没有显著性改变($P>0.05$)；(5) 试验A、B组经济效益均有所增加，其中A组的净增收益最高，为0.61元/d。综上：用4.4kg苜蓿青贮料代替2.0kg苜蓿青干草对中高产奶牛是适宜的，能提高其生产性能，改善乳品质，增加收益。

关键词　奶牛；青贮苜蓿；苜蓿青干草；生产性能；乳品质；经济效益

Effect of Replacing Alfalfa Hay with Alfalfa Silage on the Production Performance and Milk Quality of Dairy Cow

ZHU Xiao-yan, ZHAO Cheng, SHI Ying-hua, WANG Cheng-zhang,
LV Xian-zhao, HAN Kang-kang, LI Dong-dong

(Henan Agricultural University，Zhengzhou 450002，China)

Abstract: The effect of alfalfa silage substituting for different proportion of alfalfa hay on the production performance, mild quality, nutrient apparent digestibility, serum biochemical indices of dairy cows and economic benefit was studied. Fifteen multiparous Holstein Lactation cows in mid lactation with similar body weights, milk yield and parities were selected and randomly divided into 3 groups. The diet for control group included 4.0kg alfalfa hay, and in the test groups A and B, 4.4kg and 8.8kg alfalfa silage were used to replace 2.0kg and 4.0kg alfalfa hay, respectively, in 63 days of a feeding trail. The results showed that:

(1)There were no significant different between control group and test groups in dry matter intake(P>0.05). The milk yield of control group was significantly higher than B group(P<0.05), but was not significantly distinguished with A group(P>0.05), as well as A group and B group; (2) The milk protein, fat percentage and lactose were improved in test groups, but only the fat percentage of B group was significantly higher than that of control group(P<0.05); (3) The apparent digestibility of NDF and Ca of group A and B were not significantly different with control group (P>0.05). The apparent digestibility of crude protein and phosphorus between the two test groups were not significantly different(P>0.05), but the apparent digestibility of crude protein were significantly lower than control group(P<0.05), the apparent digestibility of phosphorus were significantly higher than the control group (P<0.05); (4)The test groups and control group serum total protein, albumin, blood urea nitrogen, blood glucose and carbon dioxide binding force had no significant difference (P>0.05); (5) The economic benefits were increased in test group A and B, but the profit of group A was greatest, at 0.61yuan/d. This research has shown that 4.4kg alfalfa silage substituting 2.0kg alfalfa hay is recommended, which can improve the production performance, milk quality and economic benefits.

Keywords: dairy cow; alfalfa silage; alfalfa hay; production performance; milk quality; economic benefit

自 2008 年发生震惊中外的牛奶“三聚氰胺”事件以后，奶制品的质量和食品安全引起了国家对奶产业的高度重视，加速了国家对苜蓿大面积种植和草产品产业化的推广，国内苜蓿产业呈现出蓬勃发展的态势。据有关方面资料，苜蓿青干草在奶牛中的普及率已达到 70%，大多数高产奶牛每天有 3-4kg 苜蓿青干草的饲喂量，但多以苜蓿干草捆的方式供应，苜蓿青贮饲料的应用量很少。在我国南方多雨地区或北方雨季来临时，苜蓿干草在调制、贮存、运输、饲喂过程中易受降雨、落叶等影响，导致干草产量和品质下降，损失严重。少数地区用烘干设备生产高品质的脱水苜蓿，几乎不受雨季的影响，但所需设备昂贵、能源消耗量大，应用范围有限。调制良好的青贮苜蓿不仅保持了新鲜苜蓿的营养成分，同时兼具有消化率高、适口性好、耐贮存等优点，能很好地避免苜蓿干草调制过程中带来的弊端。但苜蓿青干草的蛋白质多以真蛋白的形式存在，而苜蓿青贮后大部分蛋白质被降解为 NPN，而且大部分糖类转变为有机酸，故苜蓿青贮料代替苜蓿青干草后奶牛的生产性能和乳品质是否发生了改变，经济效益如何，并不清楚，需要我们进行研究。

国内外关于苜蓿在奶牛饲粮中的应用已进行过较多研究，苜蓿已成为美国等发达国家奶牛饲养的一种主要粗饲料之一。但国内外奶牛饲养利用苜蓿所开展的相关研究中，多偏重于苜蓿青贮料、玉米青贮料或不同比例苜蓿青贮料、玉米青贮料等对奶牛生产性能、牛奶品质的影响方面，且多是奶牛瘤胃机理方面的研究。国内目前还没有苜蓿青贮料替代苜蓿青干草在奶牛生产性能及经济效益评定等方面的相关研究。随着我国对奶业的高度重视和牧草产业化的发展，苜蓿青贮料将成为奶牛饲粮中不可或缺的一部分和主要利用方式之一。本研究根据国内苜蓿干草的使用现状，研究不同比例的青贮苜蓿料替代苜蓿干草对奶牛生产性能、牛奶品质、表观消化率和经济效益等指标的影响，为苜蓿青贮料在奶牛养殖中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点

试验于 2014 年 10 月 1 日至 2014 年 12 月 18 日在河南省郑州市惠济区中荷奶业科技发展有限公司奶牛养殖场进行。预试期 15d，正试期 63d。

1.2 试验动物及试验设计

试验选取 2-3 胎次（平均 2.5 胎）、体重（580kg 体重）、产奶量（28kg 左右）的泌乳中期的中高产中国荷斯坦奶牛 15 头，采用完全随机设计，分为 3 组，每组 5 头，每个重复 1 头牛。试验用苜蓿为 2014 年初花期刈割的第一茬紫花苜蓿，经田间干燥、打捆后贮存的青干草，青贮苜蓿为同茬次的裹包青贮苜蓿。对照组饲喂基础日粮，试验组分别用 4.4kg、8.8kg 青贮苜蓿替代 2.0kg（A 组）、4.0kg（B 组）苜蓿青干草。参考中国奶牛饲养标准和 NRC 奶牛营养需要(NRC，2001)设计。各组饲粮配方及营养水平见表 1，混合精料配方见表 2，舔砖成分见表 3。

表 1 试验饲粮组成和营养水平（DM%）

Table 1 Diet composition and nutritional levels

项目 Item	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group
全株玉米青贮料 Corn silage（%）	32.85	32.87	32.88
青贮苜蓿 Alfalfa Silage（%）	0	7.25	14.50
苜蓿青干草 Alfalfa hay（%）	14.57	7.29	0
燕麦草 Oat hay（%）	3.67	3.67	3.67
全棉籽 Cotton seed（%）	5.64	5.64	5.64
啤酒渣 Beer residue（%）	8.59	8.59	8.59
混合精料 Concentrate（%）	34.66	34.68	34.69
营养浓度 Nutrient content			
NE_L(MJ/kg)	6.70	6.70	6.70
CP(%)	16.65	16.66	16.66
NDF(%)	40.84	40.85	40.85
Ca(%)	0.83	0.83	0.83
P(%)	0.49	0.49	0.49

注：产奶净能是计算值。每两头牛一块舔砖（自由舔食）,每头牛 100g 小苏打,适量微生物菌剂

Note: $NE_L$is the estimated value.

表 2　混合精料配方（DM%）

Table 2 Concentrate ingredient

原料	比例（%）	营养成分	营养浓度
玉米 Corn	52	NDF	23.50
次粉 WMD	6	CP	20.06
豆粕 Soybean meal	13	Ca	1.09
棉粕 Cottonseed meal	10	P	0.68
DDGS	10		
小料	9		

表 3　舔砖成分表（mg/kg）

Table3 Mineral of Red Rockies

净重 N W	灰分 Ash	水分 W	钠 Na	镁 Mg	钴 Co	铜 Cu	铁 Fe	锰 Mn	硒 Se	锌 Zn	碘 I
5kg	99%	1%	38%	5000	75	1000	1500	500	30	100	150

1.3　奶牛的饲养管理

试验奶牛采用对尾拴系式单栏饲养。每组饲粮均配成全混日粮（Total mixed ratio, TMR），每天饲喂 2 次（早上 60%、下午 40%），每天的剩料量控制在 5%-10%；使用自动饮水器，自由饮水；用真空泵提桶式挤奶器挤奶，每天 2 次，早上 4:30-6:00、下午 16:30-18:00。挤奶时严格遵循每头奶牛一条毛巾的要求，挤前用药水洗净乳头，挤完奶立刻对乳头消毒。早上挤奶后，赶牛到运动场自由活动。工作人员在上午 7:00-8:00 之间对牛舍扫除和消毒，试验期内每周对牛舍进行一次彻底消毒。在试验期的第 28-30d 和 61-63d 进行消化代谢试验（采用全收粪、收尿法）。每天观察奶牛健康状况，发现问题及时处理。

1.4　样品的采集与测定

每天测定产奶量。乳成分每 10d 测定一次，每头牛每次采奶样 10mL，早上取 6mL、下午取 4mL，样品均匀混合后在河南省奶牛生产性能测定中心用乳成分自动分析仪（FOSS ft+200）分析其乳脂率、乳蛋白率、乳糖、乳固形物含量、干物质含量、体细胞数(somatic cell count，SCC)、乳尿素氮含量。干物质采食量（dry matter intake, DMI）每 10d 测定一次。

每天早上和下午各采一次奶样共 10mL，样品放-30℃冰箱保存，测定奶中的真蛋白、乳钙和乳磷含量。

分别在两个试验期的最后一天，早上饲喂前每头奶牛颈静脉采血 10mL，3000g 离心 10min。吸取血清-20℃冻存，用生化分析仪（Hitachi7170 型）测定血清生化指标（TP、GLU、TCO_2、ALB 和 BUN）。

1.5　表观消化率的测定

消化代谢试验采用粪尿袋（ZL 2008 2 0109628 5）、单独舍饲栏内连续 3 d 每天 24 h 全收粪法，混合 1 d 所收集的全部粪样称重，用五点法采样并称取总粪量的 4%，加入 1/4 粪重的 10%的酒石酸，混合均匀，-20℃冷冻保存待分析用。在此期间，每天测定采食量和剩料量并均匀取样，饲料样品 65℃

鼓风干燥 48h 后制成风干样待测定常规营养成分。样品中的粗蛋白质、中性洗涤纤维、钙、磷分别采用自动定氮仪（福斯，8400）、GB/T20806-2006、EDTA 法、钒钼酸铵比色法测定；奶样中的真蛋白、乳磷、乳钙分别依照 NY/T1678-2008 法、火焰原子吸收分光光度法、用磷钼酸比色法测定。

1.6 统计分析

试验数据用 Excel2010 软件进行整理，采用 SPSS17.0 进行方差分析，LSD 法进行各组间的多重比较，差异显著以 $P<0.05$ 表示，试验数据用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 苜蓿青贮料替代苜蓿青干草对奶牛生产性能的影响

由表 4 可以看出，试验 A 组和对照组、试验 B 组之间的平均产奶量差异不显著（$P>0.05$），而试验 B 组的平均产奶量显著低于对照组（$P<0.05$）。随着苜蓿青贮料替代苜蓿青干草比例的增加，产奶量有逐渐下降的趋势。奶牛的干物质采食量各组之间差异均不显著（$P>0.05$）。

2.2 苜蓿青贮替料代不同量苜蓿青干草对乳品质的影响

试验结果表明（见表 4），和对照组相比，试验组的乳蛋白、乳糖、乳脂率、乳磷、乳钙均有随着苜蓿青贮料替代量增加而增加，乳中的尿素氮、干物质有下降的趋势。除了 B 组的乳脂率显著高于对照组外（$P<0.05$），其余指标对照组和试验组间差异不显著（$P>0.05$）。乳中的体细胞数，各组间差异不显著（$P>0.05$）。

表 4 苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛生产性能和乳品质的影响

Table 4 Effect of replacing alfalfa hay with different proportions of alfalfa silage on production performance and milk quality of dairy cows

项目 Item	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group
产奶量 Milk yield(kg/d)	29.94±0.66^{a}	29.69±0.76^{ab}	29.24.±1.26^{b}
乳蛋白 Milk protein ratio(%)	3.03±0.04^{a}	3.05±0.03^{a}	3.07±0.04^{a}
乳真蛋白 Milk true protein(g/100g)	2.76±0.03^{a}	2.78±0.06^{a}	2.76±0.01^{a}
乳糖 Lactose(%)	4.62±0.06^{a}	4.95±0.06^{a}	4.95±0.10^{a}
乳脂率 Milk fat(%)	4.13±0.08^{a}	4.19±0.08^{ab}	4.23±0.07^{b}
干物质 Dry matter(%)	12.68±0.78^{a}	12.67±0.65^{a}	12.23±0.70^{a}
乳尿素氮 MUN(mg/dL)	17.16±1.68^{a}	16.96±1.80^{a}	16.57±2.20^{a}
体细胞 SCC(10^4/mL)	36.0±9.52^{a}	40.93±11.57^{a}	36.17±6.27^{a}
乳钙 Milk calcium(%)	0.1016±0.0053^{a}	0.1021±0.0065^{a}	0.1024±0.0044^{a}
乳磷 Milk phosphorus(%)	0.0869±0.0034^{a}	0.0875±0.0012^{a}	0.0089±0.0008^{a}
干物质采食量 Dry matter intake (kg/d)	22.88±0.06^{a}	22.82±0.10^{a}	22.78±0.09^{a}

注：同行不同小写字母表示差异显著（p<0.05），相同小写字母表示差异不显著(p>0.05)，下同。

Note: Values with different lowercase are significantly different（P<0.05）, values with the same lowercase are no significant different (P>0.05). The same as below.

2.3　青贮苜蓿青贮料代替苜蓿干草不同替代量对奶牛营养物质表观消化率的影响

表 5 显示，3 个组的中性洗涤纤维表观消化率无显著性差异($P>0.05$)，其中 A 组的中性洗涤纤维表观消化率最高，A 组和 B 组分别比对照组提高了 8.23%和 4.58%；两试验组间的粗蛋白表观消化率无显著性差异($P>0.05$)，但是均显著低于对照组($P<0.05$)；三组间钙的表观消化率无显著性差异($P>0.05$)，但试验组均高于对照组；对照组磷的表观消化率则显著低于两试验组($P<0.05$)，两试验组间差异不显著($P<0.05$)。随着青贮苜蓿替代苜蓿干草比例的增加，钙、磷表观消化率有增加，粗蛋白表观消化率有降低的趋势。

表 5　苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛营养物质表观消化率的影响

Table 5 Effects of replacing alfalfa hay with different proportions of alfalfa Silage on apparent nutrient digestibility (DM%）

项目 Item	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group
中性洗涤纤维表观消化率 Apparent digestibility of neutral detergent fiber	49.81±2.88[a]	53.91±4.48[a]	52.09.±1.80[a]
粗蛋白表观消化率 Apparent digestibility of crude protein	75.33±0.713[a]	74.33±0.550[b]	73.58±0.555[b]
钙表观消化率 Apparent digestibility of calcium	28.81±1.134[a]	29.12±1.156[a]	29.41±1.034[a]
磷表观消化率 Apparent digestibility of phosphorus	54.80±0.374[a]	55.49±0.347[b]	55.97±0.360[b]

2. 4　青贮苜蓿代替苜蓿干草对奶牛血液指标的影

从表 6 可以看出，3 个组奶牛血液中总蛋白、白蛋白、血尿素氮、血糖、二氧化碳结合力均差异不显著（$P>0.05$)。

表 6　青贮苜蓿代替不同比例苜蓿青干草对奶牛血液生化指标的影响

Table 6 Effects of replacing alfalfa hay with different proportions of alfalfa on blood biochemical parameters

项目 Item	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group
白蛋白 (g/L) TP	73.16±1.63a	76.22±1.73a	75.96±1.55a
白蛋白 (g/L) ALB	29.08±0.85a	29.09±0.74a	28.94±0.40a
血尿素氮 (mmmol/L) BUN	5.41±0.20a	5.38±0.28a	5.49±0.27a
血糖 (mmmol/L) GLU	3.77±0.26a	3.74±0.23a	3.60±0.14a
二氧化碳结合力 (mmmol/L) CO_2	24.17±0.27a	24.21±0.22a	24.42±0.24a

2.5　苜蓿青贮料替代苜蓿青干草对经济效益的影响

试验用全株青贮玉米、苜蓿青干草、青贮苜蓿、啤酒渣、燕麦草、全棉籽、精料的价格分别为 0.48 元/kg、2.60 元/kg、0.80 元/kg，0.64 元/kg、2.80 元/kg、2.75 元/kg、2.90 元/kg。试验期间达标牛奶采用统一收购价 4.30 元/kg。由以上数据计算出的经济效益表明（见表 7），使用苜蓿青贮料的两个试验组经济效益均有所增加，其中用 4.4kg 苜蓿青贮替代 2.0kg 苜蓿青干草组（A）的净增收益最高，为 0.61 元/d。

表 7　苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草的经济效益分析

Table 7 The analysis of economic benefits on replacing alfalfa hay with different proportions of alfalfa Silage (Yuan/d)

项目 Item	对照组 Control group	A 组 A group	B 组 B group
饲料成本 Feed costs (Yuan/d)	57.51	55.83	54.15
牛奶收入 Milk revenue (Yuan/d)	128.74	127.67	125.73
经济效益 Profit (Yuan/d)	71.23	71.84	71.58
净增收益 Add profit (Yuan/d)		+0.61	+0.35

3　讨论与结论

3.1　苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛生产性能的影响

从本试验的产奶量结果可以看出，奶牛日粮中用 8.8kg 的苜蓿青贮料替代 4.0kg 苜蓿青干草，显著降低了奶产量（$P<0.05$）；而用 4.4 kg 的苜蓿青贮料替代 2.0kg 苜蓿青干草的试验 A 组奶产量与对照组差异不显著（$P>0.05$）。青贮苜蓿中含有较高的粗蛋白（CP），但其 CP 中非蛋白氮（NPN）含量很高，把苜蓿青贮料作为唯一饲草时，奶牛获得的可吸收蛋白是不足的（Dhiman，1999）。Nocek (1988) 提出，由于能氮释放的不同步，奶牛瘤胃微生物对 NPN 的利用率低于其对完整蛋白的降解氮利用。因此，饲喂青贮苜蓿的日粮中蛋白含量和蛋白质量是奶牛产奶量的第一限制性因子，而不是饲料能量含量（Peltekova，1996）。青贮苜蓿高比例的 NPN 和蛋白的高瘤胃降解率决定了青贮苜蓿 CP 转变成旁路蛋白的含量不高，从而限制了奶牛的产奶量（Dhiman，1997)。据 Broderick(1995)的研究，利用苜蓿青贮料替代苜蓿青干草，产奶量下降，但差异不显著，与本研究结果相似。另外从表 4 可以看出，试验组和对照组干物质采食量无显著性差异（$P>0.05$），但是对照组的干物质采食量是最高的这可能也是影响奶牛产奶量的一个重要因素。牛奶体细胞数（SCC）是反应乳品质好坏的一项重要指标，是乳房健康状况的表现。本试验中三组体细胞数无显著性差异（$P>0.05$），均在正常水平。

3.2　苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对乳品质的影响

本试验中三组乳蛋白无显著性差异（$P>0.05$），但两个试验组的乳蛋白含量均高于对照组，且有随着苜替青贮料替代量增加而增加的趋势（表 4），与 Broderick(1995)苜蓿青贮料代替苜蓿干草的结果相反，但与 Calberry（2003）以大麦和玉米青贮为基础日粮的全混日粮中用苜蓿青贮料替代苜蓿干草

后乳蛋白率升高的结果一致。从理论上来说，苜蓿青贮饲料的粗蛋白主要为 NPN，其瘤胃通过率低；而苜蓿青干草的粗蛋白以真蛋白为主，利用效率较高。但苜蓿青贮饲料代替苜蓿青干草后乳蛋白率反而提升，其物质代谢过程及其机理有待于进一步研究。

Charmley(1997)和 Broderick(1995)指出，苜蓿中含有较多的优质纤维可能转变为有机酸尤其是乙酸是其奶中乳脂率高的主要原因，而青贮苜蓿的有机酸含量比苜蓿青干草高高故增加了乳脂率含量。本试验中，A、B 组的乳脂率均高于对照组，且 B 组乳脂率显著高于对照组（$P<0.05$），有随着苜蓿青贮代替苜蓿青干草的比例增加而增加的趋势，与史卉玲等（2013）的研究结果一致。矿物质是牛奶中的重要组分之一，对新生幼畜的早期生长发育至关重要，同时也是人类获取丰富的钙、磷等矿物元素的重要来源。本试验的乳钙和乳磷含量对照组与试验组差异不显著，试验组略高于对照组，表明饲喂青贮苜蓿对提高牛奶的营养价值有积极的作用。

3.3 苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛营养物质表观消化率的影响

从表 5 可以看出，试验组粗蛋白的表观消化率显著低于对照组（$P<0.05$），主要因为苜蓿在青贮过程中由于自身蛋白酶和微生物的作用使蛋白分解产生 NPN，而 NPN 不能被反刍家畜有效地利用（Jones，1995)，造成饲喂苜蓿青干草的奶牛蛋白利用率优于饲喂青贮苜蓿。Nicholson(1991)在试验中得出，不同时期的青贮苜蓿饲喂绵羊，由于粗蛋白的增加与总降解氮的提高，导致瘤胃内大量氨氮快速释放，超过了瘤胃微生物固定的能力，从而吸收入血，经肝脏转化为尿素，这些尿素仅有少部分循环至瘤胃，大量经尿液排出，出现摄入氮及粪氮无差异，尿氮则随青贮而增加的效应，造成氮损失。本研究中试验组粗蛋白表观消化率低的结果与其相似。此外，在相同粒度下苜蓿青干草比苜蓿青贮料要粗糙，全青贮日粮的瘤胃稀释率和通过率高于苜蓿干草+全株青贮玉米组合，降低了瘤胃微生物的蛋白合成时间及合成量，减少了 RUP 的生成量。较高的稀释率、通过率和能氮释放的不同步造成了粗蛋白表观消化率降低。

试验组与对照组的中性洗涤纤维表观消化率差异不显著（$P>0.05$），但试验组中性洗涤纤维表观消化率较对照组高（表 5）。苜蓿在青贮过程中中性洗涤纤维（NDF）消化率高提高了青贮苜蓿有效纤维量（Aniwam，1997），（Morrison，1979），高的有效纤维量与本研究试验组牛奶乳脂率高的结果是一致的。本试验中三个组钙的表观消化率无显著性差别（$P>0.05$），磷的表观消化率 B 组显著高于对照组（$P<0.05$）。Butcher(1987)研究表明，奶牛摄入的磷通过乳排出的约占 30%，剩下约 70%通过排泄排出体外。Spiekers(1993)发现奶牛磷的摄入量与饲料的摄入量成负相关。本试验磷的表观消化率有随着干物质的采食量下降而升高的趋势，与前人研究结果一致。钙的负相关可能是因为泌乳中期奶牛摄入的钙和分泌的钙处于动态平衡，产奶量处于相对稳定期，所以机体对钙的吸收有代偿性效应。

3.4 苜蓿青贮料替代不同比例苜蓿青干草对奶牛血液指标的影响

奶牛血液中的白蛋白、尿素氮、葡萄糖是判断其蛋白质与能量营养状况的指标。血液指标的检测是及时了解奶牛营养状况以制定合理日粮和监控检测疾病的有效手段。血清尿素氮是反映动物机体氮代谢和氮沉积的重要指标之一，可以通过测定血清尿素氮浓度来间接获得奶牛对饲粮中蛋白的利用代谢状况。从表 6 可以看出，饲喂青贮苜蓿和苜蓿干草对总蛋白、白蛋白、血尿素氮、血糖、二氧化碳结合力影响一致。

4 结论

4.1 在本试验日粮中 4.0kg 苜蓿青干草的条件下，用 8.8kg 、4.4kg 苜蓿青贮料分别替代 4.0kg、2.0kg 的苜蓿青干草，降低了产奶量，但提高了乳蛋白和乳脂率，其中以 4.4kg 苜蓿青贮料、替代 2.0kg 的苜蓿青干草的效果好。

4.2 用苜蓿青贮料代替苜蓿青干草,提高了饲粮中 NDF 和 Ca 的表观消化率,但未达到显著水平；显著降低了饲粮中 CP 和 P 的表观消化率。

4.3 用苜蓿青贮料代替苜蓿青干草，降低了饲料成本，提高了效益。

参考文献（略）

第四部分

政策与管理

阿鲁科尔沁旗苜蓿产业发展的优势、问题与对策

房丽宁

（北京佰青源畜牧业科技发展有限公司，北京 100020）

摘 要 赤峰市阿鲁科尔沁旗经过近年的快速发展，已经成为我国重要的优质饲草供应基地。本文提出该地区发展牧草生产的主要优势在于前期合理规划和基础设施配套，集中发展降低了农场的管理成本和有利于先进技术的快速推广。目前存在的问题在于如何降低多年生牧草苜蓿的越冬风险、控制生产成本、降低收获损失、稳定产品质量、有效提高销售面积和吸引高素质的农业管理人才。

关键词 阿鲁科尔沁旗；牧草生产；苜蓿

The Advantages, Problems and Countermeasures of the Development of Forage Industry in Alukeerqin Banner

Abstract: Alukeerqin Banner has been an important high-quality forage supply area based on recent years of rapid development. A reasonable planning in early developing stage, an integrated system of infrastructure, low cost in farming management and quick using new agriculture technology based on a big forage production size are proposed as the main advantages in this banner, and how to improve the stability of alfalfa winter survive, decrease the loss in harvesting, stabilize the forage quality etc. are proposed as the problems in local forage production.

Key words: Alukeerqin Banner; forage production; alfalfa

内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗（以下简称“阿旗”）经过近 5 年的快速发展，已成为我国苜蓿种植最集中的地区，也是我国最重要的优质饲草供应基地。全旗规划种植苜蓿 100 万亩，已经种植 80 万亩。苜蓿种植主体以企业和合作社为主，其中万亩以上的有 9 家，面积最大的达到 7 万亩，牧民种植面积多在千亩以下。当前，在政府部门积极引导、企业努力探索、旺盛的市场需求推动下，阿旗的苜蓿产业在规模化生产、产业化经营、社会化服务、现代化组织模式等方面呈现了鲜明发展优势和特点。

1 产业发展上的突出优势

1.1 基础设施比较健全，大型机械作业快速

由于前期合理规划，阿旗的牧草种植基地地块平整，大型机械田间运转的无障碍，加上水、电、路的配套，大型割草机和打捆机可以快速作业。在天气允许的情况下，很多企业可以在一周内完成 1 万亩地从割、翻晒到打捆和田间转移、堆垛入库的全部工作，具备生产优质干草的基础条件。

1.2 社会化服务配套完备，产业发展后顾无忧

由于阿旗牧草种植面积大而集中，农机、农化等相关服务配套齐全，成本相对较低。主要表现为：一是国际先进的技术和设备齐聚于此。一些全球技术领先的农机设备及农资企业，如迪尔、Kroni 等都在当地设置了服务点，为苜蓿产业的快速发展提供了技术保障；二是社会化服务程度高。国内各类先进设备服务公司都在种植及收割季节集中到当地作业，分工明确，配套服务明显优于国内其它地区。三是生产与服务成本低。以农机服务为例，大型的牧草收割、打捆机械的购置成本多在百万元以上，使用时间又有限而集中，每个企业完全自主购置设备很不经济，农机服务既能满足小企业的基本需求，也能弥补大企业在牧草集中收割季节机械力量的不足，同时，由于服务企业较多，价格也相对优惠。

1.3 先进技术广泛应用，因地制宜不断创新。

规模化的饲草生产在我国属于新兴产业，有经验的管理人才非常少，所以阿旗大多数农场都是在生产中边干边学。很多苜蓿种植企业能积极学习国内外牧草生产的先进技术和经验，并很快应用于生产。如牧草大方捆打捆、牧草防腐剂、水肥一体化等新技术都率先在阿旗大面积应用。目前种植的苜蓿品种多来自加拿大和美国，年刈割 3-4 次，亩单产水平为 600-1000 公斤干草。苜蓿种植主要采用指针式喷灌，收获以大或中方捆干草为主。在此基础上，企业还不断总结阿旗牧草生产的特殊性，积极通过技术改进克服当地一些不利的生产条件。但我们也应该看到，农场管理人员的农业基础知识和管理经验还有待进一步提高。

2 面临的主要问题

阿旗生产的饲草品质目前在国内属于较高水平，农场管理和机械化程度也处于国内领先水平。但是我们也应该看到目前阿旗草业还存在很多问题，需要克服和解决。

2.1 提高苜蓿越冬的稳定性和降低肥水投入

2011 年阿旗开始大面积种植苜蓿，除 2013 年春季因上年积雪大，苜蓿普遍返青良好外，其余年份苜蓿都有不同程度的越冬死亡情况。2014 年的返青问题尤其突出，上年播种的苜蓿大面积没越冬，很多播种二年的苜蓿也没有越冬。11 月-4 月为阿旗苜蓿的越冬期，阿旗 2010 年-2014 年冬季气候分析见表 1。

表 1　阿旗 2010-2014 年越冬期的降雨量和月均温

Table 1 The monthly mean rainfall and temperature in 2010-2014 winter period in Alukeerqin Banner

项目	2010.11	2010.12	2011.01	2011.02	2011.03	2011.04	平均/合计
月平均气温（℃）	-2.6	-13.2	-15	-7.7	-1.8	9	-5.2
降水量（mm）	4.8	1.8	0	6.4	0.1	4.5	17.6
项目	2011.11	2011.12	2012.01	2012.02	2012.03	2012.04	平均/合计
月平均气温（℃）	-4	-12.2	-16.8	-11.4	-2.2	10.6	-6
降水量（mm）	3.1	0	1	0	9.4	17.8	31.3
项目	2012.11	2012.12	2013.01	2013.02	2013.03	2013.04	平均/合计
月平均气温（℃）	-6.7	-17.4	-18	-13	-2.2	5.1	-8.7
降水量（mm）	35.7	2.6	6.3	1.7	6.3	14.2	66.8
项目	2013.11	2013.12	2014.01	2014.02	2014.03	2014.04	平均/合计
月平均气温（℃）	-0.6	-9	-11.5	-11	1	11	-3.35
降水量（mm）	1.5	0.4	0	0	1.1	1	4

注：气象资料由阿旗气象站提供

比较每年 11 月至翌年 4 月的月均温和降水总量，可以发现：苜蓿越冬死亡率最高的 2013 年冬季，降雨量较往年少 10mm 以上，月均温也较高，干旱和暖冬导致土壤持水量过低，是苜蓿越冬死亡率高的主要原因。而 2012 年的冬季降水量明显高于其它年份，苜蓿的越冬情况也最好。

比较阿旗近 10 年的气候状况可以发现，2013 年冬季干旱的气候较罕见，说明当地严重影响苜蓿越冬的气候为偶发而非常态，也就是说多数年份苜蓿的越冬并不是特别困难。但阿旗冬季多少雪大风，土壤又为沙性土，保水保肥能力差，再加上全年的蒸发量远高于降水量，对苜蓿的越冬并不是非常有利，需要科学管理才能提高苜蓿的越冬率。例如，越冬条件特别不好的 2013 年冬季，部分农场因为在施肥、刈割和灌溉等方面的科学管理，种植 1 和 2 年的苜蓿越冬良好，越冬率在 80%以上；而同一品种在另外一些农场的越冬率不足 50%，说明了田间管理是影响苜蓿在阿旗能否稳定越冬的首要因素。

目前，阿旗每亩苜蓿地的水电肥成本已经超过 300 元，过度灌溉和施肥，以及施肥量不足或施肥不平衡的情况都较为常见。农场在今后的管理中应该注重根据土壤肥力或植物养分检测结果确定施肥方案，有机、无机及微生物肥的配合使用及水肥的配合使用，针对不同作物推广更为高效的灌溉模式，以提高肥水的利用率，降低生产成本。

2.2　收获过程中的损失过大

阿旗生产的苜蓿目前以外销为主，主要生产大方捆干草。第一茬苜蓿一般在 5 月末-6 月初开始收割，第二茬在 6 月末或 7 月初收割。从表 2 可以看到， 6-7 月为当地降雨最集中的时间，第一和第二茬草的收割很容易受降雨影响，因而农场每年都有很大比例的草因雨淋品质降低或废弃，使种植收益大大降低。部分企业开始尝试在雨季以苜蓿青贮或半干青贮代替干草生产，但多数企业受技术和设备的约束，还以生产干草为主，因而降雨造成的收获损失目前还比较大，特别是 2015 年夏季降雨导致的

收获损失特别大。苜蓿半干青贮应该是解决雨季损失最可行的方法，农场应该在加工干草的基础上提前制定加工青贮的计划，一旦气候不允许，可以马上将干草生产转为青贮或半干青贮。

表 2　阿旗苜蓿收割期的降雨量

Table 2 The rainfall in alfalfa harvest period in Alukeerqin Banner

降水量 mm	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
2010 年	113.2	18.9	36.0	52.8	6.0	54.7
2011 年	27.2	26.2	191.7	14.3	6.6	13.5
2012 年	19.7	109.8	245.3	30.6	70.9	18.3
2013 年	23.3	73.8	104.7	51.9	9.9	13.0

2.3　技术管理人员和高素质的产业工人匮乏，人均劳动效率低

缺乏有经验的技术人员和责任心强的产业工人，已经成为阿旗各农场目前最难解决的问题，这不但直接导致农场中诸如越冬不好、杂草和虫害控制不好、设备故障增多等等一些直接的管理损失，还导致低效生产的问题。以万亩农场为例，如果外包收割作业，美国农场普遍由 2 个人管理，每个人要可以承当诸如农业技术、拖拉机手、维修等多种角色。而我们需要配备专职的场长、农业技术人员、电工和农机手等多种岗位，普遍需要 5 个以上的人员管理。尽快吸引或培养优秀的专业人员及技术工人加入农场的管理工作将会大大提高农场的损失和提高生产效益。

2.4　牧草质量需要稳定

虽然阿旗的种植户都有生产高质量牧草的意识，但受天气和经营模式的制约，农场很难保证向市场提供稳定质量的饲草。天气的影响主要为农场受降雨影响经常延迟刈割或刈割后降雨导致牧草品质降低，以及当地夏季傍晚后空气湿度很大，即使使用防腐剂也无法夜间打捆，每日适宜打高质量干草捆的时间非常短；经营模式的影响主要为各农场单独经营和销售，每户的面积有限，加上生产出的干草质量差别又很大，单个农场很难保证向市场供应稳定质量的产品，而奶牛场需要采购质量稳定的产品，这样就导致国内很多牛场即使成本增加也愿意采购国外质量稳定的产品。

2.5　销售面积小，增加了销售难度和销售成本

阿旗目前的牧草产量只相当于美国一、二个大型牧草公司的年销售量。以美国 Balley 公司为例，公司有 15 个员工，公司的自有种植面积只有 3 万亩，但年加工和销售面积达 30 多万亩，保证了不同等级的牧草都有较为稳定的供应量，因而可以和各类养殖企业签订稳定的供应合同。目前，阿旗种植企业以单体销售为主，销售面积只有万亩或更小面积，很难向市场提供某一质量等级的稳定产品，这样不单增加了销售难度，因为每个人承担的销售面积也很有限，又增加了销售成本。

现代草业的生产特点决定了小企业无论在生产技术、农机配置，还是在生产资料的购买渠道及产品销售渠道等方面和大企业相比都处于劣势，而大企业也需要和多个小农场合作，提高其设备和人员的利用率，增加销售面积，进而提高利润增长空间。阿旗需要建立起有效的企业合作平台，才能长期而有效地推动地区整体生产水平和生产利润的增长。

阿旗作为我国第一个现代草业集中发展的优势地区，其成功经验可以为其它地区的草业发展所借鉴，其现存的问题其实也是我国北方地区在牧草产业发展中普遍存在的问题，这些问题是否能解决好不但影响着阿旗草业未来能否健康持续发展，也关乎我国草业今后的发展模式和方向。

参考文献（略）

中国草畜业后向纵向一体化动因初探之一
——纵向一体化理论回顾和应用研究的意义

龚彦如
（浙江和成汇智投资管理有限公司）

摘　要　本文阐述了一些企业发展战略的概念，包括专业化、多元化和纵向一体化，并回顾了国际上通用的几种纵向一体化理论，以及这些理论的主要特点和代表人物；本文重点介绍了企业实施纵向一体化行为的动因理论，包括产业组织理论、新制度经济学和企业资源能力理论；进而，论述了将纵向一体化动因理论应用于我国草畜业的行业发展的背景与意义。

The Motivation of the Backward Vertical Integration of Chinese Grass Indusry and Animai Husbandry Industry (1)—Reviewing the existing theory of vertical integration and stating the significance of applying it in China’grass industry

GONG Yan-ru
(Zhejiang Hecheng Huizhi Investment Management Company)

Abstract: The paper states a few concepts of enterprise developing strategy, including specialization,diversification,and vertical integration. The paper also reviews the existing theory of vertical integration and the main characteristics and main persons. The point of the paper is the motivation theory of vertical integration, including the Industrial Organization Theory, the New Institution Economics and the Enterprise Compentency/Capabilities Theory. In the end of the paper, the writer point out the meaning of the applying of the motivation theory of vertical integration on China’s grass industry.

Keywords: vertical integration, backward vertical integration, motivation.

1　纵向一体化概念与理论综述

1.1　概念阐述

在企业发展的过程中，常常会遇到一个问题：是外购？还是制造？即 BUY OR MAKE? 这两种行为反映到企业发展战略中，就成为两个相反的企业发展战略选择：专业化或多元化。

专业化战略是指集中公司所有资源和能力在自己所擅长的、所经营领域中占据主导地位的核心业务，并通过专注于其带动公司成长的战略。

多元化战略是指企业在同一时段内同时在两个或者两个以上行业从事经营活动，或者同时提供两种或两种以上基本经济用途不同的产品或服务的一种发展战略。

纵向一体化是一种重要的企业发展战略，当一个企业将业务向其产业链的上下游进行延伸时，就是在实施纵向一体化战略。纵向一体化包括前向纵向一体化与后向纵向一体化两种，前者是指企业向自身业务的下游延伸，即自己销售产品或者获得对经销商零售商的所有权或部分所有权；后者是指企业向自身业务的上游延伸，即自己生产原料或者获得对原材料供应商的所有权或部分所有权。

笔者认为：纵向一体化是企业多元化战略的一种特殊形式，它确实是在两个或者两个以上行业从事经营活动，只不过这两个或者以上行业恰好是其产业链的上下游关系；它也确实提供两种或以上经济用途不同的产品或服务，只不过这些产品和服务恰好也是供应链的上下游关系。

在实际企业经营活动中，很难精确地界定到底什么就一定是专业化，或者怎样就一定是多元化或者一体化；也很难评价到底是专业化好还是多元化或一体化好；这些都是相对而言的。例如，某个企业种植苜蓿草又加工草产品后销售，那么相对于只专注于加工苜蓿草产品的企业而言，它就是一个多元化或者纵向一体化的企业了；但是相对于那些不但种草、加工且卖草产品，而且还养奶牛卖牛奶的企业而言，它却是一个相当专业化的企业了。此外，专业化与多元化哪种战略更好的争论似乎也意义不大，笔者认为：无论哪种战略只要是适合企业的就是好的。例如，目前我国草业的发展落后于养殖业，奶牛养殖业企业无法保证从市场上采购到足够的高品质饲草，奶牛又需要这些好饲草，而且，这些企业自身也有足够的能力与资源，因此，这些企业实施多元化或者后向纵向一体化就既能够解决企业所面临的难题，也可能成功地进行企业的扩张和高速的增长。所以，我们在具体研究中没有必要去纠结定义，而是把研究的对象和范围界定清楚即可。

笔者在这个系列的文章中不准备研究一个草产业内部的上下游实施的纵向一体化，例如从种草向加工草和销售草产品纵向一体化，或者从销售草产品向加工和种草纵向一体化；虽然这种纵向一体化在草业也存在，但是却并没有成为主流趋势。笔者研究的纵向一体化是从奶牛养殖业向草业延伸的后向纵向一体化；这种纵向一体化跨越了两个不同的行业：养殖业和种植业。奶牛养殖业需要从草业购买饲料，而草业恰好生产奶牛养殖业所必须的原材料。这种后向纵向一体化形成了当前草业的一种重要的投资形式和资金来源，对于整个草产业的结构和发展都产生了举足轻重的影响和作用。

1.2 理论综述

纵向一体化（Vertical Integration, VI)的概念最初来源于亚当.斯密的分工理论。在他的《国富论》中，亚当.斯密指出：专业化分工由于劳动者的技巧更加熟练、交替时间节省和机械替代人工的可能性增加而大大提升了劳动生产率。然而，他又指出：分工不可能无限细化，它受到各种条件限制。“分工的程度，要受到交换能力大小的限制，即受市场广狭的限制。市场容量过小，那就不能鼓励人们终生专务一业。”

根据亚当.斯密的观点，一个规模小的行业，由于无法获得足够多的订单，来支持专业化的分工，所以只能采取一体化经营模式。以亚当.斯密的理论为基础，逐步发展形成了纵向一体化理论。

在理论研究的层面上,纵向一体化一直是企业理论研究的核心问题,主要包括对于一体化行为的程度、动因与绩效三个方面的研究。

关于纵向一体化程度的度量，主要有 VA/S 法、主辅分离法、投入产出 I-O 法，这三种方法分别从不同的角度来衡量企业的纵向一体化的程度。其中 VA/S 法又称为价值增值法，是由 Adelman(1955)提出的，其利用企业纵向产业链上各个环节中的增加值与总销售额的比值来计算一体化的程度。后来巴泽尔和盖尔（2000）又对该法进行了调整，排除了企业自身盈利能力的因素；该计算公式被广泛使用于一体化程度的表达。而主辅分离法是由 Gort(1962)提出的，是利用辅助产品销售额与总销售额的比来计算纵向一体化程度的。第三种是利用投入与产出表来说明企业内部各产业间的纵向关系。

关于纵向一体化行为的动因研究，主要有三种理论学派：产业组织理论、新制度经济学和企业资源能力理论。下一节将会重点对于这三种理论进行回顾，在此就不赘述了。

关于纵向一体化的绩效研究主要有事件研究法（超常收益法）和会计研究法（财务指标评价法）两种。前者是将并购宣告日作为中心的事件期，采用累计超常收益（CAR），检验该事件的宣告对股票市场的股票价格的波动效应。该方法的有效性是建立在资本市场是有效的且投资者是理性的基础上的，而且对于“事件期”的长短的选择也会产生较大的差异。后者是利用财务报表等会计数据，选取不同的指标或指标组合，建立绩效评价体系，对并购前后企业经营业绩或与同行的业绩进行对比分析，以此检验一体化绩效。该方法的优点是财务数据比较容易获得，但问题是财务数据反映的是整个公司的经营情况，很难单独说明小规模的一体化行为，而且也许一个一体化行为所产生的绩效会表现在几年之后，那么现阶段的财务数据就无法体现了。

1.3 国内研究介绍

我国的纵向一体化研究开始于上世纪末，张五常 1999 年在其文章《交易费用的范式》中就对交易成本理论进行了介绍。其后他又分别撰文《经济学方法论》、《新制度经济学的现状及其发展趋势》等对于新制度经济学进行了比较详尽的介绍和分析。金碚在其 1999 年出版的《产业组织经济学》中就对于纵向一体化的概念及其利弊进行了介绍。卢现祥在 2006 年出版的《新制度经济学》中对其进行了比较详尽的介绍和分析。刘斐、贺文哲 2006 年对于我国的上市公司进行的纵向并购效率做了实证研究。陶长琪于 2006 年研究了煤炭和电力行业的纵向一体化，指出可以提高企业的整体绩效。黄丹在其于 2011 年出版的著作《纵向一体化：动因与绩效》一书中，以国内 2000 多家上市公司为研究对象，比较系统介绍了企业纵向一体化的动因，介绍了不同行业企业的纵向一体化与绩效的关系。郭昱在其 2011 年发表的著作《农业上市公司募集资金投资行为与效果研究——基于产业链的分析框架》中也从农业上市公司投资的动机与效果方面对于纵向一体化进行了分析研究。早期我国纵向一体化的研究主要集中在汽车、煤炭、能源和钢铁等传统行业，尤其比较集中于传统制造业的上市公司方面。近年来，关于纵向一体化的实践和研究都更加深入，并正在逐步涉及到更多的行业和企业。

2 纵向一体化的动因研究回顾

在纵向一体化动因研究的早期，产业组织理论占据了主要的地位；上世纪 60 年代以来，新制度经济学的交易费用成本理论替代产业组织理论成为分析纵向一体化的主流；自 80 年代以来,一批研究文

章从企业能力理论、核心竞争力理论等角度来重新审视和研究纵向一体化问题；最近，纵向一体化研究呈现出几种研究方式彼此融合的趋势。

2.1 产业组织理论

该理论主要是从产业整体演变、竞争态势和市场结构等方面来研究企业纵向一体化的动因，认为纵向一体化的目的主要是为了创造企业的相对竞争优势。该理论关注整个产业与企业的相互关系，主要理论包括：产业生命周期说、垄断动机说、规避不确定说、技术创新说和技术经济说。

产业生命周期说是由斯蒂格勒于（1989）提出，该学说认为，一个产业的纵向一体化的动因将会随着该产业的生命周期变化而改变。当产业处于生命周期的早期时，由于行业规模小，生产能力也低，无法满足下游的客户对于中间产品的需求，下游企业被迫实施后向纵向一体化，自己生产自身所需的中间产品。但是，随着产业的不断成长，市场容量不断扩大，下游对中间产品的需求推动着行业生产能力的增长，此时，行业专业化的分工比一体化能更好地降低成本、提升效率，此时，纵向一体化的动因将会降低。最后，当产业进入成熟期和衰退期时，市场规模萎缩，产品需求降低，专业化分工也会难于维持，纵向一体化的行为又会再度出现。

垄断动机说认为纵向一体化能够强化企业的垄断实力，增加利润；这就使得企业有足够的动机去实施纵向一体化。首先，如果生产企业和销售企业都是垄断企业，就会形成双边垄断，双边垄断将出现低产出、高价格的结果，消费者和厂商都会遭受损失；但是，这两家如果实施了纵向一体化，那么利润总和将会增加，消费者也不必承受双重垄断带来的高价格。其次，如果企业通过纵向一体化在上游形成了垄断，就可以迫使其他企业高价购买其所需的原材料，从而实施排挤行为；或者企业通过纵向一体化在下游形成了垄断的话，也可以压低采购价格，从而提高上游的进入壁垒。最后，通过纵向一体化而成为垄断企业还可以比没有实施纵向一体化的时候更容易实行价格歧视，赚取更多的利润。

规避不确定说认为实施纵向一体化的企业可以获得比较确定的产品市场和投入要素供给，从而可以避免原材料供给和市场不确定带来的损失。

此外，技术创新和生产过程中技术依存性也都会对企业实施纵向一体化起到积极的促进作用。

该理论的主要人物有斯蒂格勒、钱德勒（1992）、哈佛学派的 Bain(1959)和 Arrow(1989)等。

2.2 新制度经济学

（1）交易成本理论

交易成本理论关注产业链上下游的企业间的交易，分析了作为一种治理结构的纵向一体化的效率。其代表人物主要有科斯和威廉姆森，科斯在其“The nature of firm”中首次提出了交易成本理论，认为“企业通过并购可以将市场买卖关系转化为内部的调拨关系，从而降低交易成本。企业的效率与组织系统的总体成本成反比，成本包括：信息搜寻成本、交易成本、监督成本和执行成本。”该理论认为存在两个基本假设，首先，决策者的认知能力和理性是有限的，其决策时会选择规避风险，因此在充满不确定性的市场交易中，往往会不断修改契约，导致交易成本上升；其次，市场中至少有部分交易者是机会主义者，他们会搜寻和钻营自身利益的最大化，使得交易双方彼此无法相互信任，导致交易过程的谈判和监督成本提高；而纵向一体化的目的在于节约交易费用。作为将交易费用理论推向实际应用的经济学家,威廉姆森认为,市场上存在有限的理性与机会主义倾向,所以不同的交易主体之间交易四

的成本就可能会高于企业内部的组织成本。双方的契约的控制难度越大，一体化的动机越强。威廉姆森的纵向一体化理论重点强调了资产专用性对治理机制选择的显著影响,认为企业既不是单纯追求治理成本最小化,也不是生产成本最小化,而是要根据资产专用性的程度确定相应的治理结构。该理论认为促使企业实施纵向一体化的动因主要是由其在交易过程中交易成本的不确定性、交易发生的频率和资产的专用性来决定的。

在后来的实证研究中，一些学者发现了该理论的一些反例，对其提出了疑问和修正。

（二）不完全合同理论

该理论是在交易费用理论的基础上，强调交易之初双方无法在合同中对于所有或有事件及对策做出详尽的规定，因此，针对不完善的合同，必须有人具有契约的剩余控制权，对那些未尽事项的出现做出相应对策。在此基础上，还出现了产权理论，它强调企业的产权配置在纵向一体化过程中的作用；从产权角度来看，纵向一体化常常打破了原有的企业产权结构，使得企业的财产权向更广的领域延伸。该理论还阐明了：一些企业的纵向一体化确实降低了原先外部进行交易所产生的成本，但是这种企业产权的扩张的纵向一体化本身也是有成本的，而且有时这种内部成本还不低。不完全合同理论的代表人物主要有 Hart(1995)等。

2.3 企业能力理论

企业能力理论也称基础资源理论，其注重从企业能力和资源角度考察企业的边界,着重分析一个企业的资源和能力是否能够适应或者解决不确定性条件下的连续决策问题。该理论认为：企业的核心是其所具备的资源和能力的集合，决定是否实施纵向一体化，只能是依据企业的核心能力，而不是仅仅考虑外部条件的变化。

（一）企业核心能力说

该理论认为组织是一系列互补的知识和技能的组合，企业的能力的积累和存储明显影响企业的边界和范围。如果卖方企业只拥有很少的难以模仿和复制的知识，则买方企业就会产生纵向一体化的冲动，从而投入较少的知识和技能，就可以自己生产自己所需的原材料。相反的，如果卖方企业拥有绝大多数难以模仿和复制的知识，则买方企业如果还不顾自身的能力，采取纵向一体化的架构自己生产的话，就可能大大增加生产成本，导致纵向一体化行为失败。该理论认为纵向一体化的关键是企业通过拓展核心竞争力和共享默许知识降低生产成本、实现企业在不确定性环境中的持续成长。该理论的代表人物主要有 Demsetz,Winter,Drucker,Ansoff(1965)等。

（二）资源决定说

该理论认为：企业的边界主要体现在延伸所需的新资源与企业已有资源之间的关联关系上。如果这两者有着良好的关联性，那么企业就会倾向于实施纵向一体化；因为企业即使在扣除组织成本和失去市场交易的灵活性之后，仍然能够获得良好的收益和发展。该理论的代表人物有 Penrose(1959),Chandler（1997）等。

3 应用纵向一体化理论研究草畜业的背景

随着我国经济的发展和百姓生活水平的提高，广大城乡百姓的饮食结构也发生了较大的变化，原

来主食的比列逐渐下降，肉蛋奶菜果的比例逐年上升。然而，2008 年以来，“三聚氰胺”事件和一系列鲜奶和奶制品问题的不断曝光，使得百姓越来越关注乳业和乳制品的安全问题，也给予了奶牛养殖行业相当高的关注度。随着百姓关注度的提高与科学技术水平的发展，越来越多的食品安全问题被揭露出来，人们开始从包括食物源头在内的整个食品链条上的各个环节来全面审视食品安全情况。究其根源，无论是鲜奶、奶制品、鲜肉还是肉制品都与养殖业的水平以及饲草的品质直接相关。我们了解到：我们食物中的营养成分是逐步从源头转化而来的；例如，在饲养奶牛和肉牛的过程中，给它们饲喂含有各种营养的饲草和饲料，而牛吸收了饲草中的营养（包括草蛋白等），转化成乳蛋白和肉蛋白等；人们则通过喝牛奶、吃牛肉等，把其中的各种营养转化为维持人体所需营养成分，达到保证自身生存和健康的目的。这是一条把营养成分从饲草等植物通过饲养的动物产出的食物向人转移的过程，这是一个营养价值有效转移的链条。这个链条表明：只有养殖业发展好了、奶牛科学养殖了，百姓才有可能喝到放心奶、吃到放心肉；同理，只有草业发展好了、才可能给养殖业提供高品质的饲草，才可以保证奶牛养殖业的健康发展有好的基础。大众逐渐了解到，原来牛奶出问题是因为没有养好奶牛；而喂养的草不好或者结构不合理，是造成乳业企业添加各种“添加剂”的主要原因。草业是名副其实的肉奶等产品的“第一生产车间”。

近年来，党和政府对于草产业和奶牛的养殖业的发展给予了高度的重视和支持。2003 年-2010 年，中央政府累计投入 135.7 亿元，用于退牧还草工程；2011 年起，中央政府每年安排 134 亿元，用于草原生态保护补助奖励；2012 年中央一号文件为从源头解决牛奶质量安全问题，提出了“振兴奶业苜蓿发展行动”计划，同年 6 月，财政部、农业部发布文件，启动了“振兴奶业苜蓿发展行动”；当年有 10 个省 129 个单位获得资金支持，提升优质苜蓿生产能力，推动饲草产业发展。2013 年 7 月，我国一些农业领域专家向中央提出了“我国’耕地农业’应向’粮草兼顾结构’转型的建议”，习近平总书记为此指示农业部等开展调研，为今后农业的结构调整做决策准备。

4　应用纵向一体化理论研究草畜业的意义

由于人民生活水平的提高和饮食结构的改变，推动了乳业和畜牧业的高速扩张，而畜牧业对于高品质饲草需求的迅猛增长又带动了草产业的迅速增长。近年来，作为乳业和畜牧业的上游产业和安全基础，我国的草产业呈现出良好的发展态势，草业企业也出现了从少到多、从小向大的发展趋势。一些个人、企业和投资机构进入后，草业从原来以天然草场为主，逐渐出现了不同投资主体和投资结构的企业形态；其中，作为产业链下游的乳业和畜牧业企业，也纷纷在向产业链上游的草业进行后向一体化投资和布局，意在保证原材料供给，提高饲草的品种、质量和数量。相对于其他草业企业而言，投资来源于乳业和畜牧业的草业企业，具有市场和资金优势，很快就占据了相当的行业地位。

目前，在我国草畜业中，后向纵向一体化现状如何？影响纵向一体化的动因除了保障原材料的供给之外还有哪些？我们能否在现有的纵向一体化理论的基础上，有机融合我国产业特有的动因，构建一个包括企业外部环境、企业之间和企业内部三个维度的三维度分析框架表，对于企业的纵向一体化动因进行分析。进而了解促使企业纵向一体化的主要原因是什么？实施纵向一体化战略之后，企业的战略目标是否实现了？实现的原因是哪些？没有实现的问题出在哪里？对于行业的健康发展而言，应

该注意哪些问题？这些问题的研究，既是由于我国草畜业纵向一体化趋势比较明显，而理论研究明显不足，需要建立一个全面有效的理论分析框架来进行研究；同时，这些研究也直接关系到投资主体的投资效率和积极性，关系到行业内企业的发展战略的制定、经营业绩的提升、甚至可能是企业的兴亡；同时也关系到整个草产业的健康快速发展的可能性，也将影响畜牧业和乳业的健康发展，进而影响到我国的食物安全链条的建设。

参考文献（略）

中国草畜业后向纵向一体化动因初探之二
——草畜业的后向纵向一体化现状浅析

龚彦如
（浙江和成汇智投资管理有限公司）

摘　要　本文简要介绍了我国草业和奶牛养殖业行业现状，并对其呈现的纵向一体化现状、趋势及原因进行了简要介绍与分析。此外，还重点介绍了现代牧业和秋实草业的后向纵向一体化的现状和效果。

The Motivation of the Backward Vertical Integration of Chinese Grass Indusry and Animai Husbandry Industry (2)—Analyzing the status of the backward vertical integration of China's livestock husbandry and grass industry

GONG Yan-ru
(Zhejiang Hecheng Huizhi Investment Management Company)

Abstract: The paper introduces the status of China's dairy and livestock husbandry and grass industry,especially on the status,the trendency, and the motivation of the vertical integration in these industries. As the last reaches of the industrial chain, the enterprises of dairy and animal husbandry industry are all conducting backward integration investment and layout in the grass industry, with the intention of guaranteeing the supply of raw materials and improving the forage variety, quality and quantity. Compared with other grass enterprises, investment from dairy and livestock forage enterprises has both the market AND capital advantages, thus reaching a considerablly high status in the grass industry in a short amount of time. The paper introduces and analyzes the status and the result of backward vertical integration from Modern Farming and Purple Pasture as a emphase.

Keywords: vertical integration, backward vertical integration.

1　行业简介

草业与畜牧业都是涵盖范围十分广泛的行业，为了有针对性地分析这两个行业之间的纵向一体化，

本文把研究的范围限制在奶牛养殖业和饲草种植业（种植、加工、销售）的企业，这些企业生产的是商品，是要进入市场进行流通的；那种牧民自产自销的自用型生产形式不包括在本文的研究范围内。

1.1 奶牛养殖业

改革开放以来，由于百姓生活水平的提高和健康、快节奏的饮食习惯的建立，越来越多的家庭选择了牛奶作为早餐和日常饮食的一部分，乳制品消费人群不断增长。

乳业出现了以伊利、蒙牛和光明等一些大型乳业集团为代表的上市公司，这三家企业占据了乳品市场的大部分份额。2012 年伊利年营业收入为 419.91 亿元，母公司净利润达 17.17 亿元；蒙牛年营业收入为 360.80 亿元，上市公司的净利润为 12.57 亿元；光明年营业收入为 137.75 亿元，上市公司净利润为 3.11 亿元。2012 年，伊利、蒙牛、光明三家的经营业绩突破 900 亿元，占市场份额的大部分。

牛奶消费量的快速增长给奶牛的养殖业带来了巨大的发展机遇，推动了养殖业向集约化、规模化、自动化和标准化发展，出现了以现代牧业(01117，HK)、蒙牛富源牧业、伊利牧业、上海牛奶集团、北京首农畜牧、澳亚集团、上海光明荷斯坦、宁夏农垦贺兰山奶业、辉山乳业(06863.HK)呼图壁种牛场、西部牧业、新希望乳业等为代表的上市公司或者上市公司的子公司。1978 年到 2007 年，我国奶牛存栏数从 47.5 万头发展为 1218.9 万头，增长了 24.7 倍，年递增率为 11.8%。奶类总产量从 88.3 万吨到 3525.2 万吨，增长了 38.9 倍，年递增率达到 13.6%。奶牛单产水平从 3000 千克到 4800 千克，提高了 60%。奶牛养殖业产值达 847 亿元，占畜牧业和农业产值的 5.25%和 1.73%。

2000 年以来，我国奶牛养殖业总体呈现高速发展态势，存栏数和产奶量均大幅度增长。但是相对于庞大的乳业及其对奶源的巨大需求而言，规模化牧场的数量仍然太少，规模化奶牛养殖场提供的奶源还不到 20%。这种状况对于原奶质量的稳定性和原奶成本的降低都很难保证。

1.2 草产业

中国草产业企业主要发展于 2000 年前后，草产品产量一度达到年产 105 万吨，并涌现了一批知名企业。但是，之后受到市场、政策和投资等多方面影响，行业遭遇了沉重打击，许多企业纷纷撤出了草业。2008 年三聚氰胺事件之后，随着乳业和奶牛养殖业的结构调整以及对于奶牛养殖品质的重视，下游对于优质牧草的需求大幅度增长，草产业开始有了较大发展。目前，全国约有 306 家草业企业，分布于 21 个省区。

然而,草业内规模大、实力强的企业数量并不多，草产业小企业较多；多数小企业都是就近销售其草产品给附近的养殖场或者养殖户，即使是较大的草企业，其销售运输半径也多<200 公里。主要原因是国内运输成本居高不下，平均高达总价的 20%-30%，该行业区域性竞争态势明显。因此，国内草企业一般都有比较明显的销售半径和销售区域，主要是根据产品质量等级来确定产品的销售价格。但是，由于近年来国际船运价格的大幅度下降，使得进口苜蓿和燕麦的竞争力大大加强，加上进口产品的质量优势明显，因此，近年来进口数量不断增加，国内草业企业面对国外同行的直接竞争，竞争范围扩大。

从目前行业情况来看，国内草产品的价格是参照国际草产品的价格下调一定比例进行销售的。例如，2013 年美国苜蓿产品在中国市场的销售价格大约为每吨 2700 元人民币，国内的苜蓿产品则在 2500 以下。但是，美国的苜蓿产品的成本大约折合人民币 700-800 元，其中利润空间较大；一旦竞争激烈，

其产品完全具有迅速降低销售价格的降价空间。而国内草业企业，由于竞争加剧，成本上升，加上受自然条件影响较大，所以收益率普遍不高，平均约为 5%-8%。有的甚至更低。加上物流成本持续增长，使得企业的盈利能力下降，竞争能力降低。

相对于下游奶牛养殖业对于草业主要草产品的需求而言，草业企业的生产能力明显有较大的缺口。其中，苜蓿草和燕麦等每年的进口数量很大，2013 年苜蓿草国内商品草产量约为 80 万吨，而进口量几乎与其相等，达到了 75 万吨。这表明国内一些主要奶牛养殖牧场对于优质牧草的需求量几乎一半要通过进口草产品才能满足。

目前，草产业还处于生命周期的早期，行业进入壁垒不高，不过风险不小，尤其是受到自然气候等因素的影响较大。该行业规模经济效果明显，规模化、集约化和机械化水平的提高对于提高生产能力、控制成本、加强抗风险能力和提高利润率的作用显著，投资规模和管理水平的差异导致了不同企业之间的经济效益差距较大。

2　三聚氰胺事件对行业的影响

2008 年三聚氰胺事件后，国家在 2010 年出台了一系列的政策和标准，意在完善相关的标准、检测技术方法和手段，在法律上禁止三聚氰胺出现在乳制品中。

在三聚氰胺毒奶粉事件后期，由于连包括蒙牛、伊利、光明这样的一线品牌在内的许多乳制品都在批次检查中都被检出含有三聚氰胺，百姓对这些国产乳制品心存疑虑、不愿或不想购买就顺理成章了；相当多的消费者为了孩子和自身的健康考虑，把目光转向了购买进口奶粉。这种对于国产乳制品的信任危机给我国乳业造成了沉重的打击，市场销量一度大幅度下降，乳企忧心忡忡，前所未有地重视起原奶的质量问题。乳制品行业纷纷表示要从源头抓起，确保原奶的品质。

但是，我国乳品业一直以来都“重市场，轻奶源”，原料奶普遍存在质量不高、疫病难以控制、质量安全监管难度较高、单产能力有限等问题，这个问题在国内的散户养牛数量几乎占到了原料奶供应的 80%时，就更加棘手。相当数量的乳企不得不加大了在自建规模化奶牛养殖场方面的投资力度，涌现了一批集中养殖几百头、几千头甚至上万头奶牛的大型奶牛养殖场。例如，现代牧业、辉山乳业等。

随着乳业企业越来越重视原奶质量，奶牛养殖业向规模化、集约化、自动化和标准化的发展趋势十分明显。奶牛养殖业企业一方面不断地提高自身的养殖水平，另一方面也不得不重视起喂养奶牛的饲草的品质。

一些大型的奶牛养殖业企业，对于饲草的价格敏感度不高，但是，对于草产品的质量和供应的及时性非常关注。他们不但大量购买国内草业企业生产的优质饲草，还大量购买进口优质苜蓿草和燕麦。从下表可以发现：越是大型牧场其购买进口产品的数量越大，主要原因是这些企业对于自身品牌和牛奶制品的食品安全重视程度较高，承担的这方面压力较大，因此对于原奶品质要求较高，所以对于优质饲草的需求就相对更高更多一些。

以下两个表格反映了一些主要客户对苜蓿、燕麦等主要产品的需求情况。

表 1　2013 年主要用户的奶牛存栏数量和对于进口苜蓿的需求量（Top 10）

编号	牧场	存栏（万头）	单产（吨）	数量(万吨)	%
	苜蓿总进口量			75.00	
1	现代牧业	18.68	8.51	7.90	10.55
2	上海牛奶集团	4.4	9.4	6.10	8.13
3	澳亚集团	4.2	9.7	4.00	5.33
4	伊利牧业	6.7	8.4	6.00	8.00
5	蒙牛富源牧业	6	9	3.60	4.80
6	北京首农畜牧	5.5	10.8	2.80~3.00	3.73~4.00
7	黑龙江原生态牧业	4.1	9.2	2.00	2.67
8	福建长富乳业	1.48	7.5	1.56	2.08
9	上海光明荷斯坦	2	9.643	1.50	2.00
10	天津嘉立荷牧业	2.1	10	1.10	1.47

《草业与奶牛养殖的信息平台建设》

表 2　2013 年主要用户、存栏数量和对国产苜蓿的需求量（Top 10）

编号	牧场名称	存栏（万头）	单产（吨）	数量(万吨)
1	呼图壁种牛场	2.0	9.3	3.50
2	蒙牛富源牧业	6.0	9.00	1.80
3	宁夏农垦贺兰山奶业	2.3	9.07	1.20
4	西部牧业	1.02	7.25	0.90
5	黑龙江原生态牧业	4.1	9.20	1.00
6	北京首农畜牧	5.5	10.8	0.40
7	新希望乳业	1.2	6.50	0.20
8	宁夏天宁牧业	0.7	9.45	0.15
9	济南佳宝	0.6		0.15
10	山东澳亚集团	4.2	9.7	0.10

《草业与奶牛养殖的信息平台建设》

这种由下游产业迅速增长的市场需求，给草业企业提供了良好的发展机遇，进一步推动了草产业的发展壮大。一些企业由小到大，成长迅速。以下两个表格反映了 2013 年草产业中一些主要企业的生产能力等情况。

表 3　全国主要苜蓿种植生产企业、面积和产量

企业名称	面积（万亩）	年产量（万吨）
甘肃亚盛田园牧歌	15	12
辽宁辉山茂源草业	14	14
安徽秋实草业五河基地	10	12
黑龙江远方农业	5.6	3
赤峰达晨农业	5	4.5
甘肃现代草业	5	2.5

《草业与奶牛养殖的信息平台建设》

表 4　全国燕麦草主要种植生产企业、面积和产量

企业名称	面积（万亩）	产量（万吨）
秋实草业北方公司	27	10
内蒙锡林郭勒草都	6	3
甘肃山丹县祁连山牧草	5	3
青海绿源牧业	5	2
甘肃三宝农业科技	4.3	2.37
甘肃亚盛田园牧歌	4	2

《草业与奶牛养殖的信息平台建设》

要满足百姓对于高品质、高标准牛奶的需求，避免食品安全事件再次发生，就必须科学合理地使用高品质的饲草喂养奶牛；而优质饲草的规模化生产正是科学合理喂养的基础，其中优质苜蓿等饲草的规模化种植尤为重要，大型奶牛养殖场对于优质牧草的需求量增长很快。

然而，目前国内的苜蓿等优质牧草的商品化、规模化生产严重不足，产品质量也参差不齐，难以满足奶牛养殖业不断增长的市场需求，这种行业供给能力与市场需求之间的差距给草业企业带来了发展机会，也使得一些奶牛养殖业企业发现了其加速扩张的机会。

3　中国草畜业出现的后向纵向一体化趋势

目前来看，草畜业的垂直整合度比较高，种草的企业为了提高收益、降低风险，往往向下游延伸，进入养殖业；而奶牛养殖业的企业为了保证饲草的供给和品质，也积极开始投资种植业。

相对于奶牛养殖业对于草业（苜蓿草）日益增长的市场需求，草业企业本身的饲草和草产品的供

应能力严重不足；为了满足下游日益增长的需求，我国的草业（包括苜蓿产业）呈现出快速发展的行业态势，包括奶牛养殖行业巨头在内的一批产业投资机构成为投资该行业的主力军，草畜行业的后向纵向一体化成为行业主流发展趋势。

在香港联交所上市的现代牧业参股的秋实草业投资 3 亿元，在安徽蚌埠流转土地 10 万亩，种植苜蓿和青储玉米；另外，秋实草业还在北方投资开发土地 20 万亩，种植燕麦等饲草。秋实草业的种植的土地和饲草产品的目标是就近供应现代牧业的大型牧场的。

此外,北京首农集团与美国辛普劳公司和北京绿田园公司合作，成立赤峰首农辛普劳绿田园有限公司，在赤峰阿鲁科尔沁旗投资了一期为 3 万亩优质苜蓿草产业化示范基地建设项目。甘肃农垦集团投资成立了甘肃亚盛田园牧歌草业集团有限责任公司，该公司拥总面积 12 万亩、年产商品苜蓿 12 万吨的商品苜蓿草标准化生产示范基地 5 个，主要分布在甘肃酒泉、张掖、金昌地区。2012 年，辽宁辉山乳业集团投资成立了沈阳茂源草业有限公司，在辽河和凌河沿岸开发了 14 万亩紫花蓿草种植基地。还计划继续在辽宁及其周边地区发展苜蓿草种植计划。同时，蒙牛、伊利、光明等乳业巨头也纷纷开始把目光投向饲草行业，尤其是苜蓿草的种植行业，其目的是打造乳品行业全产业链发展模式、从源头解决乳制品安全问题。

4 现代牧业与秋实草业简介

现代牧业是一家专门从事奶牛养殖和牛奶生产的企业，2005 年 9 月成立于安徽省马鞍山市。公司于 2010 年 11 月 26 日在香港联交所成功上市，股票代码 01117.HK；现代牧业是全球第一家以奶牛养殖资源上市的企业，也是国内规模最大的奶牛养殖企业。

现代牧业陆续投资 110 亿元于建设规模化奶牛养殖场，在全国八个省共建万头规模奶牛养殖牧场 25 个，奶牛存栏数超过 20 万头，日产高品质原奶 2700 多吨。现代牧业主要收入来源于向蒙牛等大型乳企供应优质原奶，此外还利用自有原奶，直接加工和销售自有品牌牛奶—“现代牧业”的盒装纯牛奶；该产品由于采用了先进的技术和设备，生产过程全程封闭，不超过两个小时；其中标准微生物指标低于 2 万，体细胞低于 25 万，蛋白含量高于 3.2%。各项主要指标均不但高于国家标准，还超过了欧洲标准，获得了 2014 年世界食品品质评鉴大会金奖，得到了行业的好评和认可。

秋实草业是一家由现代牧业投资参股(18%)的专业从事优质牧草种植、加工、销售的公司,成立于 2011 年 8 月，总部位于安徽省蚌埠市五河县。公司已经先后投资 5 亿元在土地和设备等方面,在五河种植了 10 万亩紫花苜蓿，还在张北坝上建设了种植 30 万亩燕麦草的基地，目前秋实草业已经成为国内最大的苜蓿和燕麦种植和加工企业。

秋实草业以邓九强先生为灵魂的管理团队主要成员来源于蒙牛和现代牧业，在乳业、奶牛养殖业行业经营多年，技术副总则是草业中的资深研发人才；这些为企业的成长奠定了良好的基础。

4.1 现代牧业与秋实草业的纵向一体化现状

现代牧业着眼于未来产业发展的全局，考虑到居民消费能力较高的区域集中在长江中下游，作为经济发达的长江中下游地区，大中城市比较集中，百姓生活水平较高，对于日常鲜奶的需求量也较大。在这些地区建设规模化奶牛养殖的牧场，将会大大缩短原奶——加工——销售的长途运输的距离，大

幅度降低液态原奶的运输成本。因此，现代牧业的牧场建设也多布局于长江中下游附近。但是，这种牧场集中分布导致了现代牧业对于南方地区苜蓿等优质饲草的需求量大增。

为解决我国南方地区奶牛饲料短缺的问题，现代牧业通过投资参股设立秋实草业，在安徽省五河县现代牧业的蚌埠牧场附近种植 10 万亩优质苜蓿草场，实现了“牧草种植——奶牛养殖——产品加工”一体化的发展模式。

为保证现代牧业的苜蓿草供给，秋实草业打破成规戒律，大胆创新，开始了一系列的调研和技术研发，最终通过发酵把苜蓿加工成青贮苜蓿，替代苜蓿干草，解决了在南方苜蓿干草容易霉变影响原奶质量的问题。这是第一个在我国南方地区建立规模化、集约化、机械化和专业化的苜蓿种植生产基地，这种模式打破了传统上大家对苜蓿在南方区域无法规模种植的传统观念，开创了在长江流域的平原地区大规模种植苜蓿的产业发展模式。

现代牧业在 2013 年购买进口苜蓿的量在国内排名第一，为 7.9 万吨，占其使用总量的 10.55%；而现代牧业所需的其他苜蓿等饲草则主要由秋实草业供给。秋实草业在蚌埠五河所种苜蓿和在张北种植的燕麦，90%都销售给了现代牧业，价格比同等质量的进口产品价格低 10%。其中，现代牧业的蚌埠牧场的苜蓿 80%来自于秋实草业，现代牧业的马鞍山牧场的苜蓿 100%来自于秋实草业，现代牧业的肥东牧场的苜蓿 70%来自于秋实草业。

现代牧业的安徽蚌埠牧场，占地 260 万平方米，建筑面积 65 万平方米，奶牛存栏总数 4 万头，其中成母牛 2.5 万头，日产鲜奶 600 吨。这样大规模的养牛场，每天牛粪的量是巨大的；如何处理这些粪便一直是养殖业企业面临的难题。现代牧业在其第一家建设的马鞍山牧场，就有曾经因为牛粪污染了环境，被农民投诉，被媒体曝光，被迫交纳罚款的惨痛教训。

因此，在蚌埠牧场建设之初，就在牧场的地下埋设了长长的管线，该管线的两端分别连接牧场的沼气池和秋实草业的苜蓿田地。现代牧业利用牛粪发酵，日产沼气 5.6 万立方米，日发电 8 万千瓦，日产有机固肥 600 吨，日产有机液肥 2400 吨。这些有机肥返回秋实草业的 10 万亩苜蓿地里，大大降低了环境污染，减少了化肥的使用量，提升了土地的肥力，很好地保障了秋实草业的苜蓿草的产量与质量。而秋实草业的高产高品质苜蓿草，又反过来为现代牧业的奶牛养殖提供了所需的优质饲料。

4.2 现代牧业与秋实草业的纵向一体化效果

现代牧业与秋实草业的纵向一体化战略，成功实现了两个企业的双赢局面，这种一体化的经营模式，有效解决了规模牧场粗饲料稳定供应和对规模牧场牛粪尿的无害化处理等问题。秋实草业 10 万亩的牧草能够就近为现代牧业牧场 4 万头奶牛提供优质粗饲料，而蚌埠牧场牛粪尿经发酵后产生的沼液通过管道输送到秋实草业的牧草地里，作为优质有机肥还田，解决了牧场的粪污问题；秋实草业还能少用化肥、不用化肥，节约了施肥成本，提高了牧草品质和产量。

目前，现代牧业和秋实草业纵向一体化的高度集约化效率和效益都得到了充分的体现。现代牧业的牛奶主要指标超越了发达国家，奶牛年产奶量在 10 吨以上。此外，现代牧业基本上每年新增 2-3 个牧场,牛群数字亦会每年增加 10%左右。

表 5　现代牧业近几年的业绩增长情况表

	2010	2011	2012	2013	2014
牧场数量（个）	11				24
奶牛数量（头）	72000	107576	159347	177921	190027
原奶销量（万吨）		28.9	43.1	56.7	
销售额（亿）	4.57	11.13	16.78	24.80	25.85
现金 EBITDA（亿）		3.15	4.42	6.78	9.82
净利润（亿）			4.07	3.4	5.45

资料来源：《现代牧业 2013 年度业绩报告和 2014 年中期报告》

通过这个表格，我们看到现代牧业发展势头迅猛，经营业绩也很亮眼。

此外，秋实草业在公司成立仅仅一年后，2012 年底，就完成了优质苜蓿草 5 万吨和优质燕麦草 10 万吨的生产、加工。2014 年，公司进一步提高管理水平和经济效益，种植面积为苜蓿 10 万亩、燕麦 25 万亩，年产量为优质苜蓿草 10 万吨和优质燕麦草 10 万吨；其中，苜蓿粗蛋白 18%以上，亩产干草一吨以上。实现人均种植 1000 亩、人均产值超百万的经营业绩，成为在产业中处于龙头地位的规模化、机械化的高效现代农业企业。

表 6　秋实草业的财务数据

	2012	2013	2014
年产值（万元）	30000	50000	60000
年销售额（万元）	7662	20392	51000
年毛利润（万元）	359	4808	14800

资料来源：秋实草业

现代牧业与秋实草业的纵向一体化战略，成功实现了两个企业的双赢局面，打造了一个科学环保的种植——养殖——种植的生态圈的样板，是从中国奶牛养殖业现代化企业向苜蓿种植现代化企业实施后向纵向一体化的成功案例，为行业提供了一个好的榜样；也证明了草畜纵向一体化在现阶段是可行的，并且效果良好。

4.3　新西兰的纵向一体化现状及原因浅析

我们在观察与分析我国的草畜行业的后向纵向一体化现象的时候，也有必要了解新西兰等乳业畜牧业大国的情况，例如：其是否也存在这种跨行业的纵向一体化现象？其效果如何？原因何在？

（1）新西兰相关产业简介

新西兰土地面积 2690 万 hm2；其中 42%的土地用于放牧、种植饲草或者轮休。2011-2012 年度，新西兰的 463.4 万头奶牛全部在牧场放养；当年，新西兰原奶产量为 195 亿升，95%以上经过加工后出口。新西兰牛奶产量占全球的 2.3%，位列全球第八。新西兰是全球最大的乳制品出口国，2011-2012

年度，新西兰的乳制品出口到了 156 个国家，出口额达到 137 亿新西兰元，当年，新西兰向中国出口乳制品的金额为 24.9 亿，占其全部出口额的 18%，中国是新西兰的第一大乳制品境外市场。

新西兰的的奶牛养殖业与草业是以家庭农场为一体化的商业实体，由私人拥有（土地、畜群、设备和产品等）并经营。新西兰绝大多数的农场主都将原奶提供给他们自己的合作制乳制品加工企业，这些加工企业本身是由这些农场主共同拥有的。农场主们则根据各自提供的原奶数量、质量和乳制品的收益，按月领取报酬。

目前，新西兰的合作制乳制品加工企业主要有三家：恒天然合作集团（Fonterra)、 Tatua 合作乳品公司和 Westland 合作乳品公司。2011-2012 年中，这三家公司收购的原奶约占总额的 93%。

近来，那些依赖于原奶供应合同的新的独立的乳品加工企业的数量有增加的趋势。

（2）原因浅析

新西兰的奶牛养殖业已经发展了几百年，在其养殖业与饲草种植业中，早已经形成了所有权高度一致的、密不可分的纵向一体化商业实体。农场主们购买拥有草场的土地，并且机械化种植奶牛所需的各种饲草，在这种草场上放牧奶牛，收获原奶。

而新西兰的养殖业与乳业的关系则是：农场主们将原奶提供给他们的合作制乳品加工企业，他们共同拥有这些乳制品加工企业，并且按月从这些企业中领取报酬。这表明：新西兰的乳品加工业企业即使不是由奶牛养殖业的农场主完全拥有，也至少是由奶牛养殖业的农场主部分拥有，因此农场主们才可能从乳业中领取报酬或者得到分红。

由此可见：新西兰的奶牛养殖业与乳业的也存在相当程度的纵向一体化，这种跨行业的纵向一体化，将这三个行业（种、养、加工）的企业紧密地联系在一起，形成了密切的利益共同体。即使在新西兰这样行业成熟度较高、市场化程度较高、市场中专业化分工较明确、法律法规相对比较完善、机会主义行为较少、合同的有效性较强的国家，草业、奶牛养殖业与乳业的纵向一体化也是最佳的产业发展模式。这种模式在经过几百年的行业发展和市场检验，已经被证明是一种经济效益更高的发展模式和战略，而被广泛采用。

参考文献（略）

中国草畜业后向纵向一体化动因初探之三
——设计并应用三维度分析框架表对现代牧业和秋实草业的纵向一体化动因进行分析

龚彦如
（浙江和成汇智投资管理有限公司）

摘　要　本文概括了纵向一体化动因理论，从三个维度来衡量企业实施纵向一体化的动因；并结合我国草畜行业的特点，设计出中国草畜行业纵向一体化动因的三维度分析框架表；并用该表对现代牧业和秋实草业的纵向一体化进行研究，进而改进该三维度分析框架表；最后，对于我国草畜业的发展提出了意见和建议。

关键词　纵向一体化；后向纵向一体化；动因；维度

The Motivation of the Backward Vertical Integration of Chinese Grass Indusry and Animai Husbandry Industry (3)——Designing a three dimensional analysis chart on the motivations of vertical integration and analyzing the motivations of the backward vertical integration from Modern Farming and Purple Pasturethe

GONG Yan-ru
(Zhejiang Hecheng Huizhi Investment Management Company)

Abstract: The paper sums the motivation theory of vertical integration and plans to measure the motivation of enterprises to actulize the vertical integration. The paper summarizes the main reason on why the vertical integration should be considered from the following three perspectives: external enterprise environment; trading between enterprises; internal resource/capabilities of the enterprise. The writer designs a three dimensional analysis chart on the motivations of vertical integration conbining the characteristics of China’s livestock/grass industry from three different perspectives for the first time, and applys it to the livestock/grass enterprise’s backward vertical integration example cases. Through the case analysis, this paper thinks the three dimensional analysis chart of vertical integration motivations can well reflect the varies motivations for implementing vertical integration of enterprises in that industry, and can be used as a

standardized framework. The result of backward vertical integration from Modern Farming and Purple Pasture shows that: this strategy effectively solves the problems encountered in the process of enterprise development, successfully pushing the growth of the enterprises to a new height. The paper also gives recommendations on both the development of China's grass/livestock industry AND its development strategy options within the industry afterwards.

Keywords: vertical integration, backward vertical integration, motivation, dimension

1 框架维度的设计

纵向一体化的三种理论反映了一个企业经营和发展所涉及到的三个方面：企业外部环境、企业间交易、企业内部的能力。事实上，一个企业无论选择哪种发展战略来经营企业，都需要考虑这三个方面的因素；而且，这三个维度也似乎能够比较完整地将影响企业实现自身发展战略的各种条件都表达出来。因此，作者设想是否能够将这三个方面构成一个的立体的三维度框架，来比较完整地反映和概括企业纵向一体化的主要动因。该框架如下图 1 所示。

图 1　纵向一体化动因的三维度分析框架

1.1　产业维度（环境）

产业维度是企业经营的外部环境，是决定企业能否实现预定目标的重要条件。例如，由于草业处于行业发展初期，其行业内的企业都比较小，其生产能力完全无法满足奶牛养殖业对于优质饲草的巨大需求；因此，奶牛养殖企业只能选择投资到草业，实施后向纵向一体化。

1.2　企业间维度（交易）

企业间维度反映了上下游企业通过市场交易获得所需要产品的难易程度。例如，目前草业企业数量较多，多数规模较小，分散于各地，产品质量稳定性较差，且信息化程度较低；因此，奶牛养殖企业要发现符合条件的优质饲草比较困难，评级与定价工作也很繁琐，机会主义者的存在也使得交易的风险加剧；因此，一些规模化的养殖场为了自身品牌考量，倾向于实施后向纵向一体化。

1.3　企业内维度（能力）

企业内维度主要反映该企业自身具有的核心能力和资源，以及这些能力和资源能否胜任实施纵向一体化的需要。例如，在目前优质奶源缺乏的情况下，一些规模化养殖场的经济效益都不错，资金实力较强，可以在土地流转和机械设备购买等方面加大投资力度；这些企业也比较容易吸引所需的各种人才；加上养殖业本身就是草业的下游，对于草业的何种产品会更受欢迎心中有数；因此，由养殖业向草业实施后向纵向一体化所需要的资源与养殖业企业自身具备的资源和能力的匹配度较高，这为纵向一体化战略的成功实施打下了良好的基础。

2　各维度动因的选择

我们把三种纵向一体化理论中涉及的各种动因加以归纳，再结合草畜行业的特点，将这些动因分别放入到这个三维度框架之中的相应维度内：产业维度、企业间维度和企业内维度，这样就形成了一个完整的针对草畜业的后向纵向一体化动因的三维度分析框架。

2.1　产业维度（外部环境动因）

在产业维度的动因的选择时，作者参考了产业组织理论的动因学说，把“产业生命周期、垄断动机、规避不确定性”等放入其中，同时也考虑结合我国的草畜业的行业特点，选择了“规模效益、市场缺陷、宏观经济、国家政策、市场规模、技术经济性”作为企业实施纵向一体化的外部环境动因。

2.2　企业间维度（交易动因）

在企业间维度的动因的选择时，作者主要参考了新制度经济学中主要涉及的“交易不确定性（价格与障碍）、资产的专用性、交易频率、合同的不完全性、机会主义、销售费用”等作为企业实施纵向一体化的交易动因。

2.3　企业内维度（能力动因）

在企业内维度的动因的选择时，作者一方面参考了企业能力理论中涉及的“知识与技能、获得知识与技能的可能性、内部资源（人、财、物）、内部资源与所需资源的匹配度、学习能力、企业期望”等放入其中，另一方面也结合企业战略选择的重要决定因素“股权集中度、管理能力、生产成本” 等作为企业实施纵向一体化的内部能力动因；而“技术创新能力”这个因素，相对于不同产业之间的差异而言，在各个企业之间的差异比较易于比较和判断；因此，作者将其归入了企业内维度。

3　三维框架表的构建

为了全面地说明三个维度动因之间的关系、以及这三个维度动因整体与企业选择实施纵向一体化战略的关系，作者设计了中国草畜行业纵向一体化动因的三维度分析框架表（见表 1）。

表 1　中国草畜行业纵向一体化动因的三维度分析框架表

序号	维度	动因	内涵与说明	得分		
				-1	0	1
1	产业维度	（1）产业生命周期				
		（2）垄断动机				
		（3）规避不确定性				
		（4）规模效益				
		（5）市场缺陷				
		（6）宏观经济				
		（7）国家政策				
		（8）市场规模				
		（9）技术经济性				
2	企业间维度	（1）交易不确定性	价格与障碍			
		（2）资产的专用性				
		（3）交易频率				
		（4）合同的不完全性				
		（5）机会主义				
		（6）销售费用				
3	企业内维度	（1）知识与技能				
		（2）获得知识与技能的可能性				
		（3）内部资源（人、财、物）				
		（4）内部资源与所需资源的匹配度				
		（5）管理能力				
		（6）学习能力				
		（7）企业期望				
		（8）股权集中度				
		（9）生产成本				
		（10）技术创新能力				
合计						

打分说明：对于有利于纵向一体化的动因打“1”分，没有影响打“0”分，负面影响打“-1”分，满分 25 分。

后面，我们一方面将利用表 1 对企业选择实施纵向一体化的动因进行案例分析，另一方面也将通过该案例中对表 1 进行验证。

4 现代牧业与秋实草业纵向一体化动因分析

4.1 纵向一体化动因的三维分析框架表的应用和分析

我们把通过访谈和资料收集所获得的信息，包括现代牧业和秋实草业后向纵向一体化行为的各个动因，放入表 1 中，就其在这个具体案例中是否是对纵向一体化行为产生正面、负面或者零影响，相应地分别给予该种动因打“1”、“-1”或者“0”分，结果见下面表 2。

表 2 现代牧业与秋实草业纵向一体化动因分析表

序号	维度	动因	内涵与说明	得分		
				-1	0	1
1	产业维度	（1）产业生命周期				1
		（2）垄断动机			0	
		（3）规避不确定性				1
		（4）规模效益				1
		（5）市场缺陷				1
		（6）宏观经济				1
		（7）国家政策				1
		（8）市场规模				1
		（9）技术经济性			0	
2	企业间维度	（1）交易不确定性	价格与障碍			1
		（2）资产的专用性			0	
		（3）交易频率				1
		（4）合同的不完全性				1
		（5）机会主义				1
		（6）销售费用				1
3	企业内维度	（1）知识与技能				1
		（2)获得知识与技能的可能性				1
		(3)内部资源（人、财、物）				1
		(4)内部资源与所需资源的匹配度				1
		(5)管理能力				1
		(6)学习能力				1
		(7)企业期望				1
		(8)股权集中度				1
		(9)生产成本				1
		(10)技术创新能力				1
合计				22		

打分说明：对于有利于纵向一体化的动因打“1”分，没有影响打“0”分，负面影响打“-1”分，总分 25 分。

从表 2 可见：应用表 1 分析现代牧业和秋实草业的后向纵向一体化的动因，效果相当不错，得分为 22 分。在我们设计的各个维度的因素中，没有发现对于纵向一体化产生明显负面作用的动因；相反地，一些动因在这个纵向一体化行为中表现了比较明显的正面影响，比如“产业生命周期”、“市场缺陷”、“交易频率”、“股权集中度”、“内部资源”、“资源的匹配度”“管理能力”和“技术创新”等。例如，草业属于典型的农业产业，多数企业对于技术创新和标准化不够重视，企业包括技术人才在内的各个方面的人才短缺现象都相当严重。然而，这也许正是企业发展的机会所在；一旦企业重视“技术创新”，招聘关键人才，加大技术创新力度，则可能迅速占据有利位置。例如，秋实草业之所以能够在在淮河以南克服其后潮湿多雨的不利自然条件，成功种植紫花苜蓿，主要得益于该企业引进人才，大胆创新；研发出青贮苜蓿替代苜蓿干草；从而为其在淮河平原大规模机械化种植苜蓿奠定了良好基础。

此外，我们发现：“宏观经济”和“国家政策”也在该案例中发挥了正面作用，尤其是“宏观经济”更是作用明显。正是由于我国近三十年来“宏观经济”持续稳定的发展，推动了对于高品质牛奶的消费增长，乳业和奶牛养殖业因此收益颇丰；为加强企业产品竞争力和品牌影响力，在“国家政策”的支持和引导下，加大了在原材料供给方面的投资力度，投资进入草业，实施后向纵向一体化。

同时，在该纵向一体化的行为中，我们发现“垄断动机”、“资产专用性”和“技术经济性”这三个因素得分为零，表明这三个动因在这两个行业的后向纵向一体化的决策过程中作用不明显。我们在访谈中了解到：由于草业还处于发展早期，行业内企业都还不大，分散度很高，与整个行业的生产能力相比，单个企业的比例较低，垄断还远没有形成，因此“垄断动机”的动因估计现阶段还不会表现得太充分；并且该行业的进入壁垒不高，“资产专用性”在交易过程中很难发挥独占性作用；加上奶牛养殖业的技术和设备与草业的技术和设备相去甚远，两个行业跨度较大，“技术经济性”所带来动机也很难体现。

针对以上情况，我们认为：也许当行业的发展到成熟阶段时，“垄断动机”的动因就会发挥比较大的作用，因此，在中国草畜业纵向一体化动因的三维度分析框架表中，可以将“垄断动机”动因继续保留；而“资产专用性”和“技术经济性”两个动因与行业特点不符，则可以去除。

4.2 中国草畜业纵向一体化动因的三维分析框架表的调整

根据上述分析，我们需要对中国草畜业纵向一体化动因的三维度分析框架表（表 1）进行调整，继续保留“垄断动机”动因，去除“资产专用性”和“技术经济性”两个动因。形成一个更加合理的《中国草畜业纵向一体化动因的三维框架表》，详见下面表 3。

表 3　中国草畜行业纵向一体化动因的三维度分析框架表

序号	维度	动因	内涵与说明	得分		
				-1	0	1
1	产业维度	（1）产业生命周期				
		（2）垄断动机				
		（3）规避不确定性				
		（4）规模效益				
		（5）市场缺陷				
		（6）宏观经济				
		（7）国家政策				
		（8）市场规模				
2	企业间维度	（1）交易不确定性	价格与障碍			
		（2）交易频率				
		（3）合同的不完全性				
		（4）机会主义				
		（5）销售费用				
3	企业内维度	（1）知识与技能				
		（2）获得知识与技能的可能性				
		（3）内部资源（人、财、物）				
		（4）内部资源与所需资源的匹配度				
		（5）管理能力				
		（6）学习能力				
		（7）企业期望				
		（8）股权集中度				
		（9）生产成本				
		（10）技术创新能力				
合计						

打分说明：对于有利于纵向一体化的动因打“1”分，没有影响打“0”分，负面影响打“-1”分，满分 23 分。

通过上面的分析和调整，我们看到：这个纵向一体化动因的三维分析框架表不但比较全面地涵盖了现有几种理论所涉及的动因，而且还通过企业内、外、之间的三个维度将影响纵向一体化的动因进行了归纳和发展，加入了中国的行业和企业实施纵向一体化的特点，可以作为判断企业是否应该实施纵向一体化或者实施纵向一体化的成功率等的应用工具。

5 结论

5.1 中国草畜业的后向纵向一体化确实存在

通过作者的三篇系列文章《中国草蓄业后向纵向一体化动因初探》的研究，我们清楚地看到了在中国草畜行业中，确实存在后向纵向一体化现象，并且实施了纵向一体化后的企业（包括秋实、辉山等）已经跻身草业前列。

由于今后几年国内草业的发展仍然很难赶上乳业和奶牛养殖业的发展步伐，所以苜蓿等优质饲草依然会持续供不应求的状况；一旦出现类似于去年年底发生的进口苜蓿中检出转基因成分而停止进口的事件，将导致国际市场上的高品质苜蓿产品供给无法保证的情况，那么在市场需求的压力之下，奶牛养殖业就会倾向于加大实施后向纵向一体化的力度和范围。

5.2 中国草畜业纵向一体化的主要动因研究结果

在本文的研究过程中，我们发现：

首先，在中国草畜业的产业环境维度中，“产业生命周期”和“规避不确定性”对于其实施后向纵向一体化的作用比较明显。同时“宏观经济”与“国家政策”的作用也不容忽视。

其次，在当前草畜业企业间维度中，由于饲料是奶牛每天都必须喂食的，且储存时间也不宜过长，所以其“交易频率”相当高，而“交易的不确定性”、“合同的不完全性”和“机会主义”等也客观存在，这些都促使奶牛养殖业考虑实施后向纵向一体化。

再次，在草畜业的企业内维度中，企业的“能力”与“资源”则起到了至关重要的作用，包括企业的“管理能力”、“学习能力”、“决策能力（股权集中度）”、“技术创新能力”和“资源配置能力”等等。

同时，企业内部的这些能力和资源不但是企业实施纵向一体化的主要动因，而且也是其实现该战略目标的基础保障。

5.3 中国草畜业的后向纵向一体化是一种行之有效的战略选择

通过现代牧业与秋实草业的后向纵向一体化实践案例的分析，我们认为：这种从产业链下游向上游进行的投资——后向纵向一体化是草畜行业企业发展战略的上佳选择。

首先，养殖业企业具有比较强的资金实力，如果其通过纵向一体化投资到草业，则可以在较高的起点上开始发展；包括：投入较多资金，流转更大面积的土地，购买更加先进的机械设备，吸引更加优秀的人才，投入更多的人员和资金在技术创新方面等等，为保证产品质量和提高企业的盈利能力打下良好的基础。

其次，作为产业链下游的企业，自身产品的附加值较高，盈利能力较强，投资草业后可以大大提升企业整体的抗风险能力。可以在系统内部消化所种植的牧草，既有效降低了草业企业的销售风险，也解决了下游企业收购原料的品质和价格的不确定性风险。

第三，上下游行业存在一定的关联性，养殖业企业深知自身产业需要上游提供何种产品，内部资源比较容易向实施纵向一体化的上游草业进行转化，也有利于人才的全面规划和使用，可以在一定程度上缓解目前草业普遍存在的管理人才匮乏的难题。

第四，下游企业投资的饲草种植企业，其产品主要供应给其系统内部的下游企业，因此，对于种植饲草企业的盈利要求可能就不会太急功近利，有利于企业的长期战略目标的实施和稳定发展。

第五，养殖业企业有充足的资金和实力，但是养殖业的粪便污染问题一直难以解决。一旦养殖业企业实施了后向的纵向一体化，就有可能提前做出整体设计，投入资金，因地制宜，配套好粪污处理设施和土地的有机肥的施用。

纵向一体化有助于企业通过粪污干湿分离、沼气处理、牛粪回垫奶牛卧床和生产有机肥等技术途径，实现粪污减量化、资源化和无害化循环利用，解决长期困扰养殖业的环境难题。

5.4　实施纵向一体化也并非一定能够成功

但是，我们在调研中也看到有些企业在实施了纵向一体化之后企业效益不升反降。这说明：纵向一体化并非一帖包治百病的灵丹妙药，它不一定对于所有的企业都适合，也不是在任何时期都是实施的好时机。

一般而言，纵向一体化在产业的生命周期的早期或者后期比较适合，而在中期则很难成功；因为在产业处于比较成熟的时期，行业发展较好，专业化分工也比较充分，市场上完全可以提供充足的原材料，因此，自己投入大笔资金来搞纵向一体化，可能会得不偿失。

另外，在现代牧业与秋实草业的纵向一体化以及企业发展过程中，我们发现：企业家的眼光、胆略和领导力都起到了非常关键的作用。作为中国民营企业家的杰出代表，邓九强先生及其团队，在蒙牛时就意识到奶源将会使制约乳业发展的瓶颈，所以，开始创立现代牧业，要做全球最大的规模化、集约化、自动化、标准化的奶牛养殖企业；在经营现代牧业的过程中，又明确优质牧草是决定奶源的主要条件之一，所以，克服重重困难，开始设立了秋实草业，再次实施后向纵向一体化。如是现代牧业管理层在长江中下游布局、实施纵向一体化的眼光、胆略和领导力，就没有在南方建立种植基地的决策，就不可能研发生产出苜蓿青贮饲料。决策者的眼光、胆略和领导力是这个一体化案例成功的主要基础，这就提出了如何培养我国自己的真正意义上的企业家的课题。

企业自身的内部能力和资源很关键。如果企业本身的能力和资源与进行纵向一体化所需的能力和资源之间差距较大的话，则很难取得预期的效果。在秋实草业的案例中，我们深切地体会到了管理团队的能力与资源发挥了非常重要的作用。

5.5　后向纵向一体化的跨度涉及乳业、奶牛养殖业和草业三个行业

作者研究发现：延伸至草业中的后向纵向一体化不但发生于奶牛养殖业与草业之间，还往往涉及到乳业。

例如，辉山乳业本身就是由乳企发展而来的、包括了乳品加工、奶牛养殖和苜蓿草等种植的全产业链的集团企业，该企业从乳品加工销售起家，不断地实施后向纵向一体化，先后投资 200 亿元，在辽宁省投资建设乳品加工、良种奶牛繁育、奶牛养殖、饲草种植等产业集群项目。2013 年 9 月，排名中国乳业第一的伊利集团也通过其香港的子公司，向辉山乳业投资 3.1 亿，成为其股东；伊利此举加强了自身的奶源供给的保障，完善了自身的产业链。

此外，2013 年 5 月 8 日，蒙牛乳业宣布以 32 亿港元增持现代牧业股权，持股比例从原有的 1%增至 28%，成为后者最大单一股东。蒙牛投巨资于现代牧业，其主要原因正是要实现其控股股东——中

粮集团的发展战略：打造全产业链式的经营模式，把品质高的奶源控制在自己手中。

总之，从目前来看，整个行业的纵向一体化呈现出跨度涉及乳业——奶牛养殖业——草业三个行业的趋势。

5.6 存在的问题

在纵向一体化的过程中，国家政策环境及其变化也会发挥重要作用；例如，虽然目前各项政策都是积极支持资本投资在规模化苜蓿草的种植，但是，对于限制种植苜蓿等饲草的种植区域、饲草商品的运输成本居高不下和土地所有权等问题始终存在。

对于种植区域的限制迫使企业只能在沙漠、盐碱地和荒滩上种植苜蓿等饲草，导致草业企业很难获得更好的经营效益，进而影响投资的热情和行业的健康发展。

此外，草业企业只能从农民那里流转土地的使用权若干年、却无法拥有土地的所有权，则使得草业企业很难做出长期的发展规划，无法下定决心加大前期的基础设施投资，尤其是一些近期很难产生经济效益的环境保护类的基础设施投资，进而可能形成对于土地的掠夺性开发。这个问题不解决的话，我国草畜业的可持续发展就会成为一句空话。比如，在本文的案例中现代牧业与秋实草业花费了巨大的投入建设的地下管线，一旦现代牧业与秋实草业的土地使用权时间到期、农民收回土地的话，那么，那些预先埋在地下的沼气肥液管道就必然会面临被弃用的局面，前期的巨大投入就可能血本无归，已经形成的生态农业链条也无法存续下去。

7 建议

7.1 对政府的建议

目前，相对于乳业对于原奶的巨大的市场需求，我国的奶牛养殖业面临着很大的压力，尤其是优质奶源的缺口巨大。而且，当今的乳业和养殖业甚至草业都已经全球化，很多国外产品纷纷凭借质优价廉的优势涌入中国市场，一些中国奶企也纷纷选择了到境外收购牧场或者进口原料。加上国内消费者对于外国品牌更加青睐，婴幼儿奶粉国外品牌在中国占据了相当大的市场份额，就连苜蓿草也存在进口草与国内商品草各占半壁江山的现状。这种严峻的形势对国内奶业、养殖业和草业都形成了较大的竞争压力。近来不但奶农倒奶的事件时有发生，中国奶牛养殖业和草业企业也深感经营压力很大，举步维艰；长此以往，就可能在全球化的竞争中逐步丧失自己的优势，被国外大型乳业企业兼并收购。

因此，我国政府不能像过去那样头疼医头、脚疼医脚，而应该前瞻性地找到行业发展的症结所在，引导行业进行深层次的产业结构调整，支持、扶持和培育一批骨干企业，带动周边的奶农和整个产业健康发展。如何在更大的范围内有效推广这些成功的经验、进而制定相应的政策和规范、给企业的成长营造一个良好的环境是政府职责所在。包括整个农业结构中建立粮草兼顾型的土地规划、建立绿色通道降低草畜产品的运输成本、进一步改革农村土地所有权等等。

在政策上加大支持力度，对农民或者农业企业在一些沙化土地、盐碱地和荒滩等土地的开发利用给予其所有权，扶持他们在这些土地上种植牧草（包括有改良土壤性能的苜蓿草），应该是可行的。无论是农民还是企业，一旦他们拥有了土地就必然会进行长期的经营规划，有计划地使用土地投入人财物（包括在环保方面的投入），去开发种植饲料和养殖奶牛。这样拥有土地的家庭农场将会大大提高生

产的积极性和生产力，也会增强我国相关行业的可持续发展能力。

7.2 对行业的建议

现代牧业与秋实草业成功实施后向纵向一体化的案例证明了纵向一体化在我国草畜业是行之有效的发展战略。从目前的现状来看，加大对于草业企业的扶持力度，把企业做大做强，把农民变成企业内的农业产业工人可能是一条更加符合我国国情的道路。

一个产业的发展一定需要一定数量的骨干企业和龙头企业。目前国内多数的奶牛养殖业和草业的企业都还比较小而散，规模化、集约化、自动化程度都存在相当差距。养殖业企业通过后向纵向一体化战略的实施，投资经营草业企业是可行的；它不但可以推进草产业的快速发展，同时还可以满足自身对于优质原材料的迫切需求。

积极介绍现代牧业和秋实草业的经验、培育骨干企业、培养合格的企业家和企业经营所需的人才等都是行业发展的重要基础工作。

7.3 对企业的建议

现代牧业与秋实草业成功实施后向纵向一体化的实践，对于今后草业或是畜牧业企业的发展都有着积极的借鉴作用；也给这两个行业的企业在考虑自身的发展战略时，提供了一个示范和参考。

在研究现代牧业和秋实草业的后向纵向一体化的案例时，作者发现：只有企业内部或者管理团队具有很强的能力及足够的资源、或者具有很强的学习能力和整合资源的能力，其实施纵向一体化的成功概率才会大大提高。

因此，任何企业在发展的过程中，选择何种发展战略，都应该针对不同的行业、不同的时期和企业自身的实际情况，具体情况具体分析；不能盲目照搬、一哄而上，那样不仅很难实现自己的战略发展目标，而且可能导致大量的人财物和时间的浪费。

7.4 小结

综上所述，通过这个理论与实践相结合的纵向一体化案例的研究，我们把现代牧业和秋实草业的纵向一体化的实施动因、经营模式和成功经验介绍给大家，希望有助于草畜业企业加速成长，有助于解决我们面临的奶制品和食品安全问题。

在全球化成为常态的今天，无论是政府、行业还是企业，都应各司其职，以振兴民族产业为己任。我们不妨借鉴先进经验，站在全球化竞争的角度认识行业现状以及企业自身，选择适合自身实际情况的发展战略，实施包括纵向一体化的战略创新。我们要在全球竞争的环境中加快改革步伐，为企业发展提供一个更加良好的经营环境，使其能提高劳动生产率，降低生产成本，提升产品品质，创立更多的像现代牧业和秋实草业这样的世界一流企业，成就草畜业的中国梦。

参考文献（略）

宁夏牧草产业发展现状与对策

李克昌[1]，王　蕾[1]，张　蓉[2]，张新勤[3]

（1 宁夏自治区草原工作站；2 宁夏农林科学院植保所；3 宁夏茂盛草业公司）

摘　要　文章在充分调研的基础上,总结出了宁夏优质牧草产业发展的现状和 7 个特点显著特点,得出了种植苜蓿是宁夏目前效益最好的农作物之一,同时还就优质牧草产业发展提出了建设 1000 万亩饲草基地，发挥政府和市场两个作用，建设三大产业带，建好四个新技术引进试验示范基地和推广 5 项关键技术的建议。

关键词　宁夏；草产业；发展对策

牧草产业是宁夏自治区党委和政府确立的自治区 13 个推进现代农业发展的特色优势产业之一,取得了长足发展，为确保禁牧封育后草牧业持续稳定发展奠定了基础。为了进一步促进草产业发展，满足现代草牧业发展的需要，我们对宁夏优质牧草产业发展情况做了一些调研，并提出以下发展对策。

1　牧草产业发展的基本现状

1.1　优质牧草种植面积基本稳定

截至 2014 年底，宁夏多年生人工草地留床面积 585 万亩，其中，旱地种植 554 万亩，灌溉地种植 31 万亩；一年生禾草种植面积 230 万亩，合计种草面积 815 万亩。从种植区域看，南部黄土丘陵区的彭阳、隆德、泾源、西吉和原州 5 县区及海原县合计种植苜蓿 389 万亩，占全区苜蓿种植总面积的 66.6%；中部干旱带的利通、孙家滩、盐池、红寺堡、同心 5 县区种植苜蓿 173 万亩，占苜蓿总面积的 29.5%，北部引黄灌的银川市，石嘴山市各县区种植苜蓿 23 万亩，占苜蓿总面积的 3.9%左右。年生产优质牧草 400 万吨，为 800 多万个羊单位提供了稳定的饲草供给。全区玉米（含青贮）种植面积 70 万亩。此外还有可开发利用柠条等饲用灌木和农作物秸秆等，都为全区畜牧业生产发展提供了有力支撑。

1.2　不同区域可推广种植的优质牧草品种少

目前南部黄土丘陵雨养区大面积苜蓿的品种多为陇东苜蓿、阿尔冈金和固原紫花等老品种；一年生禾草主要为草高粱和草燕麦。不论是苜蓿和禾草，可供选择的优质高产品种不多。

中部干旱区种植的苜蓿品种主要为陇东苜蓿，还有少量的敖汉苜蓿，企业自建基地种植的苜蓿品种多为金皇后、宁苜 1 号、甘农 4 号、中苜 1 号、雷达克之星、阿尔冈金等；一年生牧草有苏丹草和草高粱。苜蓿品种比较混杂，禾草品种可选择的少。

北部引黄灌区一般都选择种植进口苜蓿品种，如皇冠、金皇后、WL 系列、DS310FY、阿迪娜、阿尔冈金；国产品种有中苜 3 号。国内可选择种植的品种相对较少。

1.3　草产品加工量少，商品率低

目前宁夏年加工能力在 5000 吨以上的企业共有 28 家，年共收购加工苜蓿干草 11.6 万吨，其中加工万吨以上仅 3 家，两家都在北部灌区，加工量占到了总量的 61.5%。据调查，全区实际苜蓿年加工量仅占全区苜蓿产量总产量的 7.83%，加工转化的潜力很大。

从产品的品质看，采用机械化适时刈割的，干草捆粗蛋白含量在 18%以上。中南部地区机械化程度低，加工的干草捆粗蛋白质含量 12%～16%，粗纤维含量高。

从产品品种看， 90%为苜蓿干草捆，10%为草粉、草颗粒等。

草产品销售情况是：宁夏年干草捆 95%就地直接饲喂家畜，约有 20-30 万吨苜蓿草捆作为商品草进行销售， 而且 80%左右销往内蒙古、西安、广东、上海、浙江、天津等地区。也有一部分草粉和草颗粒销往香港等地区。

1.4 牧草种植效益比较好

2010～2012 年连续三年对不同地区种植苜蓿与小麦、玉米、水稻及马铃薯等主要粮食作物的成本收益进行了调查比较，种植苜蓿的效益是最高的。见表 1。

表 1 苜蓿与其它农作物成本收益比较 单位：公斤/亩、元/亩

生产区域	作物种类	2010 年				2011 年				2012 年			
		单产	成本	收入	纯收入	单产	成本	收入	纯收入	单产	成本	收入	纯收入
中南部山区	玉米	450	450	945	495	450	450	945	495	516	450	1084	634
	小麦	100	130	200	70	100	130	200	70	220	130	484	354
	马铃薯									1051	490	631	141
	苜蓿	400	120	320	200	400	120	480	360	400	120	720	600
北部灌区	水稻	500	920	1400	480	500	920	1400	480	605	920	1694	774
	小麦	350	580	700	120	350	580	700	120	400	580	800	220
	玉米	800	700	1680	980	800	700	1680	980	910	700	1565	865
	苜蓿	1000	650	1200	550	1000	650	1800	1150	1000	650	2200	1550
						1000	1300*	1800	500	1000	1300*	2200	900

注：2010 年南部山区收购价 800 元/吨，北部灌区收购价 1200 元/吨；2011 年南部山区收购价 1200 元/吨，北部灌区收购价 1800 元/吨；2012 年南部山区收购价 1800 元/吨，北部灌区收购价 2200 元/吨。*为流转土地种植苜蓿，成本较高。

2 优质牧草产业发展的新特点

宁夏的优质牧草产业，在自治区政府提出的“一特三高”（特色、高质、高端、高效）的方针指导下，近些年出现了以下新的发展态势。

2.1 党委政府对优质牧草产业的重视程度在加强

2014 年，为适应新常态下现代农业的发展，宁夏把草畜产业作为推进现代农业“一特三高”的第一大产业来抓，提出了大力扶持建设 1000 万亩优质饲草饲料基地，扩大肉羊、肉牛、奶牛的标准化、

规模化养殖的新政策；还成立“两组一会”，即自治区产业发展协调领导组、产业指导专家组和宁夏草业协会。自治区党委办公厅和政府办公厅联合发印发了《关于促进农业特色优势产业协会发展的指导意见》，对产业协会职能、组织、管理、工作、人员、工作经费等做了具体规定，是推动农业特色优势产业社会组织建设与发展的政策依据。宁夏草业协会和固原市六盘山草业协会先后成立，形成了政府、协会、市场（企业）相联系的新型的产业发展新机制，对提高优质牧草产业企业、合作社的组织化程度，推动优质牧草产业的持续发展具有重要指导和推动意义。

2.1　政策扶持优质牧草产业发展的力度不减

目前支持优质牧草产业发展的主要政策稳定而有力，为草业持续健康快速发展提供了强有力的资金和政策支撑。主要包括：①退牧还草项目中退化天然草原补播改良项目中饲草料基地建设年年投资约 1120 万元；②天然草原生态保护奖励补助项目优质牧草良种补贴面积年 114 万亩，补助资金 5700 万元。③国家高产优质苜蓿示范基地建 2012-2015 年共建设高产优质苜蓿示范基地 27 万亩，投入资金 1.62 亿元，同时撬动企业投资超过 3 亿多元。有些县市区也通过提高种草补助资金等政策调动了农民种草的积极性，使得全区出现了用好地、水地一类土地种草的良好势头。

2.3　社会资本大量涌入优质牧草产业

近三年来，在国家、自治区和各县市区扶持草畜产业发展的政策引导下，一些曾从事煤炭、房地产、建材等行业的公司，在原来产业经营不景气的状态下，纷纷转投草畜产业。草畜产业从一个从来不被社会资本光顾的小产业，成了广受社会资本青睐的赢利产业。据调查统计，全区仅高产优质苜蓿示范基地建设项目吸引社会（企业）和民间（合作社）投资达 3.5 亿多元。社会资金投入的基本途径是流转土地用于种草养畜，实行草畜结合。社会资金的涌入推动了优质牧草产业向规模化、现代化、集约化发展打下了良好的基础。

2.4　市场对优质草产品的需求持续旺盛

现代畜牧业需要现代饲草业做支撑。优质饲草量不足和品质不高是制约现代畜牧业生产的主要要因素。据有关资料报道，全国每年优质牧草的需求量为 2000 万吨，高产奶牛年需要优质饲草 200 万吨以上，目前国内的产量仅能满足三分之一。2014 年我国进口苜蓿干草捆近 100 万吨，进口燕麦草捆 10 万吨。在宁夏，每年用于奶牛养殖的优质苜蓿干草 50-60 万吨，而区内每年生产优质苜蓿草仅为 30 万吨左右，只能满足 1/2。据调查，宁夏 2014 年的大型奶牛场进口苜蓿干草捆达到了 6000 吨，比上年增加了 50%，说明宁夏优质苜蓿还不能满足奶产业发展需求，对优质牧草的需求是刚性的，对质量的要求是企高的。

2.5　科技对优质牧草产业的支撑作用逐渐凸显

多年来，自治区优质牧草产业专家服务团队，建立产业示范基地，围绕主推品种和主推技术开展服务和指导，使主推品种和主推技术在产业示范基地以及优质高产苜蓿示范基地建项目中得到了全面使用。与国家牧草产业技术体系宁夏综合试验站合作，筛选出了 8 个比较适宜灌溉种植的苜蓿品种和 4 个较适宜旱地种植的苜蓿品种，同时纳入了自治区主推苜蓿品种。通过与自治区产业主管部门合作，召集草种企业、合作社、种草大户和技术推广部门举行新品种展示现场会、技术培训班等形式的引导和带动，提高了种植者对苜蓿品种选择重要性的认识；苜蓿测土配方施肥技术应用效果明显；苜蓿病

虫害监测及综合防控技术得到有效应用，南部山区苜蓿生产机械与农艺配套技术研究和应用取得实质性进展，为牧草产业的持续健康发展提供了有力的科技支撑。

2.6 优质牧草生产经营模式呈现多样化

经过近些年的引导和发展，目前宁夏牧草产业形成了五种经营模式。一是以“企业+专业合作组织+农户”模式，这些模式主要在南部山区各县，以彭阳县为代表；二是“企业+基地+农户”模式，以农垦茂盛草业公司为代表；三是“公司+基地”模式，以石嘴山市的一些草业公司为代表；四是以“草畜一体化”模式，以石嘴山市惠农区一些草业公司为代表；五是“合作社+农户”模式，此模式主要出现在海原、西吉等县。这些不同模式的草业生产模式对引导草业生产走向规模化和组织化起了积极的示范引领作用。

2.7 草产品的质量效益有显著提升

随着全区畜牧养殖水平的全面提高，特别是奶牛养殖对优质饲草的巨大需求，促使牧草生产加工企业适应市场要求，不断改善生产条件，提高生产管理水平，确保产品质量能够不断提高。通过举办草产品质量监测培训，质量年宣传等活动，灌区以茂盛草业公司为代表的苜蓿干草捆在全国展销会上声誉大增，苜蓿干草捆质量普遍达到国家二级以上标准。南部山区生产的苜蓿干草捆蛋白质普遍从不足 14%提高到 16%以上，好的达到了 18%，亩产干草由 300-400 提高到了 400-500（600）公斤。随着产量和质量的提高，草捆的价格随之提高，种草的效益超过了种小麦，接近种玉米，使苜蓿成了南部山区仅次于马铃薯和玉米的第三大可赚钱的作物。

优质牧草产业虽然取得了长足的发展，有些方面还有了历史性的突破，但按照现代草业发展要求，还存在一些长期不能解决的瓶颈问题，这些问题集中体现一是草产业的整体生产管理水平还不高，供给能力不强，不能很好的支持快速发展的现代畜牧业；二是支撑草畜产业特别是优质牧草产业发展的关键技术还不成熟，优质牧草品种还不多；三是龙头企业对草产业的引领、示范、带动力还不强，企业的整体管理水平还不高；四是草业产业生产和经营模式还不够完善，形式还不够多样；五是人们对优质饲草在发展和提升现代畜牧业生产水平中的支撑作用以及生态作用的认识还不够充分。

3 发展的思路和建议

优质牧草产业发展应坚持“一优三高”，用优良品种和优质产品巩固市场，获得信誉，用规模化生产来满足市场。坚持做好主推品种和主推技术，加快优质高产人工草地建设、推进优质牧草产业快速发展，为全区草畜产业持续、健康、稳定发展做贡献。具体目标为：建设 1000 万亩饲草料基地，发挥好政府和市场两个作用，做好灌区、中部干旱带和南部山区三个草产业区域发展规划，建设四个草品种和技术区域试验区，推行五项重大丰产关键技术，简称“12345”工程。

一为建设 1000 万亩优质饲草生产基地，为畜牧业生产提供物质支撑。具体讲，要稳定现有的 600 万亩以苜蓿为主的多年生优质牧草地，力争每年种植 300 万亩禾草（含青贮玉米），开发利用 100 万亩柠条等灌木做饲料，结合农作物秸秆加工调制等技术措施，达到全区年生产 1000 万吨优质饲草的目标，确保 2000 万个养单位的饲草供给。

二是发挥好政府和市场两个作用，使有形和无形之手共同发力。政府作为产业管理部门应当制定

推动草畜产业发展的利好政策，鼓励和调动社会资金投入草畜产业。同时要提倡企业、合作社和农民建设适度规模的，具有专业化、标准化的养殖场，推广普及养殖、种植、饲养管理技术，推行科学饲养，减低饲养成本；作为市场主体的龙头企业要与行业协会机密结合，发挥优势，做好市场预期调查、指导，规避市场风险，防止盲目跟风，一哄而上，使生产者能够面对千变万化市场有个适应、分析、判断的能力，减少损失。

三是规划建设好三大优质牧草产业带，使产业布局趋于合理。三大产业带分别是：①沿贺兰山东麓引黄灌区高产优质饲草产业带，以生产优质商品草为主，确保本区域内奶牛养殖业所需的优质饲草供给。②中部干旱带扬黄补灌区优质牧草产业带，以优质牧草种植和柠条等灌木饲料开发为主，确保肉羊产业持续健康发展，保护天然草原禁牧封育成果，降低舍饲养殖成本，增加农民收入；③环六盘山雨养区以苜蓿为主的优质牧草生产，在用好苜蓿的同时，做好膜玉米和其它农作物秸秆加工调制，为全区肉牛产业发展提供饲草供给。

四为建设四个优质牧草新品种引种区域试验展示区，从品种和技术上解决种什么好，怎么种好和种在哪里好的问题。①青铜峡市甘城子国家和自治区牧草新品种区域试验与引种试验展示区，在做好国家品种区域试验的同时，对自治区各地需要种植的新品种做引种、试验和展示，栽培、管理技术的试验研究。②宁夏农垦集团茂盛草业公司优质牧草新品种引种试验展示区。该区重点引进国内外优质高产苜蓿新品种，开展适应性试验示范，为引黄灌区高产优质牧草种植筛选适宜草种以及栽培管理、草田轮作、水肥高效利用等方面的试验研究。③盐池县大水坑草原试验站优质牧草新品种引种试验展示区，重点引进和驯化适合宁夏退化天然草原改良不播的优良草种，为全区干旱、半干旱区退化天然草原改良和人工草地建设试验筛选适宜推广的优良牧草新品种。④固原市泾源县六盘山镇双沟优质牧草新品种引种试验展示区，重点引种适合南部山区旱作条件下种植栽培的优质牧草，筛选适宜南部山区半干旱区种植的多年生、一年生豆科、禾本科和其它科的优质牧草新品种。

五为重点推广五项丰产关键技术，为产业发展提供技术支撑。①优质牧草机械精量播种技术。重点在南部山区和中部干旱带为推广重点，同时结合开展技术培训，示范演示等方式提高播种质量，降低种子播量，确保出苗率和成活率来降低种草的成本。②苜蓿测土配方施肥丰产种植技术。重点现代农业优质牧草产业示范基地、引黄灌区和国家高产优质苜蓿示范基地内推广使用。③苜蓿机械化适时收获技术。在全区水地、旱地全面推行，使收割、翻晒、打捆（青贮）等全部机械化，做到丰产也丰收，提升草产业的经济效益。④牧草病虫害监测预报与综合防控技术。病虫害危害造成的损失大约占苜蓿当年产量的 20-30%。为此，在继续加强全区已经建立的 73 个病虫害监测预报点工作外，还要通过技术培训，示范来提高群众识别病虫害的能力，增强自我防控病虫害的意识。⑤苜蓿节水和水肥一体技术。本技术主要应在引黄灌区和扬黄补灌区推广。实行精准灌溉，精准施肥，水肥一体，提高水肥的综合利用效率。特别是引黄灌区，通过本技术的应用使苜蓿每亩 700-800m^3 水减少到 400-500m^3，为引黄灌区水滴发展做贡献。在扬黄补灌区推广微喷和地下滴灌技术，提高有限水的利用效率。

甘肃省苜蓿种子生产现状分析与展望

毛培胜，侯龙鱼，汪　辉，王明亚
（中国农业大学草业科学系，北京 100193）

摘　要　甘肃省是我国主要的苜蓿种子生产省份。结合文献资料和实地调研，将甘肃省种子生产田归纳为专业化种子田、自繁自用型种子田、兼用型种子田和工程项目型种子田 4 种主要类型，总结分析种植区域选择、播种、田间管理以及收获加工技术及存在的问题，针对性提出苜蓿种子生产技术标准化建议，为实现我国草种业的国产化提供经验参考。

关键词　种子生产；苜蓿；甘肃省

甘肃省苜蓿种植已有 2000 多年历史，是我国主要的苜蓿种子生产省。甘肃苜蓿种子生产地区主要分布在三个地区：陇东区，包括庆阳和平凉地区，属黄土高原地带；中部区，以定西、天水、兰州为主要产区；河西区，主要包括酒泉、张掖和武威市。目前，甘肃省苜蓿种子生产量 2000~3000t。苜蓿品种种子生产主要集中在酒泉市和张掖市，地方品种主要集中在定西、平凉和庆阳市。

1　种子生产田的类型

甘肃省作为苜蓿种植历史悠久的省份之一，也是主要的苜蓿种子生产地区，种子生产田类型多样。根据经营和管理方式，分为专业化种子田、自繁自用型种子田、兼用型种子田和工程项目型种子田。

1.1　专业化种子田

专业化种子田是以生产并出售苜蓿种子获取效益为目的的生产田。主要特点是从播种、田间管理及收获均实行专业化。专业化种子生产田又分为 5 种形式。①原种扩繁种子田。育种家或获得育种资质的企业和个人经营的种子田。②公司基地种子田。公司在自己和租用政府或集体的土地种植苜蓿，管理并收获苜蓿种子。③基地代繁种子田。适宜制种地区的企业在自己的种子基地代繁其他地区单位委托的苜蓿品种。④农场主中型种子田。拥有几十亩至几百亩土地的个体农场主，和公司签订订单合同，在公司技术员的指导下，进行专业的苜蓿种子生产。⑤散户苜蓿种子田。个体农户把苜蓿作为经济作物生产种子，一般 1/3~1/2 的口粮地（3~6 亩）种植苜蓿。散户苜蓿种子田多是与公司签订订单合同，由公司统一进行播种、田间管理等技术指导，种子收获后出售给签约公司，获得效益。

公司和依托公司经营的专业化种子生产田，根据多年的积累，形成了比较系统的苜蓿种子生产技术。播种时间、播种量、播种密度均有明确的标准；肥料类别、施用时间和施用量均进行了规范；灌溉时间、灌溉量等同一地区也有相同标准。种子收获方面根据面积和具体情况采用合适的方法。

1.2　自繁自用型种子田

生产种子的目的不是出售种子获得直接效益，而是用于个人苜蓿草地的更新和建植。陇东和陇西

地区，个体农户为了轮作粮食作物，满足零散牲畜饲养需求，种植苜蓿。轮作的苜蓿草地用种多采用自己繁种方式。自繁的苜蓿种子满足苜蓿草地轮作和更新，过多的则出售给收购的商贩。

自繁自用型种子田的生产技术从播种、田间管理、收获等方面均根据传统的经验进行。没有统一标准，均是个体种植户根据经验管理。

1.3 兼用型种子田

因经营管理方面的原因，在经营多年的苜蓿草地上某些年份不收草而留种的生产田。收获的种子多数出售给收购商贩。兼用型种子田的出现主要有两方面因素，一是家畜饲养量的变化，经营的苜蓿草地产草量超过饲草需求量，过多的则选择不收草而留种；二是农忙时因劳动力不足，收割不及时的苜蓿地无法收获优质干草，只能收获种子。兼用型种子田主要分布在平凉市及周边地区。

兼用型苜蓿种子生产田和苜蓿草地的共用性决定了粗放式生产管理模式，种子收获前没有任何的田间管理措施，且种子收获期不确定，多数都不在最佳时间。

1.4 工程项目型种子田

为完成国家及各级部门实施工程和科研项目等而建植的苜蓿地，经营管理者收获和出售苜蓿种子获得效益。可以分为工程类种子田和项目类种子田。①工程类种子田。国家退耕还草、风沙源治理等工程的实施，个体农户在山地、丘陵、梯台田地等种植大面积苜蓿。适宜苜蓿种子生产的干旱、半干旱地区，经营管理者收获苜蓿种子，出售后获得效益。②项目类种子田。为开展实施苜蓿种子生产相关的项目和课题，以研究和探索提高苜蓿种子产量和质量的田间管理技术和理论为目的，布置小面积的种子生产试验田。如中国农业大学酒泉苜蓿种子生产试验田，平凉市农业科学研究所崆峒区苜蓿种子生产试验田等。项目类种子田面积小，但能为当地和其他地区苜蓿种子生产管理提供技术。同时，对当地种植苜蓿农户也具有示范和带动作用。

工程类的种子田是粗放式管理。甘肃省工程类种子田主要分布在丘陵中上部梯台田，播种行距一般根据梯台田的形状和宽度选择，行距在 1m 左右。且均无后期的田间管理。苜蓿种子试验田根据实验需要，播种和田间管理等均有详细的计划。

2 苜蓿种子生产技术

2.1 苜蓿种子生产的地域性

不同地域的气候因素对苜蓿种子产量有较大影响（表 1）。年日照时数对苜蓿种子产量有明显正相关关系。年日照时数越多，种子产量越高。年降雨量与苜蓿种子产量成负相关。总体来看，年降雨量 400 mm 以下，对苜蓿种子田适宜。年降雨量低于 200 mm 时，应通过适当的灌溉调控，酒泉和高台地区均有灌溉措施。无霜期对苜蓿种子产量影响不明显，年平均温度对苜蓿种子产量影响不大。开花期风沙较大的地区不适宜种植苜蓿种子田，风沙大不利于开花和授粉。

表 1　苜蓿种子产量及各地区气候因子

地区	种子产量（kg/亩）	年日照时数（h）	无霜期（d）	年降雨量（mm）	年平均温度（℃）
酒泉	50	3056	130	84	7
高台	60	3088	140	120	8
定西	40	2433	141	400	7
平凉	40	2379	145	617	10
庆阳	20	2500	175	500	10

2.2　播种技术

2.2.1　播种时间

播种时间应选择夏季或者秋季（8 月上旬）以前。早春播种风沙大，且春旱、春寒等灾害频繁。早春播种，常覆盖地膜。8 月上旬以后播种，封冻前幼苗较小，容易遭受寒害，越冬困难。

2.2.2　播种密度和播种量

播种密度根据不同气候条件选择不同，一般行距 60~100 cm，株距 20 cm。播种量 7.5~15.0 kg/hm^2。

2.2.3　播种方式

常用条播、穴播。苜蓿种子基地采用大型播种机进行播种。面积较小种子田用简单手持式播种设备。播种第一年，苜蓿种子田没有产量或者产量很低，个体种植户选择套播的方式，套播农作物为小麦、棉花和玉米。4 月底 5 月初，套播作物苗高 20 cm 时，套种苜蓿。作物幼苗保护了苜蓿种子萌发和出苗，减少了春寒和风沙危害的风险。

2.2.4　种肥混播

种子与适量磷肥和粉碎的动物粪便厩肥混播，有助于苜蓿出苗和后期生长。

2.3　田间管理技术

2.3.1　施肥

专业种子生产田根据土壤的养分状况选择施肥种类和施肥量。大型的种子生产公司有自己的土壤养分测定机构。对种子生产有益的锌肥和硼肥也逐步应用到种子生产上。

2.3.2　灌溉

有灌溉条件的地区一般浇水两次，开花期浇水一次，冬天浇一次封冻水。有漫灌、滴灌两种方式。滴灌节水节肥省工、灌溉均匀。但是前期铺设需要大量的资金和时间。沙土地滴灌较好，但会造成盐碱地的积盐现象。漫灌耗水、灌溉不均匀，不能控制灌溉程度。漫灌能够压盐碱，有利于作物的生长。

2.3.3　株高控制

喷施激素（如缩节胺）控制株高，株高控制在 70~90 cm。苗高 20 cm 时首次喷施，喷施频率 10 天/次，喷施次数根据苜蓿长势确定。

2.3.4　病虫害防治

杀虫剂（敌敌畏等）与微肥一起喷施。

2.4　收获与加工技术

2.4.1　大型联合收割机

适合大面积的基地作业，效率较高，一次性把苜蓿种子收获，然后运至晾晒场。主要适合种植面积较大的基地作业。

2.4.2　小型收割机+脱粒机械

适合十几亩到几十亩的中等面积作业，小型收割机效率较高，将苜蓿割倒后，由运输车辆运至晾晒场，脱粒机械脱粒。

2.4.3　小型割草机+手工收获

适用于小块或长条型种子田。小型割草机割倒苜蓿，运回晾晒场，用拖拉机拉石磙碾压，人工扬场风选。定西市安定区丘陵中上部梯台田多采用这种方式收获。

2.4.4　镰刀收割+手工收获

小块种子田，镰刀割倒苜蓿，运回晾晒场，拖拉机拉石磙碾压，人工扬场风选。农户的小面积种子田和田间地头的苜蓿种子田，多采用镰刀收割的方式。

3　苜蓿种子生产中存在的问题

苜蓿种植面积逐年增加，生产企业越来越多，种子经营的市场化需求越来越高，对专业化、标准化苜蓿种子生产技术提出了更高的要求。从播种、田间管理到收获加工技术等方面均需要改善和进一步提高。

3.1　播种

在技术员指导下，尽管播种密度、播种量等实行统一的标准，但是标准均为多年经验的总结，没有通过搭建实验平台获取系统的技术标准。缺少株行距及单穴枝条数对苜蓿种子产量影响的相关技术。针对不同的品种，不同土壤选择不同的株行距以及单穴生殖枝数的研究需要加强。

3.2　田间管理

在苜蓿种子田间管理中，施肥、灌溉、杂草防除等措施已被种植者接受，并能够主动采取相应的技术措施。但在提高授粉率、种子收获技术方面却较少关注。①成熟期不一致。苜蓿种子花期较长，成熟期不一致现象严重，对种子的产量和质量均有较大的影响。生产者多是根据经验，选择适当的时期确定收获期。关于通过生物措施等技术手段，调整种子成熟期的研究较少。②授粉不足影响产量。授粉和结实率是影响苜蓿种子产量的关键因子。西北一些地区干旱大风，一定程度上影响野生蜜蜂的生存。大面积种植的苜蓿种子田，花多蜂少，造成授粉的不完全，影响了种子产量。

3.3　收获加工

大规模的种子生产要求机械化程度较高，尤其是收获和加工技术对于机械化的要求更加专业和具体。①缺少匹配的大型收获机械。收获机械问题是制约大面积苜蓿种子生产基地建设的主要因子。现有大型联合收割机作业时，种子损失量达 30%，严重影响了种子产量。而小型的收获设备，由于效率较低，延长收获时间，不利于种子质量的保证。②加工包装技术薄弱。我国苜蓿种子产品多是经过清选后提高净度和均一度，缺乏能够提高种子科技附加值的种子包衣、菌根接种等技术，品牌优势不明显。

3.4 应对异常天气措施薄弱

气候因素影响种子的产量和质量。在适宜种子生产的地区，某些年份仍然有异常天气。如酒泉 2014 年 7 月，连续的阴雨天气造成了苜蓿的二次营养生长，打破了苜蓿正常的生育周期，影响了苜蓿种子的生产。目前，没有相关的应对措施。

4 苜蓿种子生产建议

4.1 重视苜蓿种子生产基地区划建设

适宜的气候条件是保证苜蓿种子安全生产的基础。根据我国气候特点和苜蓿种子生产的技术要求，结合实地调研资料，合理规划苜蓿种子基地。做大做强苜蓿种子生产基地品牌和影响力。

4.2 开展苜蓿种子标准化生产技术研究

适宜苜蓿种子生产地区，开展特定气候条件下种植密度与种子产量的关系研究；开展肥料调控、激素调控、开花调控等对苜蓿种子产量和质量影响研究；实现各地区种子田的标准化、专业化生产技术。同时，开展异常气候应对技术研究。监管部门和企业技术人员要适时跟踪气候变化，提前预警，及时防治，尽可能避免自然灾害造成的损失。恶劣环境发生时，采用相应的技术减少损失。

4.3 发展养蜂业，保证花期授粉

授粉是提高基地专业化苜蓿种子田产量因素之一。在苜蓿种子生产基地规划区，引进或培育地方的养蜂企业，开发苜蓿蜂蜜等产品，养蜂产业和苜蓿种子产业协同发展。

4.4 研发苜蓿种子专业化收获机械

依靠我国现有基础和经验，结合我国各地苜蓿种子生长的情况，学习并引进国外的技术，研发与现有联合收割机配套的低损失草籽专用部件，包括检拾器、滚筒、凹板、清选筛、风量调节装置、二次清选部件。

我国苜蓿施肥研究进展

毛小涛，李青丰

（内蒙古农业大学 生态环境学院 内蒙古呼和浩特 010018）

摘　要　本文从氮、磷、钾及微肥对苜蓿的生理作用出发，综述了近年来国内有关施肥对苜蓿生长发育、产量及品质的影响，分析了研究中存在的若干问题，提出了今后在苜蓿施肥研究中建立苜蓿肥力评价指标，建议做长期施肥试验研究，并加强苜蓿施肥机理方面的研究。

关键词　苜蓿；施肥；研究进展

The Research Review of Alfalfa Fertilization in China

Mao Xiaotao, Li Qingfeng

(Ecology and Environmental science of IMAU, Hohhot 010018, China)

Abstract：More and more attention is paid on alfalfa fertilization in China. The effect of N, P, K, andcombined micronutrients on alfalfa vegetative growth, yield and qualitywas summarized from the domestic articles during the recent years. Several current problems in research were analyzed.Itpoint out that build the evaluating indicator of alfalfa fertilization and suggestlong-term orientation experiment in the future alfalfa fertilization research. The fertilization mechanisms of alfalfa need to be intensive study in the future.

Keywords：Alfalfa; Fertilization; Research review

紫花苜蓿（*Medicago sativa* L.）是多年生豆科牧草，具有适口性好、草产量高、营养价值高、利用年限长等特点。在全世界范围有广泛种植，具有“牧草之王”的美誉。近年来，随着我国畜牧业发展苜蓿种植面积不断扩大，苜蓿在家畜养殖业中，尤其是在奶牛养殖业中发挥着不可替代的作用。为了保证苜蓿持续优质高产长期利用，合理有效的栽培管理措施就成为了关键。而作为栽培管理措施中重要的环节施肥管理越来越被重视，苜蓿施肥研究也已成为草业研究的热点。

1　氮磷钾施肥研究现状

氮是植物合成蛋白质的主要成分，包括结构性蛋白质和功能性蛋白质（酶），也是光能主要吸收体－叶绿素的必需成分。氮通常以硝酸盐和铵离子形态被苜蓿吸收，因此氮对苜蓿的产量高低与品质优劣有着极为重要的作用。苜蓿能够通过根瘤里的共生固氮菌将空气里所含的分子态氮直接的吸收进来，这些固氮量能够使苜蓿发育生长在氮方面的需要得到满足。根瘤菌所具有的固氮的功能在苜蓿刈割或

其处于幼苗期时较弱。因此，为确保幼苗的健康生长，应适当的在苜蓿的苗期施加氮肥。有研究表明，在多年不施肥的苜蓿大田中三个不同苜蓿品种配施氮肥 30kg/ hm^2、磷肥 60 kg/ hm^2 和配施氮肥 N30 kg/ hm^2、磷肥 120 kg/ hm^2 苜蓿草产量平均增加 82.5%[1]。研究表明施氮肥能增加苜蓿草产量，其中 30kg/hm^2 尿素增产 13.88%，60kg/hm^2 尿素增产 21.99%，这可能是一年试验所致[2]。氮肥对苜蓿产量的影响，历来就有争议。氮肥能够促进苜蓿苗期生长，提高苗期苜蓿产量，并且有助于根瘤的形成，这一点以得到共识；而氮肥提高苜蓿产量的作用还存在争议[3]。

磷是植物生长必需的三大元素之一，是苜蓿生长和代谢中是不可缺少的无机成分。磷参与苜蓿组织构成和生化活动，磷肥对苜蓿产量的提高和品质的改善有积极的意义。对豆科植物来说，要形成核酸核糖就需要磷，因为磷能够加快合成蛋白质的速度，能够促进氮同化。豆科植物在被施加磷肥之后，会增加其根瘤内所含的豆血红蛋白，进而增强其固氮的活性与结瘤性，可以起到以磷促氮的作用。磷肥能够提高苜蓿产量，二年生的苜蓿施磷，则会提高其鲜干草的产量，施 180kg/hm^2 P_2O_5 的增产的效果最好；此外，根瘤的数目、结瘤的效率、根重以及主根的直径都会在磷肥的作用下显著提高[4]。施磷肥还能够促进苜蓿根系在土壤中延伸，有研究表明苜蓿在不施加磷肥的情况下，根系多在 0～20cm 土层里生长根系，而在施足量的磷后，其根系会延伸至 40～50cm 的土层里。缺磷影响苜蓿代谢，进而影响苜蓿的生长。在缺磷土壤中施用磷肥，能使苜蓿干物质产量提高，但施用的磷肥能被苜蓿吸收利用的仅为 10%—20%，所以要获得高产，磷的施用量要远远高于苜蓿的吸收量[5]。

钾是维持植物生命过程中必不可少的元素，在植株中主要起催化作用，包括酶的活化，还参与平衡水分、能量形成、同化物的运转和氮的吸收及蛋白质合成。苜蓿是需钾高植物，钾对苜蓿早期生长很关键。钾不足，固氮酶的活性降低，从而导致根瘤固氮率降低。缺钾还会降低叶片的净光合率和 RuBP 羧化酶的活性。苜蓿缺钾时，会导致杂草的入侵，易发生病虫害，饲草品质降低。施钾能增加苜蓿每株的枝条数、枝条重量，提高苜蓿结瘤率，还能促进刈割后苜蓿的再生长，增加空气中氮的生物固定[6]。在粘壤土上增施 K 肥 42kg$K_2$0/hm^2 时，可使苜蓿产草量提高 11.13%，在细沙壤上增施相同水平的钾肥，仅能使产草量提高 4.76%[5]。钾肥对苜蓿的效果仅在施肥的当年，第 2 年效果不明显。苜蓿叶片比茎含钾高，缺钾苜蓿叶片尖端及其两边先褪绿，叶片发黄。衰老组织首先表现，渐次波及幼嫩组织。另一个缺钾症状植株停止生长，同时钾不足造成可溶性糖类和氨基酸的积累，苜蓿易招病虫害，降低苜蓿品质。

除了单施氮磷钾肥以外，三种肥料混施在提高苜蓿产量和品质方面也有许多研究。氮磷钾肥能够提高苜蓿中铁、锰、铜、锌、钼、硼、钴、硒等元素含量，提高苜蓿品质，而且能够提高种植初期苜蓿草产量[7]。磷肥、钾肥在一定范围内对苜蓿的品质产量有正效应，超过一定范围就会造成浪费。有研究表明施钾肥能够增加苜蓿粗蛋白含量，但超过一定量后粗蛋白不随钾肥量的增加而增加；施 200kg/hm^2 的过磷酸钙苜蓿粗蛋白含量最高，而施 200kg/hm^2 会使苜蓿粗蛋白含量下降[8]。磷肥能显著提高苜蓿草产量，氮磷之间存在交互作用[9]，氮磷配施还能显著提高苜蓿花期比叶重，有助于苜蓿提高其光合速率[10]。氮磷配施显著增加苜蓿株高、分枝数，增加茎叶比，提高苜蓿草产量；氮磷比在 1:6 和 1:4 能够提高苜蓿粗蛋白含量，降低粗纤维含量，还能显著增加苜蓿中磷的含量[11]。另外，磷、钾在合理的施肥量范围内施肥量与种子产量正相关[12]。施氮、磷、钾肥在苜蓿种子生产上是通过增加苜

蓿籽粒数/豆荚、豆荚数/花序、花序数/枝条比例来增加种子产量的[13]。

2 微量元素施肥研究现状

微量元素在生物体内的含量虽然很低，但具有很大的生物学潜能，在一定的条件下，可以发挥其生物学功能产生明显的生物学效应。微肥通过结构和调节性机制，参与酶、激素和维生素等活性物质的构成和活化，维持植物正常的生命活动[14]。矿质元素是植物生长发育必需的物质，对植物生命活动的调节、细胞构成、养分转化、代谢调节等具有不可替代的作用。目前，人们在苜蓿施微肥的研究主要集中在硫、硼、钼、钙、镁、锌、锰、铁、硒、钴等元素上。硼、钼、锌、铁、钙、镁、硒、钴等作为苜蓿生长重要的微量元素，在苜蓿生长的过程中发挥着及其重要的作用。这些微量元素大多都采用喷施的方法，在生产中有广泛的应用前景。

硫是组成半胱氨酸、胱氨酸和蛋氨酸等含硫氨基酸的重要组成成分[15]。蛋白质的合成常因胱氨酸、甲硫氨酸的缺乏而受到抑制。在硫素缺乏的地区，施用硫肥不仅能提高作物或牧草的产量，并能改善其品质[16]。硫肥可增加紫花苜蓿种子生产田中根瘤的数目，提高越冬率，提高草产量和种子产量[17]。硫肥还能够提高苜蓿产量，有助于苜蓿再生，降低茎叶比，提高苜蓿品质[18]。除了提高苜蓿产量和品质，研究表明马施硫磺粉使苜蓿产量提高 13.7%，同时能够促进苜蓿对氮磷钾的吸收[19]。

微肥在苜蓿干草生产方面的研究，施硼、锰、钼肥能够提高苜蓿草产量，与对照相比施硼肥增产 54.75%，硼钼肥配施比对照增产 40.34%[20]。有研究表明喷施硼、锰、钼肥能显著提高苜蓿草产量，同时硼肥能显著提高苜蓿粗脂肪含量，锰肥能够降低苜蓿粗纤维含量，钼肥能够提高苜蓿粗蛋白、粗灰分含量[21]。硼、钼、锌肥按比例配施能够显著提高苜蓿干草产量，其中硼(1.0kg/hm^2)、钼(100g/hm^2)、锌(3.0kg/hm^2)配施苜蓿干草产量比对照增产 21.3 %；硼(1.0kg/hm^2)和锌(3.0kg/hm^2)配施能够显著提高苜蓿粗蛋白质含量[22]。另外，喷施钼、锌、铁肥能够显著提高苜蓿品质，其中施 0.06%钼酸铵苜蓿粗蛋白比对照提高 13.07%，粗纤维下降 31%；施 0.2%硫酸锌苜蓿粗蛋白比对照提高 11.9%；施 0.6%硫酸亚铁苜蓿粗蛋白比对照提高 7.2%%，粗纤维下降 15.2%[23]。钙镁在苜蓿品质提高方面也有积极的作用，通过不同浓度金属离子对苜蓿生长的研究，表明钙能够促进苜蓿结根瘤，镁显著影响苜蓿根冠比，锌能够提高苜蓿产量和粗蛋白含量[24]。锰在适当的浓度对苜蓿产量提高有作用，研究表明锰作为苜蓿生长的重要元素，锰肥在低浓度（小于 200 mg/L ）增加苜蓿草产量，在高浓度（大于 200 mg/L ）草产量增加不显著[25]。

微肥对苜蓿种子生产的研究也有很多，喷施硼、钼、锌肥提高能苜蓿种子产量，研究表明施 0.04%钼苜蓿种子产量比对照提高 26.51%；施 0.6%锌肥苜蓿种子产量比对照提高 13.6%；施 0.9%硼肥苜蓿种子产量比对照提高 6.89%[26]。也有研究表明，硼肥、钼肥对苜蓿的分枝数、每个花序结荚数、每荚果内种子数都有显著增加作用；施 0.05%的钼酸铵苜蓿种子产量增加 35%，施 0.8%硼砂苜蓿种子产量增加 15.56%[27]。

在苜蓿元素吸收方面，适量钼肥能提高苜蓿草产量，其中施钼 400 mg/kg 草产量比对照提高 562.79 kg/hm^2；同时施适量的钼肥能促进了苜蓿对硼、铁、锰、磷的吸收[28]。喷施硼肥能够提高苜蓿种锌、磷、钴、铁、锰等元素的含量；喷施锰肥影响苜蓿对硒、铜、铁、锌的吸收，且与苜蓿中硒、铜含量

称负相关[29]。

硒、钴作为重要的微量元素，近年来才被人们关注，硒肥能显著提高苜蓿草产量[24]。有研究表明叶面喷施 300mg/L 钴和 200mg/L 硒能够增加苜蓿产量，有利于苜蓿生长；喷施 600mg/L 钴和 500mg/L 硒在提高苜蓿产量的同时能够增加苜蓿粗蛋白的含量[30]。刘巘等的研究也证实了施 0.45kg/hm^2 硒肥能够显著提高苜蓿产量、株高、粗蛋白含量，并且粗纤维含量也显著降低[31]。另外，土壤中施入 0.45kg/hm^2 硒肥能够提高苜蓿草产量，提高苜蓿种超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的活性，还能够降低苜蓿中丙二醛的含量[32]，提高苜蓿的抗性。有研究表明在基肥基础上施硒肥 0.57k g/hm^2、钴肥 0.762k g/hm^2 可以显著增加增加苜蓿叶面积指数，提高苜蓿的净光合能力，还能促进耕层苜蓿根系的生长，提高苜蓿养分、水分的利用效率。同时施硒钴肥还能够增加苜蓿种子千粒重[33]。

3 存在问题及今后研究方向

3.1 存在问题

苜蓿施肥研究多集中在小区或者盆栽试验，在大田应用中进行研究较少，大多都还停留在理论探讨阶段。这些研究能够在生产中应用的少之又少，实际生产中存在的问题依然是难以解决，理论研究的结果往往在实际中不能够得到应用。另外，对于苜蓿施肥的研究大多都是一年或者两年，有的甚至是针对一茬草的研究，缺少实际生产应用中的长期研究；针对特定地区的施肥研究较少，在长期的生产中，往往还是凭借在其他作物上的经验在进行施肥。在生产中，人们还是停留在苜蓿能够高产，而对于能够使苜蓿持续高产的施肥管理措施很少得到实际的应用。这就造成了苜蓿利用年限缩短，优质苜蓿田不能够长期稳定生产的浪费，使苜蓿种植成本增加。另外，在苜蓿生产中人们往往关注苜蓿对氮磷钾大量元素的需求，而忽略了苜蓿对微量元素的需求。

3.2 今后研究方向

施肥是苜蓿栽培技术中的重要一环，它对苜蓿产草量的提高和品质的改善均有积极的影响。虽然在施肥上已有相当多的研究，但因涉及的因素较多，在一些问题的看法上还存在着争议。目前，我国尚处在起步阶段，许多研究仍集中在对现象的简单分析比较，至于肥料如何影响其产量和品质的内在机理性的研究还十分缺乏。因此，学习借鉴国外的研究成果，探讨今后的研究方向，以期能为苜蓿草产业发展，为畜牧也的发展提供有利的物质保障提供参考。

3.2.1 不同环境条件下肥料肥效的研究

针对不同土壤类别、不同气候条件，形成长期定位试验，找出适合于当地条件的最佳施肥配比、施肥量、施肥时期和施肥方式等，对因地制宜指导苜蓿生产有重要的理论和实践意义。

3.2.2 苜蓿长效施肥的研究

苜蓿属于多年生牧草，一般 4-5 年达到生长高峰。肥效的发挥也不是瞬间完成的，特别是对于一些缓效肥以及长期施肥的累积效应等，都应该根据研究方案适当延长研究年限，全面客观了解肥料对苜蓿生长发育的影响。

3.2.3 建立健全的苜蓿施肥土壤肥力效应评价指标

土壤肥力评价是苜蓿施肥的基础。评价包括：化学性质，包括土壤 pH、盐分含量、植物养分含

量的有效量、养分循环及转化效率和养分相互作用等；物理性质，包括土壤颗粒分布、土壤结构、容重、孔隙度、抗蚀性、团聚体的体积和稳定性、土壤水分、持水性能和入渗性状等；生物学性质，包括土壤微生物的种类、数量、功能、组成、有机质数量和组成、专性呼吸作用强度和酶等。通过苜蓿施肥参数测定，建立土壤有效养分系数和肥料利用率间的回归方程，编制土壤有效养分系数和肥料利用率间的对应关系检索表。进而确立目标产量、单位产量的养分吸收量、土壤有效养分系数和肥料当季利用率等。

3.2.4　苜蓿施肥的机理研究

深入探究肥料对苜蓿生长发育影响的内在机理和各营养元素之间的拮抗与协助作用，对苜蓿合理配方施肥提供理论依据；通过长期有效的研究，积累各种元素的有效肥效，及其不用组合的作用，形成不同地区不同土壤类型行之有效的施肥组合，为苜蓿高效合理生产提高帮助。

参考文献（略）

内蒙古土默特左旗苜蓿产业发展情况调研报告

尹　强[1]，闫志坚[1]，秦　艳[1]，王育青[1]，赵咏梅[2]

（1.中国农业科学院草原研究所/国家牧草产业技术体系鄂尔多斯综合试验站/农业部鄂尔多斯沙地草原生态环境重点野外科学观测试验站，内蒙古呼和浩特 010010；2.土默特左旗草原工作站，内蒙古呼和浩特 010100）

摘　要　土默特左旗不仅是内蒙古重要的奶牛养殖基地，同时也是重要的苜蓿生产基地。截止到2014年，全旗苜蓿种植面积达到11,590 hm2，极大地推动了内蒙古奶产业的蓬勃发展。通过对土默特左旗草原工作站、种草企业、专业合作社及种草农户开展实地调研，对当地苜蓿种植情况及苜蓿产业的发展有了深入的了解。本文对土默特左旗的基本情况、苜蓿种植现状进行了介绍，分析了土默特左旗发展苜蓿产业的优势条件及存在的问题，并提出了加快当地苜蓿产业发展的相关建议。

关键词　土默特左旗；苜蓿；产业发展；优势

Research Report of Alfalfa Industry Development in Tumd Left County of Inner Mongolia

YIN Qiang[1], YAN Zhi-jian[1], QIN Yan[1], WANG Yu-qing[1,*], ZHAO Yong-mei[2]

(1.Institute of Grassland Research of CAAS/ Erdos Comprehensive Research Station Forage Industrialization Technological System of PRC/ Erdos Key Research Station for Field Observation of Ecological Environment on Sandy Grassland MOA of PRC, Inner Mongolia, Hohhot 010010; 2 .Grassland Service Station of Tumd Left County, Inner Mongolia, Hohhot 010100)

Abstract: Tumd Left County is not only the most important cow breeding base of Inner Mongolia, but also an important alfalfa production base of Inner Mongolia. The planting area of alfalfa had reached 11,590 hm^2 by 2014, and greatly promoted the rapid development of dairy industry of Inner Mongolia. Through the field research on the Grassland service station, enterprises, professional cooperatives and farmers of Tumd Left County, it has in-depth understanding for the local alfalfa planting and alfalfa industry development. In this paper, it is introduced the basic situation and alfalfa current status of Tumd Left County, analyzed the advantage conditions and existing problems of the alfalfa industry development in Tumd Left County, and proposed the related suggestions to speed up the development of local alfalfa industry.

Key words: Tumd Left County; Alfalfa; Industrial development; Advantage

1 土默特左旗概况

1.1 基本情况

土默特左旗，简称土左旗，为呼和浩特市辖旗，位于内蒙古自治区中部、大青山南麓的土默川平原上，辖区总面积 2,780 km^2，总人口 36.5 万人（2013 年底）。土默特左旗辖 6 个镇、3 个乡、7 个区域服务中心，旗政府驻察素齐镇，距呼和浩特市区 48 km。

土默特左旗地貌类型基本可分为山地和平原两部分，北部为阴山山脉中段的大青山区，总面积 1,094.3 km^2，海拔 1,300~2,200 m；南部为土默川平原，总面积 1,685.7 km^2，海拔在 1000~1100 m 之间。气候类型为温带大陆性气候，冬季长而寒冷，夏季短而炎热，寒暑变化剧烈，降雨量少，蒸发量大，气候干燥，无霜期短。年均气温 7.2℃，年均降水量 379.4mm，年平均无霜期 133 d，相对湿度较低，年平均湿度为 54%，年平均蒸发量为 1,851.7 mm，蒸发量远大于降水量。日照时间较长，年平均日照时数 2,952.1 h，年总辐射量为 133.82 kcal/cm^2。

1.2 发展苜蓿产业的优势

（1）土地优势。土默特左旗地处土默川平原腹地，地势平坦，土壤肥沃，平原面积约占全旗总面积的 60.6%，具有综合发展农林牧和多种经营的优越条件，非常适合集中连片种植苜蓿。全旗现有耕地总面积 94,900 hm^2，其中家庭承包经营的耕地面积为 87,100 hm^2。目前，全旗已流转土地面积 15,300 hm^2，占家庭承包经营面积的 17.57%，涉及 9 个乡镇、321 个行政村。因此，集中连片的平整土地及土地流转经验为土默特左旗苜蓿产业规模化、标准化、机械化发展奠定了基础。

（2）区位优势。土默特左旗地理位置优越，位于“呼-包-鄂”经济圈核心区域，交通非常便利，京兰铁路、京藏高速、110 国道横贯全境，209 国道、103 省道、呼准高速、呼准铁路纵贯旗境东部，为全旗物流畅通提供了优越的便利条件。因此，土默特左旗具有聚集生产要素，吸引各方投资和辐射周边、带动区域发展的地理区位优势，有利于苜蓿产品的流通与运输。

（3）技术优势。苜蓿产业的健康稳定发展离不开科学技术的支撑作用。首先，土默特左旗各大苜蓿生产企业历来重视科技人员发挥的作用，聘请了来自中国农业科学院草原研究所、内蒙古农业大学、克劳沃集团、内蒙古草原站、呼和浩特市草原站及土默特左旗草原站等单位的专家和科技人员到田间地头对苜蓿种植、管理、收获及销售等环节进行技术指导，并对杂草、病虫害等的防治技术进行交流；其次，土默特左旗是国家现代牧草产业技术体系鄂尔多斯综合试验站苜蓿种植的示范旗县，先后引进了来自全国各地先进的种植经验和实用技术，对当地苜蓿产业的发展起到较好的指导作用；再者，当地政府、企业和农民具有多年从事苜蓿生产管理的经验，在苜蓿播种、杂草防除、病虫害防治、日常管理及收获等方面均具有一定的技术基础。

（4）政策优势。为鼓励企业和农民的种植热情，国家和地方政府陆续出台了多项支持苜蓿产业发展的优惠政策，如“振兴奶业苜蓿发展行动”政策、苜蓿种植直补政策、牧草良种补贴政策、农机购置补贴政策、饲草料基地建设补贴政策等。2012 年，国家启动实施了“振兴奶业苜蓿发展行动”，对 200 hm^2 以上优质苜蓿种植基地每公顷补贴 9,000 元；呼和浩特市政府对达到建设要求和标准的苜蓿基地，每公顷直接补贴 7,500 元，连续补贴 3 年，补贴费用由旗县区农牧部门直接发放；根据国家牧草良种补

贴政策，对苜蓿种植每公顷补贴 750 元；购置农业机械、建设饲草料基地等也均有相应补贴政策。此外，呼和浩特市市委政府、土默特左旗旗委政府均对当地苜蓿产业发展非常重视，有关领导多次组织开展苜蓿产业发展讨论会和相关技术培训，并赴苜蓿基地进行考察指导。因此，国家和地方各级政府对苜蓿产业的发展投入了很大的支持力度，政策环境较好。

（5）产业推动优势。内蒙古是我国主要的奶源基地和鲜牛奶生产加工基地，奶牛养殖头数位列全国第一，自治区首府呼和浩特市被称为“中国乳都”，拥有伊利、蒙牛、奈伦等众多乳品加工企业，其中伊利和蒙牛是世界乳品 20 强企业。土默特左旗既是呼和浩特市奶牛养殖的核心地区，同时也是苜蓿主产区，每年向奶牛养殖基地提供大量的优质苜蓿干草。由此可知，土默特左旗既是我市的苜蓿种植大区，也是苜蓿需求利用大区，是国家“振兴奶业苜蓿发展行动”的重点地区之一。作为奶牛的重要饲草，苜蓿对自治区主导产业——奶产业的健康稳定发展起到极为重要的作用，同时奶产业对苜蓿产业的发展也发挥着重要的推动作用。

2 苜蓿种植现状

2.1 种植区域及面积

近年来，土默特左旗苜蓿产业发展迅速，种植面积不断扩大。截止到 2014 年，全旗苜蓿种植面积 11,590 hm^2（其中：2013 年种植苜蓿 9,330 hm^2，2014 年新种苜蓿 260 hm^2），约占全市苜蓿种植面积的 32.81%，主要分布在塔布赛、铁帽、大岱、善岱、兵州亥、沙尔营、白庙子、北什轴等 9 个乡镇服务中心，形成了集中连片的苜蓿种植带，为当地奶牛业的发展奠定了坚实的基础。

土默特左旗苜蓿种植以企业种植为主，现入住苜蓿种植企业 9 家，种植总面积约为 8,860 hm^2，占全旗苜蓿种植总面积的 76.45%。种植面积在 600 hm^2 以上的企业有内蒙古香岛生态农业开发有限责任公司、内蒙古金牛草业有限责任公司、呼和浩特市新创发展置业有限公司、呼和浩特市钧涵农业开发有限责任公司、呼和浩特市友邦草业有限公司、内蒙古蒙草（呼和浩特）农业发展有限公司等 6 家企业，其余 3 家企业的种植面积也均在 300 hm^2 以上。此外，由农民专业合作社种植苜蓿 1,380 hm^2，包括土默特左旗大青山移民种养殖农民专业合作社、土默特左旗慧宝种植农民专业合作社、土默特左旗林俊种植农民专业合作社等；由农民种植苜蓿 1,350 hm^2。

2.2 种植品种及播种制度

土默特左旗位于内蒙古中部偏西地区，气候干燥，降水量偏少，冬季干冷漫长，春季风沙较大，易出现“倒春寒”，因而选择品种时需尽量选择抗寒、抗旱等抗性较强的品种。根据多年的苜蓿种植经验和试验研究，在土默特左旗逐步筛选出了适合当地实际情况的苜蓿品种，主要有 WL 系列、中苜 1 号、中苜 2 号、阿尔冈金、皇后等品种，既对当地气候具有较强的适应性，同时具有相对较高的产量保证。

由于该地区春季干旱少雨、蒸发量大，春季播种不利于出苗和保苗，而且春播时杂草很容易对苜蓿幼苗产生危害；夏季降雨较多，气温升高，雨热同季，非常有利于种子的萌发以及幼苗的生长，因而 6 月中旬至 7 月底为苜蓿的最佳播种期；播种过晚则不利于苜蓿的安全越冬，因而也不宜进行秋季播种。播种方式一般采取条播的形式，播量约为 11~15 kg/hm^2，灌溉方式以地面灌溉为主。

2.3 返青状况

苜蓿能否安全越冬是苜蓿生产中非常关键的问题，由于土默特左旗冬季寒冷干旱，再加上第二年“五一”前后的倒春寒，很容易导致苜蓿受冻害死亡，损失极大。近三年来，全旗苜蓿的总体越冬返青情况较好，未出现大面积被冻死的现象，返青率大致稳定在85%左右。目前，全旗苜蓿总体长势良好，只有较小面积存在缺苗或长势不均匀的状况，下一步将进行适当的补播和施肥，以便获得高产优质的苜蓿产品。

一般来说，影响苜蓿越冬和春季返青的主要限制性因素有气候、品种、播种制度（深度、密度、播期）、施肥情况、灌溉制度、后期管理、刈割制度（末茬刈割时间、留茬高度）等，在生产过程中，选择抗寒抗旱品种、适时早播、带肥播种、适当深播、合理施肥、合理灌溉、合理刈割等措施均可在一定程度上提高其越冬返青率，以保证苜蓿的正常生长。

2.4 主要病虫害

常见的容易大面积发生并导致较大损失的苜蓿病害主要有褐斑病、霜霉病、白粉病和叶斑病等，易引起灾害性损失的苜蓿害虫有蚜虫、蓟马、草地螟、盲蝽和潜叶蝇等。近年来，土默特左旗苜蓿尚未发生灾害性病虫危害，仅在2013年发生了程度较轻的草地螟一代幼虫危害，害虫小范围爆发后，相关部门立即组织开展防治，并对已防治田块进行残虫量调查，对残虫量密度高的地方进行二次防治，将因草地螟危害造成的损失降到最低。由于发现及时，防治有效，并未造成大范围严重的损失，只有极小面积损失严重，当地已进行了重播。

在苜蓿生产中，做好预测预报工作是苜蓿病虫害综合防治的重点。首先，需摸清当地病虫害种类及其发生流行规律，在此基础上，综合分析影响病虫害发生流行的各个因素，如温度、降雨、天敌及其相互关系；其次，结合当地病虫害的发生规律及时预防，选择抗病虫害品种，结合合理施肥、妥善管护、适时收获等措施加以预防，并制定出预测预报方案，以降低病虫危害发生的几率；第三，病虫害发生后，要准确把握最佳防治时期，制定和优化防治策略，应做到综合防治，有的放矢地开展防治工作。因此，只要坚持“预防为主、防治结合、综合防治”的措施，就能将病虫害的发生几率降到最低，有效提高苜蓿的产量和品质。

2.5 机械配套情况

机械设备的配套是苜蓿产业化发展的必备条件，是实现苜蓿规模化、标准化、集约化、机械化生产的关键。苜蓿产业化生产过程中，从耕种到收获需要配备的机械设备主要有灌溉设施、旋耕机、播种机、打药机、割草机、散草机、搂草机（或翻晒机）、捡拾打捆机、高密度打捆机及运输车等。目前，土默特左旗的苜蓿产业已初具规模，需要配备充足、完善的机械设备，以满足正常生产需求。在机械设备种类上，目前各大苜蓿生产企业均已配备了不同类型的机械设备，基本实现了苜蓿生产机械化，但在机械数量和作业速度上还不能满足生产需求，作业质量也有待进一步提高。

2.6 效益分析

呼和浩特市周边的奶牛、肉羊养殖企业众多，对优质苜蓿干草的需求量较大，土默特左旗生产的苜蓿产品大部分销售给当地养殖企业。通常，养殖企业与种植企业、农民直接进行议价收购，收购价格按照苜蓿干草粗蛋白含量定级，分为5个等级（特级：PR≥22%，一级：20%≤PR＜22%，二级18%≤PR

＜20%，三级 16%≤PR＜18%），地头收购价格一般为 1600~1800 元/t。

据调查，土默特左旗种植的苜蓿每年可刈割 2~3 茬，每年平均单产约为 12 t/hm^2，若按照均价为 1,700 元/t 的收购价格计算，每公顷收入为 20,400 元，除去播种费、收割费、水费等费用，每公顷纯收入约为 15,000 元。若种植玉米，平均单产约为 7,500kg/hm^2，按照市场价 2,300 元/t 计算，每公顷收入为 17,250 元，除去种子费、地膜费、播种费、收割费、水费等费用，每公顷纯收入约为 12,000 元。因此，与种植玉米相比，种植苜蓿的经济效益更好，再加上政府发放的苜蓿种植补贴，收益更高。

此外，种植苜蓿还能带来较好的社会效益和生态效益，不仅可促进地区经济发展、劳动力转移和提高家庭收入水平，而且具有培肥地力、净化空气、美化环境、防风固沙、保持水土等作用，这必将有利于该地区产业结构的调整和生态环境的改善，促进农业生态系统向良性循环方向发展。

3 存在的问题

3.1 部分苜蓿生产者对种植苜蓿的认识仍然存在误区

虽然当地企业和农民对种草养畜的认识已大大提高，但由于受传统思想的影响，对苜蓿的认识仍然存在一定误区：一是在水肥条件相对好的区域种植粮食和经济作物，在水肥条件相对较差的区域种植苜蓿；二是对苜蓿种子的要求较低，很少考虑种子的发芽率、越冬性、抗病虫害能力及抗寒抗旱性，往往选择价格相对低廉的不正规种子或陈旧种子，致使其产生发芽率低、越冬性差、病虫害严重等问题；三是重视种植收获，轻视日常管护，杂草防除、病虫害防治及施肥灌溉等管理措施滞后，致使苜蓿植株矮化，杂草丛生，病虫害侵染，最终导致苜蓿产量和品质下降，经济效益不能达到理想水平。

3.2 机械设备缺乏，对进口机械的依赖性大

尽管土默特左旗已基本实现苜蓿机械化生产，但也存在一些制约因素影响产业发展。第一，机械设备缺乏，尤其是收获加工机械不足，作业速度慢，直接导致苜蓿不能在营养、产量均较高的“现蕾期-初花期”收获完毕；第二，由于我国的机械设备基础落后，产品质量不过关，作业效率低下，作业质量差，故障频发，因而对进口机械的依赖性较大，但进口机械价格昂贵，小规模的苜蓿生产者往往难以负担，只能依赖效率低下的国产机械；第三，由于机械设备价格昂贵，致使其更新速度远远赶不上生产规模的扩大速度，应加快研制经济适用型的苜蓿收获、加工机械设备；第四，机械使用者对机械设备缺乏应有的维护和保养，并长期存放于户外，导致其作业效率不断下降，使用寿命缩短，机械投入增加。

3.3 苜蓿生产技术落后，产品类型单一，营养损失严重

当地在苜蓿种植、管理、加工和贮藏等方面的生产技术较为落后，尤其是在收获、干燥及贮藏过程中的营养损失问题已成为当地苜蓿产业发展难以克服的瓶颈。由于苜蓿茎叶干燥速度不一致，当叶片已经达到安全水分（14%~15%）时，茎秆的含水量还很高。尽管通过割草机压扁可在一定程度上加快苜蓿茎秆干燥速度，但仍然达不到预期效果，茎叶干燥不同步问题依然存在，若掌握不好打捆含水量和打捆密度，容易导致苜蓿叶片大量脱落或草捆发霉变质。此外，由于第二茬苜蓿收获期适逢雨季，加上收获设备有限，往往不能将苜蓿及时收获贮藏，使得苜蓿淋雨，叶片 1 腐烂、脱落，干草品质大大降低，严重影响其销售价格和种植效益。由于当地的苜蓿产品类型较为单一，主要以干草为主，在

调制过程中受天气状况的影响较大。因此，对苜蓿快速干燥技术、高水分打捆技术、草捆防霉技术等实用技术的改进、创新和推广应用是今后苜蓿产业健康发展的关键，同时对青贮、草颗粒、草块等其他产品类型的生产技术的研制与创新也颇为急迫。

3.4 基础设施建设不够完善，专业测试设备缺乏

由于土默特左旗苜蓿规模化、标准化生产刚刚起步，时间有限，前期投入资金也较多，因而对贮草棚、井房、化验中心等基础设施的建设还不够完善，快速水分测定仪、蛋白测定仪等专业测试设备仍比较紧缺，有的地方甚至还没有灌溉条件，有待进一步完善。灌溉设施的缺乏将直接影响苜蓿的产量和品质，而贮草棚的缺乏往往使苜蓿产品在积压后遭受雨淋，导致其发霉变质，利用价值下降甚至丧失。因此，需要进一步投入资金加以完善，使当地苜蓿产业化生产步入正轨。

3.5 尚未建立完善的技术服务体系，技术推广力度明显不够

由于当地尚未建立完善的技术服务体系，科技成果转化能力较差，技术推广力度明显不够，对农民实用技术的培训和现场指导较少，因而很难将先进的生产技术运用于生产实践，致使其生产的苜蓿产量低、品质差，经济效益不好，严重影响农民的种植积极性。此外，由于缺乏技术指导，农民在种植、管理及收获过程中均存在一些问题，如种植时间不恰当、施肥灌溉少、收获时间过晚、留茬过低、杂草太多、草捆含水量高、发热霉变等，导致苜蓿原料整体上质量较差，影响到产品的质量。

3.6 尚未建立稳定的购销机制和完善的信息服务平台，使得苜蓿生产者缺乏应有的保障

目前，苜蓿的销售主要是靠当地养殖企业与苜蓿生产者直接进行议价收购，尚未建立稳定的购销机制和完善的信息服务平台，既没有保护性收购价格，也无法了解到苜蓿产品市场价格的变化，单纯地由收购者按质论价。由于当地苜蓿收购企业有限，使得苜蓿生产者（尤其是农民）缺乏应有的保障，若苜蓿遭受雨淋，可能会面临无人收购的处境，迫切需要建立相应的机制保障他们的合法权益。

3.7 苜蓿产业受相关产业影响较大，抵抗风险能力较弱

由于土默特左旗苜蓿产业体系还不够健全，产品销售受到种种限制，致使其对相关产业的依赖程度较大，尤其是受到奶牛产业的影响较大。此外，当地苜蓿产业对风险的抵抗能力较弱，自我调控能力不强，受产品价格波动的影响较大，在干旱、洪涝、病虫害、雪灾等自然灾害面前显得无能为力。

4 建议

4.1 加大政策和资金扶持力度，保障苜蓿产业的平稳快速发展

一方面，在已有的“振兴奶业苜蓿发展行动”政策、牧草良种补贴、农机购置补贴等政策的基础上，尽快出台苜蓿种植直补政策，尽快实现种植苜蓿与种植粮食作物享受同样的优惠政策，同时加大对农机购置、灌溉设施配套和贮草棚建设等的补贴力度，以解决困扰苜蓿生产者的关键问题。另一方面，进一步优化明确苜蓿生产补贴方案和资金使用细则，加强对资金使用的管理，使补贴资金真正落到实处。

4.2 抓好苜蓿产业布局，加大对种植企业的支持和监管力度

一是在苜蓿产业布局过程中，以减少运输成本为原则，因地制宜，科学发展，种养结合，在奶牛养殖的集中区域开展高产优质苜蓿生产基地建设。二是用于苜蓿种植的土地尽量选择能够保证灌溉的

耕地，少使用荒地、荒滩、荒坡等贫瘠土地，以免影响种植效益。三是要加大对种植企业的技术支持和监督力度，统一技术标准，实现科学种植、科学管理，切实提高质量产品。四是种植企业要加强与牧场或用草企业的沟通，保证苜蓿产品的销售渠道，保护好种植者的积极性。

4.3 完善苜蓿产业化运作模式，充分发挥科研单位和农民合作组织的作用

在苜蓿产业化发展过程中，经历了“公司+基地”、“公司+基地+农户”等模式的探索和实践。在上述模式中，科研单位和农民合作组织的作用并没有充分发挥，仍不够完善。因此，苜蓿产业化应逐渐向“公司+科研单位+基地+农民合作组织+农户”模式转化，通过科研单位的加盟，提高苜蓿产业的科技含量，集中解决生产中的技术问题；通过农民合作组织的参与，既解决了产品的销售问题，又保证了龙头企业的原料供应，使企业与农户实现共赢。

4.4 加强苜蓿生产龙头企业建设，强化其辐射带动能力和技术研发能力

龙头企业要布局合理、重点突出、分工明确，目前重要的不再是培育和发展，而是要建强龙头企业。一是以现有苜蓿生产龙头企业为重点，积极争取国家和地方政府对龙头企业的投入，改善生产条件，提高其综合生产能力。二是要加强政府与企业的联系，对规模龙头企业的生产经营、项目建设建档立案，实行动态管理，积极为企业发展创造良好条件，扶持龙头企业大力开拓国际、国内草业市场。三是强化龙头企业的辐射性和带动性，充分带动地区苜蓿产业实现标准化、机械化、集约化生产。四是加强龙头企业内部技术团队的建设，强化其技术研发能力，努力解决制约苜蓿产业发展的技术难题。

4.5 提高农民组织化程度，扶持牧草专业合作组织的快速发展

鼓励和支持农民在自愿互利原则的指导下，组织建立牧草专业合作组织，充分发挥中介服务作用，使农民从分散经营走向联合经营，构建苜蓿“产、加、销”一条龙的产业化格局。培育草产品营销经纪人队伍，在企业与农民之间架起桥梁。发展苜蓿产品运销实体和经营大户，开展自产自销、代购代销、订单联销，拓展销售渠道。同时，为合作社提供必要的服务设施设备，实现合作社的统一生产制度、统一供种、统一种植、统一收获打捆、统一销售等社会化服务。

4.6 加强服务体系建设，加大科技推广力度

加强牧草生产技术服务组织建设，强化服务功能，加大科技推广力度，使苜蓿生产者掌握先进的生产技术和实时的产品销售信息。一是围绕苜蓿生产基地建设开展技术服务，为农民提供技术、资金、信息等系统化服务，并定期对农民进行技术培训。二是加强基层牧草技术服务队伍建设，提高基层草业服务站专业技术人员的服务水平。三是建立并完善苜蓿生产机械供销服务体系和维修服务体系，提高苜蓿生产机械化程度。

参考文献（略）

我国苜蓿种子采购过程应遵循的原则

张晓峰，王　虹
（北京猛犸种业有限公司）

受市场拉动和政策扶持的影响，我国苜蓿产业迎来了产业增长期，苜蓿种植面积不断扩大，种植面积已由 2001 年的 203.4 万 hm^2，扩大到了 2012 年的 416.6 万 hm^2，11 年间全国苜蓿种植面积增加了 1 倍之多，年平均增加近 20 万 hm^2。相对应之下，我国苜蓿种子需求逐年加大，苜蓿种子市场越来越热，同时也出现了不少问题，例如品种混杂、品种来源不清等，给苜蓿种植者造成了很多困惑。针对此现象，结合笔者多年从事牧草种子经营经验以及国内外苜蓿种子生产情况、客户采购种子时常常遇到的问题等，从苜蓿种植的第一步“种子采购”方面给出几点建议，供苜蓿种植户参考。

1　种子的采购量

苜蓿种植者在种植之前应该购买多少种子，要考虑到播种量、发芽率，购买的是裸种子还是丸化种子等因素。

1.1　播种量

购买种子的费用对于种植者是一笔不菲的支出。有些种植者通过减少播种量来减少开支。而播种量降低并不是没有下限的。前提是不能因为播种量过低影响苜蓿干草的产量。建植成功的苜蓿地，理想的密度是每平方米有 250~300 株苜蓿。在这个密度下，可以获得理想的苜蓿产量。近年来，在一些水肥光热条件很好的地方，一些种植者采用每亩高达 3 公斤的播量，亦取得高于正常值的产量。苜蓿种子通常一公斤含 45 万粒~50 万粒。以发芽率为 90%，净度为 99%的苜蓿种子为例。理论上出苗率见表 1。

表 1　不同播量的苜蓿种子理论出苗率（%）

播种量（kg/亩）	种子数量（粒/kg）	发芽率(%)	净度(%)	理论出苗数（株/m^2）
0.40	450 000	90%	99%	241
0.60	450 000	90%	99%	361
0.80	450 000	90%	99%	482
1.00	450 000	90%	99%	602
1.20	450 000	90%	99%	722
1.40	450 000	90%	99%	843
1.60	450 000	90%	99%	963
1.80	450 000	90%	99%	1084
2.00	450 000	90%	99%	1204

从表 1 可以看出，理论上播种量达到 0.5 公斤/亩，如果全部成苗，每平方米植株密度可达 300 株左右。但是实际种植中，受（1）整地不平或者播种机调整不当造成播种过深或者过浅；（2）播种不均匀；（3）水分不足或者过多；（4）杂草的竞争；（5）鸟食虫吃；（6）后期机械作业；（7）倒春寒（春播）或者不越冬（秋播）等因素制约，最终能成苗的数量远远达不到理论数量。

实践证明，即便是经验丰富的种植者在土地平整、水分充足的地方种植，成苗率一般也不超过 60%。他们选择的播种量是每平方米播种 700 粒以上，相当于每亩地 1.20 公斤（这个播种量的计算是基于发芽率为 90%以上，净度为 99%以上的种子）。撒播的播种量略大于条播。如果在土壤、水分条件较差，或者种植经验不足，可以酌情增加播量。如果你认为自己的土壤条件、灌溉条件、种植水平非常高超，也许你可以采用的播种量（裸种）为 0.5 公斤/亩。根据最近几年国内的实际种植情况来看。很多苜蓿生产企业采用 1.5 公斤/亩的播种量（裸种）仍然偏低，在甘肃省河西一带，大部分种植单位采用的播种量在 2 公斤/亩以上，甚至有采用 3 公斤/亩以上的。

1.2　丸化种子播量

1.2.1　裸种子、包衣种子和丸化种子定义

（1）裸种子：是指未经过任何处理的种子。

（2）包衣种子：是指在种子上包裹上一层能迅速固化的膜或者附着的粉状物，可加入对作物生长有帮助的农药、微肥、有益微生物或植物生长调节剂。包衣基本不改变种子的千粒重，包衣种子的播种量和裸种子没有区别。生产干草的苜蓿种子用根瘤菌包衣是行业内通常的做法。

（3）丸化种子：顾名思义是改变种子的形状，将种子丸粒化－改变种子形状，尽量接近球状。丸化的主要目的是，使种子的形状适于机械化播种。甜菜、胡萝卜等蔬菜种子比较常用。

1.2.2　丸化种子适宜播量

丸化后种子每公斤粒数变化很大。播种量必须根据丸化的比例相应增加。例如：苜蓿种子每公斤大概为 450 000 粒。如种子丸化比例为 50%，丸化后每公斤就只有 225 000 粒；如果裸种子或者包衣种子播种量 1.5 公斤/亩。那么 50%比例的丸化种子，播种量就应该是 3 公斤/亩。从这个角度讲，使用丸化种子不会降低种子种用成本，还要额外支付种子丸化的费用，而且种子的丸化层会吸收一部分水分，在灌溉水量不足的时，特别是旱地苜蓿，会影响种子发芽率和发芽速度。经过试验和观察，发现漫灌的条件下，丸化种子发芽速度和裸种相当。其它灌溉条件下，丸化的种子发芽速度慢于包衣种子和裸种子。因为，种子的丸化材料先于苜蓿种子吸收水分，等丸化材料吸收水分饱和后，苜蓿种子才能吸收水分开始发芽。包衣对发芽速度没有正面或者负面的影响。丸化和包衣均不能提高苜蓿种子的发芽率。使用丸化种子，要注意按照比例增加播种量，同时确保浇水量足够。

1.3　根瘤菌拌种

苜蓿根瘤菌是与苜蓿共生，形成根瘤并固定空气中的氮气供植物营养的一种杆状细菌。虽然空气成分中约有 80%的氮，但一般植物无法直接利用， 苜蓿可以通过与根瘤菌的共生固氮作用，把空气中的分子态氮转变为植物可以利用的氨态氮。富含根瘤菌的土壤，有助于苜蓿健康生长。以下几种情况，土壤中有可能出现根瘤菌缺乏情况，应该使用根瘤菌包衣的种子。

（1）土壤从未种植过豆科植物，或连续三年以上未种植；

（2）土壤 pH 值低于 5.8，或者高于 8.5；

（3）土壤有机质含量低于 1%；

（4）近期种植区域出现干旱或洪涝；

（5）水土流失；土壤贫瘠

接种根瘤菌，可以提高苜蓿的固氮能力；形成良好根瘤的苜蓿可以把对尿素等氮肥的需求降至最低水平。有效结瘤的苜蓿可以为土壤每亩增加氮素 1.5~15.0kg 确切的数量取决于固氮过程的有效性、生长时间和土壤养分水平。使用根瘤菌可以增加苜蓿的有效根瘤数量，在苜蓿种植的第一年可以明显的提高苜蓿的产量。

2 种子的真和假

和其它农作物种子一样，苜蓿种子的市场上同样也会出现假种子。每个种植者为了避免买到假种子，应该掌握相应的知识和鉴别能力。根据《中华人民共和国种子法》规定， 下列种子为假种子：“ 以非种子冒充种子或者以此种品种种子冒充他种品种种子的”。“以非种子冒充种子”，比较容易甄别，苜蓿种子的销售中很少出现。“以此种品种冒充他种品种”的情况比较普遍，世界范围内都存在。单凭苜蓿种子的外观来鉴别苜蓿品种是非常困难的。不法的生产者或经营者会拿普通品种冒充优良品种。

为了解决这类问题，国际上通行的一个办法是，通过种子认证制度来控制种子的质量。种子认证制度（Seed Certified）就是对制种生产流程进行控制。各国认证制度大同小异，但都是由官方机构或者官方认可的机构，从种子生产开始就对各个环节进行监控。生产的是哪个品种？品种的来源？种植面积多大？在什么地方种植？全部记录在案。在生产过程中，对生产种子的质量监督管理，对生产种子的数量进行估算。最后只对符合质量标准的种子发放认证标签（Certified Tag），按照种子的实际产量发放标签。这个标签相当于品种的身份证明，也是种子的质量证明之一。

所以，购买认证种子是避免买到假种子的有效方法。遗憾的是，我国现阶段只有牧草品种登记制度，没有种子认证制度和认证体系。对于国内的种子，因为购买者无法从外观判断品种，只能依靠经营者的道德水准来保证品种真实性。

鉴于上述情况，为了避免不必要的风险，建议种植户购买已经建立种子生产认证制度国家的认证种子。

3 苜蓿种子的产地及来源

3.1 国产苜蓿种子

（1）本土野生种：主产区为甘肃、内蒙。有很强的适应能力，但是产量偏低，不适于做干草生产。

（2）野生栽培种：野生种类似，纯度略高。产量偏低，不适于做干草生产。

（3）国内育成品种：供应量不足。

3.2 进口苜蓿种子

（1）澳大利亚：多为高秋眠级品种，越冬能力差，不适于在北方种植。

（2）欧洲：欧洲的气候温暖湿润，气候类型单一，不具有多样性。

（3）北美（加拿大和美国）：北美是全世界苜蓿种植面积最大的区域，同时向世界各地出口大量的高质量干草。我国进口苜蓿干草已经放开的产地，其中就有加拿大和美国。苜蓿产业极为发达，每年育成品种近百种。性能各异，从其中能很容易挑选到适于我国种植的品种。

建议使用北美品种。原因有三：

（1）北美有完整、严谨的种子认证制度，可以确保买到种子的品种真实性和纯度；苜蓿品种认证机构：AOSCO(Association of Official Seed Certifying Agencies)，在这个网站上可以找到北美育成并登记的所有苜蓿品种。而国内不少号称从美国和加拿大引进的品种，并没有登记记录，很有可能属于假种子的范畴。

（2）能在我国北方地区找到北美类似气候条件的对照区域；可以作为找到适应我国气候条件品种试验场所。

（3）北美的苜蓿品种评比由官方机构或者官方认可的第三方机构进行，具有客观性和权威性。

（4）北美的苜蓿品种性能评比体系完整，对我们选择品种具有极大的可参考性。

4 苜蓿种子的质量标准

衡量苜蓿种子质量，和其他作物种子一样，主要看以下两个指标：

（1）发芽率：作为商业生产用的种子，发芽率越高越好，应该在 90% 以上。需要注意的是，按照国际种子检验规程，硬实种子也算入发芽率，但是在播种后，硬实种子并不能及时发芽，而新的苜蓿种子硬实率常常高达 20% 以上，高硬实率的种子在播种中相当部分是无效播种。购买种子的时候，最好购买发芽率高于 90%，硬实率低于 10% 的种子。

（2）净度：种子净度应该在 99% 以上，不含杂草种子，允许含微量的其他作物种子。任何杂草种子都会造成除草的费用增加，干草的品质下降。

5 品种的新与旧

很多缺乏选择品种的能力和专业知识的种植者倾向于种植周边地区已经种植过的品种。这样做的好处是，有可能得到和附近类似种植区域相近的产量。也有不利的一面：错过了新品种带来的更加优异的性能和表现。

美国是全球苜蓿产业最发达的国家。在美国，大约在 40 年前，苜蓿的种植管理技术已经达到了很高的水准，通过种植管理技术提高和改善已经很难再提高苜蓿的产量，近几十年的产量还是提高 30% 左右，这个进步几乎完全来自于新育成品种的卓越表现。这个情况和我国农民种植水稻的情况很类似---直到杂交水稻开始推广，水稻的亩产量才有大幅的提升。

因此，美国苜蓿的育种工作开展的相当不错，每年都有数十个新品种问世。这些新品种和老品种相比，大概每 10 年，产量即可提高 5-10%。2000 年前后，我国从美国引进的一些优良品种，在北美市场上基本已经看不到了，大部分被新品种所替换。

6 如何从生产性能来选择苜蓿品种

6.1　种子的价格

种子的价格不应该是种植者考虑的首要因素，种植者主要应该关注品种好与坏。在实际的苜蓿种子采购中，种子的价格是影响种植者选择品种最主要因素。但是，对于种植者来说，更重要的考虑因素其实是苜蓿品种的产量和质量，下面我们一起来算这笔帐：

购买种子时，一亩地最多能多花多少钱？在目前的市场行情下，苜蓿种子价格视品种和质量不同，在 30 元/公斤至 80 元/公斤之间。按我们推荐的播种量（裸种）2 公斤/亩计算，最便宜和最贵的品种种子费用相差 100 元/亩。苜蓿是多年生牧草，生长期不低于 5 年，按 5 年分摊种子费用，用最贵的种子每年每亩多支出了 20 元。

产量和质量对收益的影响：甘肃河西的苜蓿干草最近的市场行情（地头交货价），含水量低于 15%，蛋白质含量达到 18%的苜蓿干草售价不低于 1800 元/吨。也就是说每亩地多产 11 公斤多点，就可以弥补种子上多的支出；如果苜蓿干草中蛋白质高一个百分点，大概一吨可以多卖约 100 元。叶多茎干少的品种，蛋白质很容易达到 18%。

从上面的数据来看，大家应该得出一个结论。购买品种的时候，应该关心品种的好坏，而不是价格的贵贱。种子价格在苜蓿整个种植过程中占生产成本的比例非常低。过分关注价格，实际上是抓了芝麻，丢了西瓜。下一节，我们来看看什么是好品种。

6.2　高产优质苜蓿品种

苜蓿品种的选择，直接影响到苜蓿的产量（质量）的高低。不同的苜蓿品种，如果在相同的条件下生长，产量甚至可以相差到 30%；如果遇到有病害的发生，不同抗性的品种之间的产值相差超过 50%以上。选择一个苜蓿品种，同时是整体病虫害控制的主要步骤。我们在种植苜蓿选择品种时，要善于利用国内外苜蓿育种的成就，选择耐病虫害、高产量、高质量的品种。那么产量高、质量优、抗病虫害能力强的品种就是好品种。而这几个标准我们一般通过以下几个和苜蓿产量和质量相关性很高的指标来加以量化。根据这些指标来选择苜蓿品种，可以极大的避免种植风险。

（1）用来衡量苜蓿的越冬能力的指标－越冬系数（Winter Survival Rating），又称越冬级。育种家们把苜蓿按照越冬能力由强到弱分为 1-6 级。 我国苜蓿的主要种植地区都在北方，越冬能力是关系苜蓿生死存亡的大事，如果不能正常越冬，产量就无从谈起。苜蓿根据越冬能力可以分为以下三个类型：休眠苜蓿（1，2 级）；半休眠苜蓿（3，4 级）和不休眠苜蓿（5，6 级）。

（2）用于衡量苜蓿的生产潜力－秋眠级（Fall Dormancy Rating），又称秋眠系数。秋眠级用来衡量苜蓿的生产潜力。这个指标分为 1 级-11 级， 1 级的再生能力最弱，11 级再生能力最强。如果不考虑越冬等因素。仅仅在单一的生长季内，苜蓿的秋眠级越高，苜蓿的产量也越高。秋眠级和产量是正相关。

（3）用于衡量苜蓿抗病性－抗病系数（Disease Resistance Ratings），简写为 DRI。目前，在国内选择苜蓿品种容易忽视抗病性。因为苜蓿本身就是比较抗病的作物，我国以往连片人工种植苜蓿面积不大，没有大规模发生的基础。但是随着苜蓿的产业化发展，数千亩甚至上万亩的规模化种植成为趋势，病害的发生会成为苜蓿生产中很重要的影响因素。 有鉴于此，在苜蓿种植前，应该慎重考虑使用抗病性强的品种。

（4）多叶性（Multi-foliolate Leaf）。传统苜蓿品种每一枝茎上只有三片叶子,所以有些地方把苜蓿也称为三叶草。部分新育成品种的苜蓿茎杆上有超过三片的叶子。多叶性状对于提高干草的质量有一定的帮助。

（5）根的类型（Root Type）。苜蓿有四种类型的根，如直根型、侧根型、根孽型、根茎型。干草生产选择的品种以前两种为主，因为这两种类型的品种产量更大，直立性强更适宜机械化收割。后两者多用于放牧。

7 总结

当中国北方苜蓿种植者准备采购苜蓿种子时，可以遵循以下几个原则。

（1）购买种子量，按照每亩 1.5-2.0 公斤（裸种，如果是丸化种子，按比例相应增加购买量）的播量购买比较理想，甚至可以更高。这样做的原因是一，高密度种植可以带来更高的产量；二，高密度的植株减少越冬不良对产量造成大的损失。

（2）购买新品种，新育成的品种和老品种相比，在产量、抗性等方面具有更强的优势；

（3）购买认证种子，可以有效的避免买到假种子；

（4)在越冬容易出现问题的地方,以品种是否能越冬为第一要素。可以选购越冬系数为 1 的品种，这类品种是苜蓿中最耐寒的，如果这类的品种在种植地依然难以越冬，要考虑另选种植地或者选择地方品种。

（5）越冬相对安全的地方，可以考虑使用秋眠级较高（4-6 级）的品种，以期获得最佳的产量。兼顾越冬能力即可

（6）在北方种植时，混合 20%左右的不休眠（秋眠级 7-11 级）苜蓿，可以将第一年的产量提高 20%-30%。

第五部分

国际论文

Importance of Silage Density and How to Pack Silage for Good Density

Dr. Dan Undersander

(University of Wisconsin, USA)

Silage density is important because it determines the porosity (pore space) in silage. The amount of pore space controls how fast and how far from the face that air moves into the silage when the bunker or pile is opened for feeding and, consequently, the amount of energy loss from heating and spoilage. This is shown in the table from Rupple (1992) where greater silage density resulted in less dry matter loss.

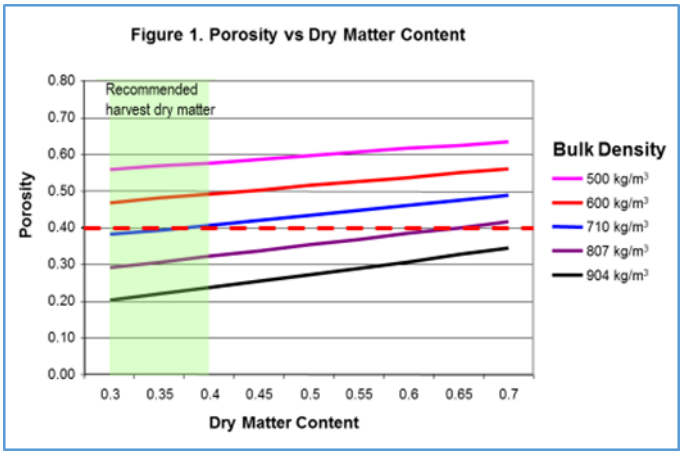
Table 1. Dry matter loss as influenced by silage density

Silage Density (kg of DM/m^3)	DM loss at 180 days (% of the DM ensiled)
161	20.2
226	16.8
242	15.9
258	15.1
290	13.4
355	10.0

Higher silage density also increases the capacity of the silo. More silage dry matter can be stored in the same volume if the density is higher.

Thus, higher silage densityreduces the annual cost of silage storage by increasing the amount of crop that can be stored in a silo and reducing the crop losses during storage. It is important to note that the factors affecting silage density and porosity are the same for corn silage, alfalfa, grass, small grain and all other crops that may be ensiled. Neither does the storage type affect silage density/porosity characteristics - the same information applies to bunkers, piles and tubes of silage.

Porosity is the factor of concern. It is a measure of the voids (open space) between solid particles of silage. Pore space can be filled with either gas or water in silage. If porosity is high then pores may be continuous and allow air to move through the silage which can increase aerobic microbial activity when feeding the silage out of the bunker or pile. Microbial activity is indicated by heating in the silage. If it occurs for some time it can result in increased fiber, crude protein, higher ammonia and elevated pH. In extreme cases it may result in moldy gray to black silage.



When pore space is high air moves into the silage from the feed out face by a combination of several methods. The first is diffusion. If the oxygen content of the silage is 0% and the oxygen content of the air at the face of the silage is 20%, oxygen will move from areas of high concentration (outside the pile) to the area of low oxygen concentration (inside the pile). The greater the air space (porosity), the faster the oxygen will flow into the silage and the greater the microbial growth will be. A second method that oxygen moves into the silage is by gravity. Carbon dioxide is heavier than oxygen so it settles through the silage and emerges at the bottom of the vertical feedout face. The carbon dioxide moving out of silage draws air containing oxygen into the silage which supports spoilage organisms.

The goal should be to pack silage to 0.4 porosity or less. This is 40% air space at 35% dry matter as shown in figure 1.

It is not possible to measure porosity on the farm so the most practical estimate of porosity is bulk density (weight of silage per unit volume). Note, also from figure 1, that silage density must increase as forage dry matter content increasesto get the 0.4 or less porosity.

However, over the recommended dry matter range (32 to 40%)for ensilingto get good fermentation, a silage bulk density of 690 to 717 kg/m3 will generally give the needed porosity.The remainder of this discussion will pertain to silage in this dry matter range as forage ensiled wetter will tend to ferment poorly, possibly containing butyric acid and/or clostridia, and may have seepage losses of protein and soluble carbohydrates. Forage ensiled at higher dry matter content will tend to have reduced fermentation and higher pH resulting in greater heating losses on feedout.

We will focus on 35% dry matter silage for the rest of this paper which requires a bulk density of 705 kg/m3to achieve 0.4 porosity.When porosity is greater than 0.4, air moves rapidly into the face of the silage in a bunker or silo and heating and white mold spots will form. The face of a bunker or pile with less than 0.4 porosity should be very firm and should not give half a cm when pushed against with a fist.

It is possible to measure silage bulk density using a 10 cm diameter piece of stainless steel pipe approximately 60 to 70 cm long. The pipe should have serrated edges on one end for cutting into the silage and be able to be attached to a drill on the other end. The pipe is forced into the silage face a known distance and then removed. The contents are weighed and divided by the volume of the pipe to determine silage density.

Another way to determine silage density is to keep track of the number of truckloads going into a bunker or pile, to weigh an average truckload and then calculate the weight of silage in the bunker or pile as the number of truckloads times the average truckload weight (this should be done anyhow for feed inventorying). This weight of silage can be divided by the volume of the bunker or pile to determine the silage density.

A third way to estimate density is during feedout. One can weigh the silage as it is removed for feeding from a measured distance of bunker length. Bulk density is the weight of removed silage divided by the volume of silage removed.

Density is primarily a function of the packing practices used to fill the bunker or build the pile. The main factors are the rate of silage delivery to the bunker/pile, packing layer thickness, the number and weight of tractors, packing time, crop dry matter content and height of the bunker or pile. Other factors, such as chop length and species of silage crop, have much less effect on packing density.

You can determine the management needed for good packing density using the spreadsheets developed at the University of Wisconsin. Spreadsheets for calculating both bunker and silage pile density are available athttp://fyi.uwex.edu/forage/harvest/#silageHE.

Some differing management scenarios are presented in table 2. If we start with a bunker with 3 m side walls that is filled 3.5 m high at the rate of 100 tons 35% moisture silage/hr and it is packed in 15 cm layers with two tractors weight 16000 and 12000 kg, both operating 100% of the time, the silage density would be expected to be 660 kg/m3 and have a porosity of 0.44 as shown in table 2 “Standard” column. This is less density than recommended and would be expected to heat during feedout with resulting dry matter and quality loss. Note that, if the packing tractors are running 80% of the time rather than 100%, the density of silage would be reduced another 30 kg/m3 (not shown in table).

One option to increase silage density is to reduce the delivery rate of silage to the bunker or pile so that more packing time is allowed per ton of forage. This is shown in the column labeled “Slower delivery” where reducing silage delivery rate to 75 t/hr increased packing time per ton to achieve the desired bulk density 705 kg/m3). This option may not be desired but is presented to show the importance of knowing actual silage delivery rate so that management can be adjusted accordingly to achieve good silage density.

A more practical option is to keep all factors the same except to spread and pack thinner layers at the bunker or pile. Packing density is very sensitive to packing layer thickness. As shown in table 2,decreasing the packing layer thickness from 15 cm to 13 cm resulted in a density increase of 44 kg/m3 and an acceptable silage density of 704 kg/m3.

Another option is to increase the weight of the packing tractors. In the table 2 example, increasing the weight of one tractor by 4000 kg resulted in an acceptable packing density of 701 kg/m3. It may be possible to get a heavier tractor but also consider the option of adding weight to existing tractors. It may be possible to add wheel weights, make a concrete block that can be attached to the 3-point hitch, or to add concrete blocks to loader. Always do whatever possible to add weight to packing tractors. Also consider that single wheels apply more weight per square meter than dual wheels.

The last column shows the effect of not running the packing tractors all the time. Reducing tractor operating time 20% (to 80) required significantly heavier tractors to result in similar packing density.

Table 2 Effect of Silage Making Parameters on Silage Bulk Density and Porosity

(Yellow box is item changed from standard column and green boxesare resulting silage density and porosity)

Factor	Standard	Slower delivery	Thinner packing layer	Heavier packing tractor	Heavier packing tractor/less time
Bunker wall height (m)	3	3	3	3	3
Maximum silage height (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Delivery rate to bunker (t AF/hr)	100	75	100	100	100
Silage dry matter (decimal)	.35	.35	.35	.35	.35
Packing layer thickness (cm)	15	15	13	15	15
Packing tractor #1 weight, kg /% time operating	16000/100	16000/100	16000/100	16000/100	18000/80
Packing tractor #2	12000/100	12000/100	12000/100	16000/100	18000/80
Bulk density (kg AF/m^3	660	705	704	701	703
Porosity	.44	.40	.40	.40	.40

AF = as fed (weight of silage with moisture),

Calculations from Bunker Density Calculator at fyi.uwex.edu/forage as excel spreadsheet for bunkers or piles.

In summary, packing density is crucial to reducing silage spoilage, quality and dry matter loss, especially during feedout. A packing density of 705 kg/m3 will result in a porosity of 0.4 at 35% dry matter silage and reduce silage quality and dry matter loss compared to lesser silage densities. The main factors affecting silage density are the rate of silage delivery to the bunker/pile, packing layer thickness, the number and weight of tractors, packing time, crop dry matter content and height of the bunker or pile. A spreadsheet is available to calculate the best options for obtaining optimum silage density in your operation.

Opportunities to Improve the Water Use Efficiency of Irrigated Alfalfa

Daniel H. Putnam

(Plant Sciences Department, University of California, Davis, USA)

Abstract: Water managementis perhaps the key limiting factor for irrigated alfalfa production worldwide. Although there are several important advantages of alfalfa with regards to water, we must further improve water-use efficiency (WUE) of alfalfa to meet the food needs of a growing world population, to mitigate drought events, and to lessen demands on water resources. There are several basic strategies for improving the water-use efficiencyand resiliency of alfalfa: 1) Yield improvement, including genetic modification, 2) Improvement in water system delivery technologies, 3) Improved irrigation management systems, and 4) Deficit water strategies for periodic droughts. The most important of these are strategies to enhance yield and stand persistence with genetic improvement and better agronomic and irrigation practices. Plant adaptation to deficit water situations and to saline conditions must be considered. Secondly, technological solutions to improved water application methods, e.g.switching from flood to advanced sprinkler or to drip irrigation hold promise as technological advances. Thirdly, management strategies such as ET monitoring, soil moisture monitoringand sensor technology which improve the ability of growers to more closely match true water demand are important regardless of which irrigation technology is utilized. Lastly, alfalfa is well-suited to 'deficit irrigation' strategies when water supplies are insufficient. A range of practices which include plant genetic, crop management, irrigation technology, and water management elements are required to improve WUE in alfalfa. Envisioning more water-use efficient systems is critical to meeting future needs for forage crops in a more water-limited future.

Introduction

Alfalfa (*Medicago sativa L.),*is the fourth largest economic crop in the United States. The majority of alfalfa is grown in the northern Midwest, or in the arid West region of the US (Table 1). Nearly 50% of the US alfalfa hay or haylage is grown in western states (Table 1) and nearly allof this is grown under irrigation. The most common methods of irrigation for alfalfa are sprinkler irrigation of various types (pivots, wheel lines, movable pipe) and flood methods of irrigation. Alfalfa has significant impacts upon agricultural water use in all western US states.

Although alfalfa is considered to have high seasonal water use, it is one of the most water-efficient crops due to its high yield, perennial nature, deep roots, and the fact that the entire above-ground portion is harvested as an economic product. High seasonal water use is primarily due to its year-long growth patterns,

and the area planted, which dominates many irrigated regions.

Water supplies are a key limiting factor for all countries including the US. In some regions, such as the UAE and Saudi Arabia, agricultural water use has been severely curtaileddue to the diminishing reserves. Thereis little question thatgrowers and scientists must improve water use efficiency (WUE) in the future, given water demands by an expanding population and intense competition for water resources, as well as climate change. Here, several strategies for improvement of water use efficiency and productivity in irrigated alfalfa forage systems are considered.

Table 1. Alfalfa Hay & Alfalfa Forage (hay+silage+greenchop) production of different regions of the US. Yields expressed on hay equivalent basis (13%DM). Data from 2012 USDA Agricultural Ag. Census.

Region	Alfalfa Hay	Alfalfa Forage (Hay+Silage+Greenchop)	Alfalfa Forage (% of US)
	tons per year	tons per year	%
MidWest	18,498,320	21,525,155	39.4%
Northeast	2,224,016	3,501,677	6.4%
South	3,134,823	3,286,645	6.0%
West	25,612,012	26,254,223	48.1%
Total US	**49,469,171**	**54,567,699**	**100%**

HOW MUCH WATER DOES ALFALFA REQUIRE?

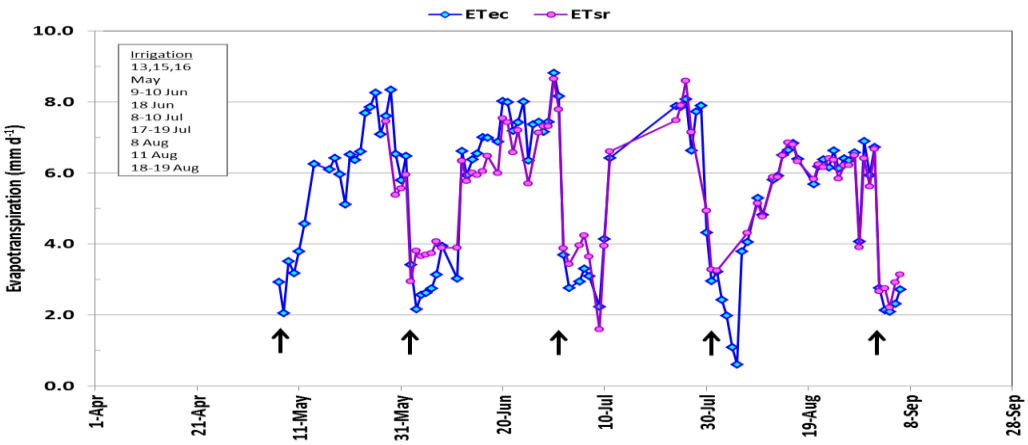


Figure 1. Evapotranspiration (ET) of a sprinkler-irrigated alfalfa field as measured by Eddy Covariance (ETec) and Surface Renewal systems (ETsr), Davis, CA, 2014. Vertical arrows indicate harvests. (R. Snyder, A. Montazar, D. Zaccaria, D. Putnam, unpublished data).

The first step for improving water use efficiency is to understand the true water requirements for that crop. Water Use Efficiency (WUE) is typically defined as the productivity of the crop (measured as dry matter or economic return) per unit of water utilized (or applied). Alfalfa is a herbaceous crop with rapid growth characteristics, and its yield is directly linearly related to Evapotranspiration (ET). ETc is an estimation of the true use of water by a specific crop, which includes evaporative losses from soil, as well as transpired water through leaf tissue. Alfalfa production is basically a linear function of plant transpiration

and stomatal conduction which allows the plant to absorb CO_2, to build plant carbohydrates and plant biomass, and so understanding the true ETc is the first step to manage irrigation in alfalfa. ETc for a region is primarily a function of the temperature, solar radiation, humidity, length of season, and other factors such as wind and soil type, so seasonal demand is a function of the environment. In North America, the full water requirement (assuming no deficit irrigation) for alfalfa will range from about 2 Acre Feet per acre (6,000 m^3 per hectare) in short-season colder environments to nearly 6.5 acre feet/acre (19,000 m^3 per hectare) in long-season desert environments (such as Mexico or Arizona). Thus the requirement of alfalfa for water in a long-season desert environment will be much greater, whereas ET in a short-season northern environment will be lower. ETc is not necessarily equal to irrigation applied, since rainfall and residual soil moisture contribute to ETc.

Figure 2. Irrigated alfalfa is widely beneficial to wildlife, such as egrets, due to the presence of water, cover, and food.

Plant canopy also affects ET. The amount of water that alfalfa used, measured in the fieldover 5 cuttings,is shown in Figure 1. Note increases in ET when the crop grows to full canopy over a 28-30 day period, and declines during harvest, when only stubble remains.

POSITIVE FEATURES OF ALFALFA WITH REGARDS TO WATER

There are some important but not widely-understood biological values of alfalfa with regards to water use in agriculture. These are:

- **High Water Use Efficiency (WUE).**Alfalfa has very high water use efficiency (WUE) as defined by unit of economic dry matter production per unit water. This is primarily a function of high annual yield and Harvest Index (HI), or the percent of the dry matter of the crop which is harvested and utilized. Unlike many crops, of which only 10-50% of the above-ground biomass is harvested, 100% of the above ground biomass of alfalfa is harvested and yields are high, so WUE is high.
- **Deep-Roots and Perennial Characteristics Enable Alfalfa To Be An Efficient User Of Residual Rainfall And Subsurface Moisture.** After establishment, perennial crops generally do not require much irrigation to begin growing and establish a plant canopy– this enables early season yields with little or no irrigation. Alfalfa roots are typically 3-6 feet (1-2 m) in depth, and it is more difficult to irrigate past the root zone than with annual crops.

- **Positive Impacts on Water Quality.** Alfalfa fields essentially act as a 'filter crop' in cleaning up particulates from agricultural fields, and takes up nitrate from polluted waters. Tail water from alfalfa fields contains lower particulate levels compared with source water when initial levels are high (Long et al., 2002), Alfalfa fields can absorb nitrates from soil water, mitigating nitrate pollution of high N-containing waters such as manures or municipal wastes (Nebeker, 2001).
- **Value of Alfalfa Water to Wildlife.** Migratory water birds and raptors (e.g. Swainson's Hawk) especially benefit from alfalfa habitats (Hartman and Kyle, 2010). Surface irrigation in particular is beneficial for many species of birds, insects, and predators (Putnam, 2011, Figure 2).
- **Ability to be Deficit Irrigated**. In drought years, alfalfa can be only partially irrigated to produce a high percentage of annual yields. Yields are typically reduced, but the alfalfa can be temporarily deficit irrigated, and most of the time will recover and to produce normally when re-watered (Ottman, 2011). Thus, with only 50% of the water applied, often 60-75% of full production can be accomplished. This enables economic decisions to be made to move water to a different crop or use without completely destroying forage crop production or long-term production in a region or on a farm (Hanson et al., 2009).

In spite of these advantages, there is a strong need to envision much more efficient and water efficient irrigated alfalfa forage systems for the future. Several approaches are suggested here, some of which are short term, and some long term.

I. PLANT STRATEGIES TO IMPROVE ALFALFA WATER USE EFFCIEINCY

One of the most important strategies for the improvement of water management in alfalfa is to increase yields. Water Use Efficiency (WUE) is dry matter production divided by the amount of water used, so increasing alfalfa yield improves WUE as does decreasing the amount of water used. This is a concept which is frequently missed by water policy professionals and irrigation engineers.

The genetic yield potential of alfalfa in some long-season environments is likely currently at least in the 12-16 tons/acre range(27 to 36 Mg/ha). We have routinely recorded these yields on UC Experiment Stations and in Arizona trials in favorable environments. However, average on-farm yields are closer to ½ this amount or 5.0-8.5 tons/acre (11 to 19 Mg/ha) reported from farmer's fieldsfrom the highest yielding US states, Arizona and California. Although the yield potential is lower in other regions due to season length, cold or other factors, there is little doubt that alfalfa yields can be much higher than commonly recorded. Reducing the gap between potential yields and average yields could result in dramatic increases in WUE. Mechanisms for increases in yields may be genetic or changes in agronomic practices, of which agronomic practices are likely to bemore important. Better irrigation management is one of the key agronomic practices to increase yields.

Variety Improvement. Improved varieties are a key aspect of improved WUE, largely due to higher yields. Over the past 35 years of UC variety trials, the average impact of variety on yield has been approximately 30% of the mean value (Putnam, et al., 2010). There are also innovative genetic strategies for improvement of alfalfa in the future, including biotech solutions and traditional plant breeding, which could contribute to higher WUE. These may include:

- **De-linking the negative relationship of yield and quality.**Growers frequently harvest early for improved quality to meet the demands of dairy nutritionists. However, cutting at the vegetative stage often reduces yields by 0.5-2tons/acre (1 to 4.5 Mg/ha). Genes such as the low-lignin trait or delayed flowering genes may contribute to better quality at longer harvest schedules, combining higher quality with higher yields. Unscrambling the yield-quality tradeoff in alfalfa (producing high quality at maximum yield harvest schedules) would significantly contribute to higher WUE by improving yield without loss of quality, with little or no increase in water applications.
- **Stand Persistence-Resistance to Winterkill, Traffic, Stand Loss.** Low alfalfa yields frequently occur during the last years of a stand. Stand persistence is a complex trait, and may include tolerance to flooding and disease, resistance to winterkill, and ability to withstand frequent field traffic, and tolerance of heat stress. Stands that last longer with little loss in stand density during a 3-8 year period will improve WUE.
- **Root Characteristics.** The ability of roots to extract moisture from deeper in the profile would enable alfalfa to sustain yields under water limiting conditions. Perhaps branching patterns and the ability to generate and re-generate fine root hairs for full exploration of the soil profile may be important. Improvement in crown characteristics (the top of the root where multiple buds for regrowth are located) may also be important, along with roots that resist nematodes and diseases.
- **Stress And Salinity ToleranceAnd Ability To Be Deficit Irrigated.**The ability of alfalfa to sustain temporary droughts without stand loss should be amenable to selection pressure, or perhaps through genetic engineering. Alfalfa already has this characteristic to a considerable degree (Putnam et al., 2014). Since alfalfa must be frequently harvested, periodic droughts are typically unavoidable (during a 10-17 day period), depending upon system, and often limit full expression of yield potential. The ability of a crop to be deficit irrigated for weeks or months, and re-watered to full yield potential is an important characteristic and a method of dealing with future droughts. Similarly, the ability to use degraded water sources (manures, saline wastewaters) is an important strategy to preserve fresh water for other uses.

Agronomic Management Factors to Improve Yield. There are a wide range of management factors that can increase yields. The first of these is excellent stand establishment procedures, but also weed management, harvest management, insect control, and soil fertility.Although these are not discussed extensively here, in general, management factors are more important than genetic factors in limiting (or

increasing) yields on farms. Any soil limitation (phosphorus and potassium and sulfur are the most common, along with soil pH) can reduce WUE and should be corrected.

One of the important points is irrigation management itself. Applications ofmorewater may be necessary to improve yields in some situations and thereby improve water use efficiency. Irrigation has such a profound effect on yield that better water management (possibly even more water applied per acre) may be necessary to improve overall WUE, since yields are increased.

Control of Traffic. One technique worth mentioning is the utilization of GPS technology to control wheel traffic in alfalfa. It has been found that yield losses of at least 25% are observed with only 2 trips across the field (Putnam, unpublished data). Compaction also has a large effect on soil water infiltration as well, and thus on the ability to water deeply in the profile and to maintain stand life. This could be an innovated way to improve WUE in alfalfa due to both improved infiltration, and higher yields due to less plant damage.

II. CHANGE IN IRRIGATION TECHNOLOGY TO IMPROVE WUE

Improvement or wholesale changein irrigation systems (water delivery systems on farm fields) is an important strategy to improve WUE in alfalfa. This is especially true of some border-strip-flood systems, some of which may have been in place for decades without improvement. However, it is also true of sprinkler irrigation systems which can go unexamined for decades without improvement. Improving irrigation delivery systems on an area basis is a key strategy for improvement of alfalfa water-use efficiency.

What's the Best Irrigation System?The principle behind ideal irrigation delivery system is to provide the crop with water to meet the crop ET at a time that the crop needs it, and to provide water uniformly across a field. The best irrigation system for alfalfa is one that:

- Maximizes Distribution Uniformity (DU), approaching 100%, so that every cm^2 of soil gets the same amount.
- Allows operators to very closely match applied water with the seasonal crop ET demand.
- Can fully fill the soil profile with moisture for crop growth.
- Minimizes water losses below the root zone, off-site surface runoff, and evaporation.
- Minimizes energy requirements.
- Requires less labor.
- Maintains sufficient oxygen in root zone (not excessive saturation).
- Is able to adjust for the requirements of frequent harvests (drying periods).
- Does not worsen pest problems (particularly rodents, weeds, nematodes and diseases).
- Can help manage salts.
- Is inexpensive - minimizes cost.

It should be immediately obvious that not all systems will fully meet all of these conditions, but each has advantages and disadvantages and strengths for each criterion. Choice of the best irrigation system for an individual farm must be carefully analyzed using water supply, soil, logistical and economic criteria.

Irrigation systems appropriate for alfalfa include **surface systems** (border-strip, dead level basin, and bedded furrow), **sprinklers** (solid set, movable pipe, wheel lines, center pivots and linear systems), and **drip irrigation** (Subsurface drip or SDI). Surface drip or microsprinklers are not appropriate for alfalfa given the frequent harvest periods. Each of these can be improved; each holds innate advantages and disadvantages for water management (Table 3).

Surface Systems – Border-Strip, Bedded, and Dead-level basin Irrigation.

Description: Laser or GPS-leveled fields with alfalfa planted on the flat, utilizing 30'-100' (10m to 30 m) wide levies (check flood) to guide the water, utilizing 'checks from 500 through ½ mile runs (Figure 3). 'Bedded' alfalfa involves furrow-irrigated beds which are sub-irrigated, similar to tomato or cotton beds (Figure 4). Dead level basins are smaller flooded basins (e.g. 200' x 500' or 60 x 150 m) that can be filled quickly (Figure 5).

Where it is most appropriate: These surface systems are appropriate where high flow rates are feasible (e.g. surface water sources), the soils have excellent water-holding capacity and moderate infiltration rates (e.g. medium to heavy textured soils), good internal drainage, but with little risk of irrigating past the root zone. These are not as appropriate for lighter soils, highly variable soils, or very poorly drained soils, or for areas with scarce water, or low flow rates.

Key Advantages: The majoradvantage of this system is the low cost, which is usually lower than pressurized systems, since no pumps or pressurized systems are required –it's a gravity fed system. Less purchased hardware is required, but careful land leveling or field design is required. The low energy requirement of surface irrigated systems is a major advantage in reducing energy demand of agriculture. Additionally, flood-type systems, if properly designed, can move water to deeper in the profile than sprinklers, depending upon soil type. Thiswatercan then be used by the crop during harvest or short-term droughtfor deep-rooted alfalfa crops. Distribution uniformity for bedded alfalfa and dead-level basin can be excellent, depending upon soil type. Rodents (gophers) aremanaged through frequent flooding of burrows. Bedded alfalfa configurations have advantage isolating traffic only in the furrows, and allowing water

Figure 3. Check flood irrigation is typically designed with 0.1-0.2% laser-levelled slopes with small levies from 8 m to 30 meters apart that allow water to move across the field. Substantial quantities are required to 'push' water down the field. ***KeyOpportunities for improvement*** are shorter runs, better land-levelling, and automated surface water delivery using sensors and automatic gates.

drainage off of alfalfa crowns, both of which benefit plant growth.Surface irrigations are highly beneficial to wildlife. When used on the right soil type, dead level basins can have very high distribution uniformity and prevent off-site water movement.

*Key Disadvantages:*Distribution uniformity is typically less than well-designed pivot or drip systems, and requires high quantities of water just to move the water down the field.Stand loss and waterlogging are frequent problems in the tail-ends of alfalfa fields with flood irrigation. Lack of oxygen in the root zone during and following irrigation events often damages plants, resulting in scald (death of plants) during hot weather. On sandy soils or variable soils, water loss below the root zone can be very high.Check flood requires significant initial land leveling before planting, and ditch maintenance throughout production and significant labor for irrigation. Off-site movement of tailwater from surface systems can contain pollutants – a major problem in some areas. In poorly-designed surface irrigation systems (lack of land leveling, long runs, poor tail end design), distribution uniformity can be poor. Surface systems often result in more water stress during harvest periods, since small amounts cannot be applieddue to the need for drying the fields for harvest. Evaporative losses in surface systems are greater than buried drip, but less than sprinkler systems. Labor costs of gravity-fed systems are greater than center pivot or drip systems, due to the opening and closing of gates, placement of siphons, maintenance of ditches.

*Key Opportunities for Improvement:*Tailwater

Figure 4. ‘Bedded’ alfalfa involves sowing the crop on top of small beds from 40 cm to 100 cm apart. Ditches move water off the crop and down the field, appropriate for very heavy clay soils. ***Opportunities for improvement:*** shorter runs, automated delivery systems, equipment modification to avoid wheel traffic.

Figure 5. Dead level basins are not common in alfalfa but can be very high in distribution uniformity. Requires small fields, very high flow rates and good internal drainage.***Opportunities for Improvement:*** Laser levelling, high delivery rates, subsurface tile drains.

return systems, automation of delivery,improved flow rate, analysis of cutoff time, and improvement in field design could result in significantly greater WUE with surface systems (Bali et al., 2014). The goal is to reduce deep percolation (a major problem with light soils and even some heavy soils)-toreduce, eliminate, or recycle surface runoff, and to improve Distribution Uniformity (DU). Low DU is a major limitation of many check flood systems, as well as tailwater runoff (Sanden et al, 2011). Automation (automatic off- and on- mechanisms) would be highly beneficial since human error is one of the key problems with optimization of this system (K. Bali, pers. Comm.), and would reduce labor costs. Better tail-end designs and field designs to recycle, allow drainage, and contain surface runoff is needed. Shorter runs and better land leveling, often improve uniformity greatly, and holding ponds which return water to the same or neighboring field may be helpful in conserving runoff.Soil moisture monitoring to assist in scheduling irrigation would be highly beneficial to detect when fields are under- or over-irrigated(Sanden et al., 2003). The use of controlled traffic using GPS would be useful to improve infiltration and increase yields. Ultimately, electronic monitoring with soil moisture sensors, fully- or partially- automated systems could be envisioned for surface systems.

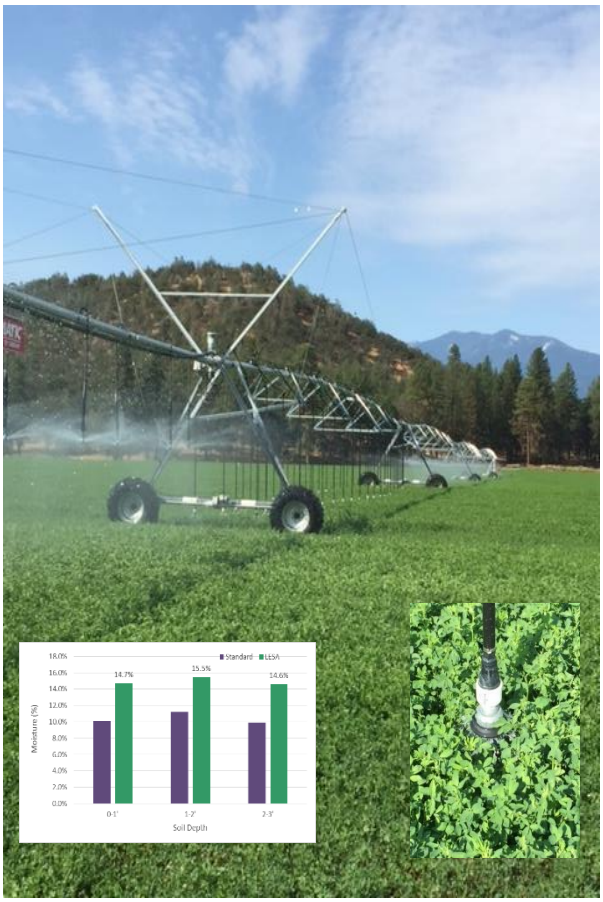


Figure 6. Center Pivots are a very common and effective method of irrigation delivery to fields and appropriate for regions with limited water and less land limitation. ***Key opportunities for improvement***: better nozzle designs and closer spacing to improve distribution uniformity, reduce evaporation losses. Drop nozzles like this LESA system deliver water much closer to the soil (center of photo and inset), and improve moisture in this experiment in California (Steve Orloff, Univ. of California, data & photo).

Sprinkler Systems (Center Pivot, Linear, Wheel line, Moveable Pipe, Solid Set).

Description: There are a range of sprinkler systems that are available and appropriate for use in alfalfa, ranging from aluminum or PVC hand-lines, to solid set (buried pipe with risers), to linear and pivot (Figure 6) overhead systems (Table 2).

Where it is most appropriate: Sprinklers have the best fit where soils cannot be sufficiently leveled for surface irrigation, where soil texture is light (sandy or sandy loams), where water is pumped and pressurized

anyway, and where water quantities are limited.

Center pivots are often the sprinkler of choice in larger fields where land is not as limiting (Figure 6). Linear moves are appropriate for higher land-value areas and for rectangular fields. Moveable hand lines, solid set or wheel lines are appropriate for smaller fields.Some overhead systems, pivots and linear systems, have major labor-saving advantages compared with other sprinkler systems.

Advantages: Pivot and linear systems have some of the greatest opportunities for high distribution uniformity (Neibling et al., 2009) – hand lines and wheel lines are more limited in DU due to the design and amount of time needed for irrigation and moving sprinklers. One of the most important values of sprinklers is the ability to apply small amounts of water when needed uniformly, and ability to control subsurface losses, salts, and surface runoff. This enables irrigation close to the time of harvest, reducing the temporary deficits that are common in check flood systems.Sprinklers are likely the best system for stand establishment of small seedlings (even if other systems are used later), since crusts can be softened and shallow irrigation (1” to 6” or 2 to 15 cm) is feasible. Only minor land leveling is required with sprinklers, and pivots enable no-till establishment systems. No excess water at ends of fields in well-tuned systems.Many sprinkler systems (not all) have good capabilities of delivery of fertilizer elements (fertigation), improving fertilizer use efficiency.

*Disadvantages:*Significant capital costs. Sprinkler systems require pressure and energy (electric or fossil fuel) to run – therefore in addition to the substantial investment, ongoing energy costs.Loss of corner production (up to 21% of land area) with pivots is a disadvantage especially when land is expensive. Linear systems and wheel lines have the disadvantage of the need to move back to the beginning for a subsequent irrigation, or alternatively to schedule irrigations non-uniformly (pivots don’t have this problem). Runoff can be a problem on some soils with sprinklers if large amounts are applied, but amenable to management. Tracking of linear systems, and rutting on pivots is a management problem. Gophers and other vertebrate pests are a large issue with sprinkler systems, and an advantage for flood systems. Evaporative losses can be large with all sprinklers, depending upon nozzle design, wind and weather, but drop nozzles, LEPA technology can assist. Labor costs are significant for field-level sprinklers (wheel line, solid set, hand move), but generally lower for pivot and linear systems than for surface systems.

Key opportunities for Improvement: Nozzle technology continues to make progress, with low pressure type sprinkler heads and other delivery systems reducing evaporative losses and improving DU. Pump technology also is conducive to improvement in energy demand. Also, some of the best opportunities for automation is provided by sprinklers linked to monitoring systems (soil or crop or ET), or links with GPS site-specific applications. Since pivots are a well-developed system and generally work well, growers often ignore monitoring of distribution uniformity, nozzle problems, and soil moisture to assure that irrigation schedules are correct. Thus some of the major opportunities for improvements in sprinkler systems have to do with their management by growers and better management of irrigation schedules. Prevention of muddy wheel ruts is important. Wheel lines, movable pipe, and solid set systems have similarly been around a long

time, and careful analysis of nozzle patterns, spacing, flow rates, leaks, and other maintenance would go a long way towards improving these systems.Strategies for edge-of field (corner) production using drip, sprinklers, or other methods are important.

Subsurface Drip Irrigation (SDI).

*Description.*Subsurface Drip Irrigation (SDI) is not widely used, but growers are showing interest in this technology due to the promise of higher yields. Drip lines with a lifetime of 6 to 12 years are placed subsurface 8 to 18” below the soil surface on 30’-40” centers, depending upon soil type (Figure 7). Requires pressurized system (pumps) as well as a filtering and filter maintenance system. Although highly familiar in orchard, vine, and specialty row crops (where SDI has major advantages), drip in alfalfa has not been as widely adapted as other systems. Alfalfa SDI fields would likely be rotated with another crop such as corn, wheat, cotton or tomatoover a 6-12 year period, leaving the system in place, so the return on investment would be optimized. Likelyless than 2% of the western alfalfa crop is currently drip irrigated. This system is still in development, but a number of growers have had success with this system.

Figure 7. Drip irrigated alfalfa field in Southern California. Water is delivered sub-surface to the roots directly, including fertilizers – yield increases of 20-30% have been observed vs. flood fields. Sometimes growth is different above the drip lines (corrugation, right). ***Key Opportunities for Improvement:*** Better rodent management, maintenance, filtering, optimization of drip spacing and scheduling for specific soils, crop rotation, reduced cost.

Where it is most appropriate: Drip irrigation has likely the best fit for farms with a high level of management, in regions with highly limited water supply, sandy soils where subsurface losses are great, and in areas with low gopher pest pressure. It has also been used successfully on clay loams and heavier soils.If yield advantages (evidenced by earlier research and grower experience) can be more broadly confirmed, it has wider applications on many soil types.

*Advantages.*Yield improvements are the major attraction (Putnam et al., 2014). The SDI system has near zero evaporative losses (unlike sprinkler and flood), and has some of the best Distribution Uniformity of any system. It offers the most flexibility of any system for application of water quantity to more precisely meet crop need, and excellent control of fertilizer applications. Water can be put onto field very quickly, irrigating the entire field, providing logistical advantages. Virtually any irrigation schedule can be accomplished (e.g. 4 hrs/day, 12 hrs/day, every other day, etc.), or 'spoon feeding' water and fertilizers to the crop to precisely meet demand. There is significant evidence for increased yields with SDI, which is likely due to the avoidance of periodic drought and ability to continually provide sufficient moisture for alfalfa. SDI completely solves off-site movement of pesticides with irrigation water, benefitting water quality. Growers have reported up to 50% water savings, but the ability of SDI to save water is currently under debate. Significant water savings are likely on lighter soil types, compared with less efficient systems. Fertigation or more precise fertilizer applications are feasible and easy to accomplish. In a well-tuned and designed system, irrigation costs of labor will be significantly less than other systems. Weed pressure is likely to be less due to dry surfaces which discourages weed germination. Alfalfa stands may last longer due to lack of standing water on the crop.

*Disadvantages.*Initial Capital Cost and annual maintenance costs are likely the major disadvantages of this system, and are not trivial. Rodent management (gophers primarily) has proved to be a very significant issue, since alfalfa provides a terrific habitat for gophers – they have source of food, a stable dry burrow system, and water from buried drip systems. Root intrusion may also occur, but hasn't been a big problem with alfalfa. Some of the labor savings for irrigation management may be taken up with gopher monitoring systems, and labor expenditure for maintenance of leaks. Similar to other pressurized systems, SDI requires energy to manage – unlike check flood systems. Filtration of water can be an issue when utilizing water with high suspended solids, pH problems, or other limitations. Conversion of check flood or sprinklers to SDI may result in less wildlife habitat.

Key Opportunities for improvement. Since this method has not been widely adapted, there are a range of opportunities for improvement of this system as applied to alfalfa. There are opportunities for water savings and higher yields compared with check flood irrigation with use of SDI, particularly in desert environments with sandy soils, high heat and wind. Higher yields may be key to adaption, since the cost of the system is not insignificant – higher yields are likely a requirement for adaptation. Substantial yield advantages have been widely seen with tomato (Hartz and Hanson, 2009) and in experimental and

observational evidence with alfalfa (Hutmacher, 2001) and with growers (Putnam, 2014), across many types of soils.Innovative rodent management techniques using IPM and other approaches are absolutely required to make this system viable. This is probably one of the major challenges in addition to the cost. Techniques to

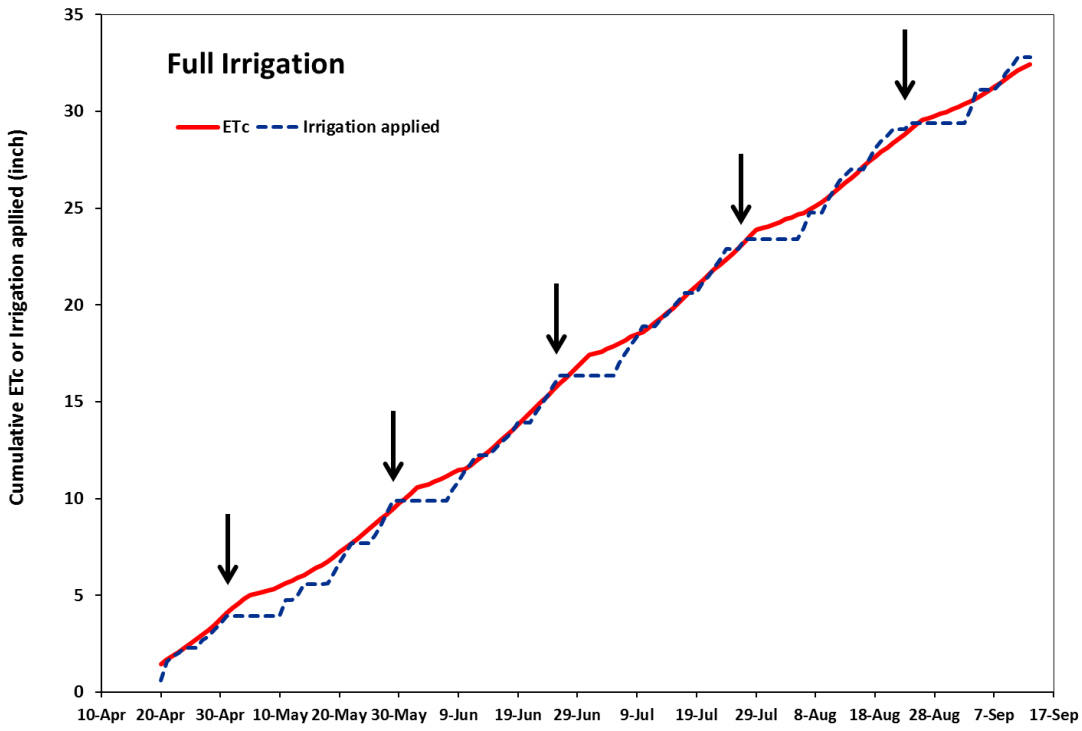


Figure 8. Irrigation monitoring to match ET in a drip-irrigated field in Davis, CA during the growing season (2015). Vertical arrows indicate harvests. Note limitation on irrigation surrounding harvests. Irrigation scheduling is designed to match very closely the ETc of the Crop (see Figure 1), since ET accumulates each day and over the season. (data from A. Montazar, J. Radovich, and D. Putnam, UC Davis). ***Key opportunities for improvement:*** Farmers can monitor water applications to match daily and seasonal ET values. Very few farmers currently do this.

reduce cost of installation may be necessary. Further work on optimizing irrigation scheduling, configuration of the drip lines is needed to understand the full potential of this system in alfalfa. Developing viable crop rotation strategies with buried drip are important for the long-term viability of this system.

III. BETTER IRRIGATION SCHEDULING AND MANAGEMENT SYSTEMS

One of the best ways to improve WUE in alfalfa is to improve the management of water (irrigation timings and amounts) utilizing current systems. There is little doubt that ALL irrigation systems can be improved by better water management. This primarily consists of 1) determining the best **timing** of irrigation, and 2) Correctly determining the **amount** to be applied. The principle of irrigation scheduling and better management is to match as closely as possible applications of irrigation water and rainfall with

crop water need (see ETc Figure 1).

ET Monitoring. It is striking that the ET is not routinely followed by many farmers, and soils are rarely tested to see where the water ends up (e.g. how deep and how uniform). Many growers don't know if they are applying too little water, too much water, or whether their timing is correct. 'Real-time' ET values (Figure 1) are useful for determination of how much water a crop needs at that point in time. ET data is typically published by agencies – but even using long-term average ET values would be helpful as a start. Each day, the crop uses a given amount of water (for example, 0.25" or 6.35 mm per day water use). Over 28 days, then a farmer would need to apply 7" or 178 mm of water at a minimum (more to make up for field losses and evaporation from sprinklers). This is illustrated in Figure 8, which shows irrigation of a drip irrigated field to match the ET values. A grower can very quickly see whether enough water has been applied to meet the ET of the crop, or whether they are 'behind' in applying irrigation water. Note that in alfalfa, a 14-17 'drought' is induced every month or so, due to the requirement to dry the crop down for harvest, and this water must be made up by irrigating more just after a harvest.

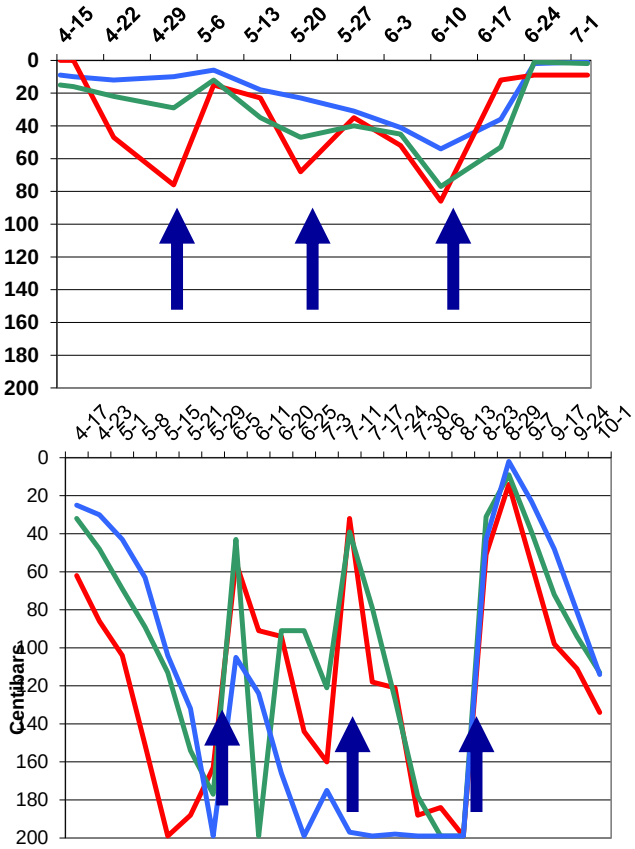


Figure 8. Soil Moisture monitoring can greatly assist in determining success of irrigation management. This data is from soil moisture monitors placed at 3 depths (30 cm red, 60 cm green, 120 cm blue). The higher number (centibars) indicates dryer soil. Vertical arrows indicate irrigations. The top graph represents a properly irrigated field, the bottom graph, the soil has dried out too much between irrigations. ***Key Opportunities for Improvement:*** Install moisture sensors at different depths to 'ground truth' water application levels.

Soil Moisture Monitoring. Additionally, monitoring of soil moisture status or plant stress is not often done, and would be highly beneficial (Sanden et al., 2003). Better irrigation management systems (scheduling, monitoring, remote sensing) would be very helpful in maximizing the water use efficiency of alfalfa. This is true using any of the irrigation technologies listed above, whether surface, sprinkler or drip. These technologies assist in improving delivery, but timing and amounts of water applied are under

management controls.

On-line, easily accessible use-friendly irrigation and water management tools may be beneficial to improve management systems for alfalfa. There are known principles and technologies for better irrigation management – but the applications have not been widely accomplished for this crop. It may be truthfully said that the relatively low investment in research or implementation of water use improvements in alfalfa (either by USDA, water agencies, universities, companies or industry) has been a limiting factor in moving forward on improvements in water use efficiency with alfalfa.

IV. DEALING WITH DROUGHT AND DEFICIT IRRIGATION

As mentioned above, alfalfa has a unique ability to be 'deficit irrigated' – that is, in many situations when water supplies are short, alfalfa can be 'dried down' and still survive to come back and yield normally the following year. In most cases, alfalfa offers more flexibility when water is short than other crops. It is the combination of deep roots, ability to utilize rainfall early in the year, high water use efficiency, salinity tolerance, and ability to give partial yields with half or less of the irrigation water that makes alfalfa particularly valuable in a drought. UC work done over the past 20 years has confirmed the ability for growers to stop alfalfa irrigations in mid-summer, allow the crop to dry down, and re-water successfully later when irrigation water becomes available. This generally cannot be done with many other crop species. This flexibility is an important role of alfalfa in cropping systems during water-short periods.

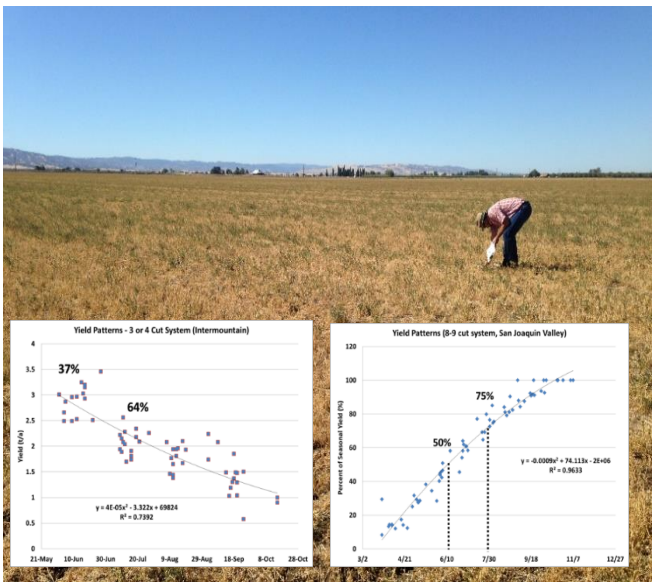


Figure 9. Solano County, California field which was completely dried up during the 2014 drought, becoming 'summer dormant'. This field was re-irrigated later, and yielded normally. Yield patterns show a high percentage of alfalfa yields can be attained by mid-summer (data from UC variety trials for 3-4 cut system or 8-9 cut system, multiple years). ***Key Opportunities for Improvement:*** When water is short, it's better to irrigate fully until mid-summer, then cut off water completely. Improved varieties may sustain lengthy droughts and have better root systems to attain subsoil moisture. Note: survival is highly dependent upon soil type and environment.

The best strategy for irrigating alfalfa when water supplies are insufficient is to fully irrigate the early-season cuttings and then cease irrigation partway through the season. This approach is often referred to as

partial-season irrigation, early irrigation cutoff or summer dry-down. There are several advantages to this tactic. Spring and early summer cuttings are typically the highest yielding. Depending on the production area, approximately 2/3 to 3/4 of the total annual production occurs by mid-July (Figure 9). And, some alfalfa growth continues even after irrigation water is withdrawn, utilizing stored soil moisture. Because yields are typically higher in spring and the ET rate is less than the summer, the water use efficiency (yield per unit of water) is greater in spring than in mid-summer or fall (Figure 6). In addition, spring growth can utilize stored soil moisture from winter and spring rains further augmenting the amount of alfalfa yield per unit of applied irrigation water.

Conclusions

There is no question that the alfalfa industry needs to envision improvements in irrigation management and WUE for a water-scarce future. These long term strategies include 1) improving yields through genetic and crop management methodologies, 2) Changing irrigation delivery technology where appropriate, and 3) Improving water management monitoring systems to more closely estimate and match crop water demand with applied water.

Key opportunities to improve water use efficiency in alfalfa:

- **Improve Yields through Genetic Innovation**
- **Improve Yields through Agronomic Practices**
- **Improve Yields through Irrigation Management**
- **Shift irrigation techniques to more precise methods:**
  - **Well-designed surface systems**
  - **Precise pivot systems with good controls and nozzling systems**
  - **Subsurface Drip Irrigation**

Table 2. Advantages and disadvantages of different irrigation application systems as applied to alfalfa.

System	Advantages	Disadvantages
Surface- Check Flood Irrigation	Ability to deliver larger quantities in a short time. Low cost. Good fit with heavier soils with good internal drainage. Ability to irrigate deeply and fill soil profile. Controls gophers. Excellent ability to flush salts. Very low energy requirement. Wildlife benefit.	Must have large water supplies. Inability to finesse small amounts of water applications – since water is required to move down the field. Often poor distribution uniformity. Tail water accumulation and damage to crop is common. Labor requirement is high. Diseases on very heavy soils. Scald risk during high temperatures. High subsurface losses on sandy soils.

Surface-'Bedded' Alfalfa	Distribution can be better than check flood. Ability to move water effectively down the field – protection of alfalfa crowns from excess flood water by draining into ditches. Keeps wheel traffic completely off crowns. Avoidance of disease and scald.Low energy requirement.	Off-site tail water runoff. Erosion from ditches. Salt movements onto bed centers. Beds may interfere with harvests. Often requires modification of equipment to adjust to bed dimensions.High subsurface losses on sandy soils.
Surface-Dead Level Basin	Superior Distribution Uniformity. Ability to deliver water deep into soil profile. Flood system flushes salts. Control of rodents.	Requires smaller basins and fields. Requires very large head of water during irrigation to rapidly fill basins. Scald risk during high temperatures. High subsurface losses on sandy soils.
Sprinkler-Center Pivot Irrigation Systems	Excellent Distribution Uniformity with good nozzles. Low maintenance and labor. Ability to apply small amounts of water to meet crop needs. High flexibility of scheduling. Fertigation practical. Can manipulate salts. Ability to automate and operate remotely.	Capital cost. Energy requirements due to pumping needs. Evaporative losses can be substantial. Gopher management. Loss of productivity in corner areas (21.5% of square field). Wheels create ruts.
Sprinkler- Linear Overhead Systems	Good fit with high-value square fields (unlike pivots). Excellent Distribution Uniformity. Low labor requirement. Does not loose productivity in corners. Fertigation practical. Ability to automate.	Capital cost. Maintenance of system is more challenging than pivots – requires water delivery system (ditch or hoses). Energy requirements due to pumping needs. Evaporative losses can be substantial. Gopher management a problem. Back-and-forth pattern creates challenges for distribution and timing, unlike pivots.
Sprinkler-Wheel Lines	Inexpensive system. Wheels assist in movement of pipes. Can be used on smaller fields, unlike pivots. Good for smaller, square fields. Can be moved from field to field.	Distribution uniformity not always ideal, depending upon configuration and nozzling. Labor intensive. Back-and-forth pattern creates challenges for distribution and timing. Gopher management. Evaporative losses can be substantial.
Sprinkler-Solid Set/	Robust system when installed as permanent system. Less labor than moveable pipe or wheel lines, but not as labor-saving as pivots. 'In place' system.	Interference with harvesting and tillage operations. Cost. Expensive to install buried pipe Distribution uniformity not always ideal, depending upon configuration. Evaporative losses can be substantial. Labor costs.
Sprinkler-Moveable Pipe	Low capital cost, high flexibility system-can use pipes on other fields/crops. Excellent for stand establishment.	Very high labor requirement. Distribution uniformity not always ideal, depending upon configuration. Interference with harvest scheduling.
Drip-Subsurface Drip Irrigation (SDI)	Higher yields due to timing and Distribution Uniformity (DU) and lack of soil drying. Excellent DU. Ability to fertigate. Ability to apply small amounts of water to meet crop needs and finesse irrigation schedule. Oxygen availability in root zone. Low labor requirement for irrigation. Crop rotation with row crops such as tomato, sunflower, cotton feasible. Low weed pressure due to dry surface. Longer stand longevity.	High cost. Maintenance of system, particularly gopher management and leaks. May require periodic alternative irrigation techniques (e.g. sprinklers or flood) to manage salts and gophers. Requires continued water supply-may be a limitation when water is delivered only periodically. Water quality may be a limitation due to filtering requirements.

Alborea: A New Cultigen Developed from Hybrids of Alfalfa X Medicago arborea

Edwin T. Bingham[1], John A.G. Irwin[2]

(1. Emeritus Professor Agronomy, Univ. Wisconsin-Madison, WI, USA；

2. Emeritus Professor, School of Agriculture and Food Science, University of Queensland, St. Lucia, Australia)

Abstract

Alfalfa, Medicago sativa, and M. arborea are autotetraploids (2n=4x=32) assumed reproductively isolated until 2003. Then, an alfalfa genotype was identified in Wisconsin that produced a few seeds and progeny with hybrid traits after a large number of pollinations by M. arborea. At the same time in Australia, a derivative of this alfalfa genotype also produced a low frequency of progeny with hybrid traits. Thus, the hybridization barrier was weakened by selection of parents. Hybrids from both events expressed traits from M. arborea, and M. arborea-specific DNA bands. More of the M. sativa genome was retained, based on the DNA results; nonetheless, there was considerable genetic transfer from M. arborea. To date, more than 35 hybrids with an array of M. arborea traits have been obtained. Traits have been genetically transmitted in crosses with alfalfa, and hybrids have been crossed with each other to pyramid selected M. arborea traits. The latter material needed an identifying name for ease of recording and reporting. Alfalfa and M. arborea were abbreviated and combined for the name Alborea. The characteristics of Alborea, and its anticipated uses will be described.

Introduction

Medicago sativa (L.) alfalfa or lucerne, is an important forage grown around the world. M. arborea is a woody shrub native to the islands and areas around the Mediterranean Sea that has been used as a browse plant since Greek and Roman times. M. arborea has many traits of potential use in alfalfa breeding. It can grow to a height of 4 meters, it is remarkably drought resistant, and it is the longest-lived Medicago species. M. arborea also has large seeds, disease resistance, and morphological traits that may be useful in restructuring alfalfa. Also, frost resistance has been observed in Wisconsin, with plants remaining green down to minus 8-10 C, before they need to be moved to greenhouse. This was unexpected, but has been observed each year for 15 years.

Wisconsin has had an interest in the potential usefulness of M. arborea traits for over 40 years (2). Crosses of alfalfa and M. arborea were made in 1970 and 1985, but, no hybrids were obtained. Then, in 1998, a new program began screening for alfalfa genotypes that supported degrees of embryo development after hand crossing with M. arborea pollen. Eventually, an alfalfa genotype that produced progeny with hybrid

traits was identified in 2003 (2). Seed from this alfalfa was sent to Australia where the hybridization was repeated (1). Recently, anthracnose resistance was transferred from M. arborea to alfalfa (1), and alfalfa X M. arborea derivatives have been used in alfalfa breeding (4,5,6). Also, traits such as large seed, robust growth, and traits of special interest are being backcrossed into alfalfa (2).

Alborea lines have been developed by intercrossing hybrids to pyramid M. arborea traits in specialized lines identified by a suffix. Thus, Alborea-YS stands for yellow-flowered synthetic; Alborea-P/V indicates purple/variegated flower color. Other specialized lines include large seed, arborea leaf, winter active, and various morphological traits.

Materials and Methods

Plant genotypes used to obtain hybrids: In both Wisconsin and Queensland, male sterile alfalfa genotypes were used as seed parents to maximize the pollen parent contribution, and to minimize the amount of self seed and number of progeny to be screened. Between 1998 and 2003 no alfalfa male sterile was found that supported hybrid seed production (3). Then, in 2003, alfalfa clone MBms produced the first hybrids with M. arborea. Clone MBms is a selection from a cross of a male sterile plant from cultivar 'Magnum III' and a normal plant from 'Blaser XL'. It behaves as a cytoplasmic male sterile (3).

In 2004, a second male sterile clone M8 was identified in Wisconsin that supported hybrid seed production. This clone has a complex pedigree involving subspecies of M. sativa, and is described elsewhere (3).

In Queensland, two cytoplasmic male sterile genotypes with MBms cytoplasm, were used. WA2071 is a selection from the cross of MBms x (Blaser XL, clone P), generated in Madison, and sent as seed to Brisbane (1). Clone WA2625 was generated in Wisconsin from the cross (MBms x Peruvian) x Sequel. Both the Peruvian and Sequel clones used as males are non-dormant. M. arborea plants used in Wisconsin and Queenland, were similar in pollen production, and are described elsewhere (3). Crossing procedures and plant growth conditions were similar to those commonly used in alfalfa breeding, and are also described elsewhere (3).

Hybrids used to develop Alborea lines: About half of the hybrids produce sufficient pollen to make hybrid X hybrid crosses. The first ten hybrids produced in Wisconsin were used in partial diallel crosses with the best pollen producers as pollen parents. These single cross products, named Alborea lines, were selected for flower color and other traits, and advanced by crossing with each other, or backcrossing to a particular hybrid to concentrate a trait. As new hybrids were produced annually, they were added to the Alborea program. The hybrids produced in Wisconsin have not been intercrossed with Australian hybrids, but likely will be as breeding progresses. Thus, development of Alborea lines is an ongoing program, with new hybrids still to be included.

Description of Alborea and Discussion

Alborea YS will be described because it has yellow flowers, and other M. arborea traits. And, it is

available to collaborators. Other Alborea lines are similar except for their specialized traits.

Fertility: Selection for pollen and seed production has been very effective and still ongoing. At this time, Alborea YS seed production ranges from 60-80% of alfalfa in hand crosses in the greenhouse. Continued increase in fertility is expected with selection. In the field with bee pollination (honey bees, leafcutter bees, bumble bees, etc,) seed production is about 60% of alfalfa, when Alborea is isolated, and there is no competition with flowering alfalfa. But, if blooming alfalfa is in the vicinity, seed production is low because all bees seem to prefer blue/purple alfalfa over yellow flowers. The preference problem is reduced in a mixed planting of Alborea and alfalfa, where seed production on Alborea is better. This permits crossing Alborea with alfalfa in the field, and recovering the larger Alborea seed by size.

Seeds: Seeds of Alborea are larger than seeds of alfalfa (ca 500 seeds per gram), and Alborea plants range from 250 s/g to ca 400 s/g, with average ca 300 s/g. Pods: Most plants have pods resembling the large flat pods of M. arborea with one to three coils.

Leaves: Interestingly, most Alborea plants have broad M. arborea-type leaflets near the base of the plant, and gradually change to the narrower obovate leaflet shape of alfalfa toward the apex. Also, M. arborea leaflets have minimal serrations, and Alborea is segregating for the degree of serrations.

Stems: Stem morphology is variable. Most plants have hollow stems in the first growth in the spring similar to alfalfa. However, a low percentage of plants have solid stems like M. arborea. Also, stems vary from stiff and upright like M. arborea, to succulent like alfalfa, although Alborea tends to be more upright than alfalfa. No selection has been done for stem type, fiber content, or digestibility; hence, these traits remain variable.

Roots: Alfalfa tends to have a tap root, and M. arborea roots tend to branch. No selection has been done on root type, and it remains variable.

Crown: Alfalfa has a well developed crown, although it is narrow in non-dormant types. M. arborea lacks a crown, although there is some bud development after cutting. Alborea varies from narrow alfalfa-type crowns to very little crown. Once again, no selection has been done.

Dormancy: On average, Alborea YS and other Alborea lines are intermediate between the dormancy of the alfalfa parents and the non-dormant M. arborea parents. There has probably been some natural selection for dormancy, but no direct selection, hence, lines are variable for dormancy. We have observed in Wisconsin that relatively fall active, non-dormant Alborea lines are more winter hardy than expected. This is a potentially valuable trait.

Frost Tolerance: M. arborea plants have remarkable frost tolerance, much to our surprise. Frost tolerance is segregating in all Alborea lines, and no selection has been done. Hence, frost tolerance is an interesting trait for future breeding programs. It could be useful for stockpiling feed for fall grazing.

Discussion

Alborea is a unique interspecific hybrid form of Medicago with several different uses.

1. Alborea as a cultivated crop per se, where specialized Alborea lines could be selected for environmental niches, or special uses.

2. As a gene donor in alfalfa breeding because it can be crossed with alfalfa, and backcrossed as necessary.

3. Production of hybrids of Alborea X alfalfa, grown together in seed production. Large hybrid seed from Alborea plants can be recovered by grading during seed cleaning. Both the large hybrid seed, and the alfalfa seed (also containing some hybrids) are commercial products.

4. A novel source of new variation for Alborea cultigens per se, and for use in alfalfa breeding. Alborea contains more variation than we have seen in alfalfa, and even more will be discovered when grown in new environments, and subjected to new screening techniques. Finally, new variation appears to be arising by recombination each generation, as expected for interspecific hybrids. The material is still at a “young stage”, so there is much to be discovered in the future.

References follow

References

1. Armour, D. J.; Mackie, J. M.; Musial, J. M.; Irwin, J. A. G. Transfer of anthracnose resistance and pod coiling traits from Medicago arborea to M. sativa by sexual reproduction. Theor. Appl. Genet. **2008,** 117, 149-156.

2. Bingham, E.T. Medicago arborea project at the University of Wisconsin, Madison. Medicago Genetic Reports, **2005,** Vol. 5, and several reports in Vol. 7, 9, 10, and 11, in subsequent years. www.medicago-reports.org

3. Bingham, Edwin; Armour; David; Irwin, John. The hybridization barrier between herbaceous Medicago sativa and woody M. arborea is weakened by selection of seed parents. Plants **2013,** 2(2), 343-353. Publ. on line June 2013.

4. Irwin, J. A. G.; Pepper, P. M.; Armour, D. J.; Mackie, J. M.; Lowe, K. F. Use of single cross hybrids to measure heterosis for yield in diverse lucerne genotypes growing in a subtropical environment. Australian Journal of Agricultural Research **2008,** 59, 999-1009.

5. Irwin, J. A. G.; Armour, D. J.; Pepper, P. M.: Lowe, K. F. Heterosis in lucerne testcrosses with Medicago arborea introgressions and Omani landraces and their performance in synthetics. Crop and Pasture Sci. **2010,** 61, 450-463.

6. Carelli, Maria; Biazzi, Elisa; Tava, Aldo; Losin, Ilaria; Abbruscato, Pamela: Depedro, Claudia; and Scotti, Carla. Sapogenin content variation in Medicago inter- specific hybrid derivatives highlights some aspects of saponin synthesis and control.

New Phytologist **2014,** 206, (1), 303-314. Publ. on line Nov. 2014.

Investigations on Feeding Value of Artificially Dehydrated and Compacted Grass (Grass Cobs) in Dairy Cows

Hubert Spiekers

(Bavarian State Research Center Institute for Animal Nutrition and Forage, Germany)

Abstract

A feeding trial in 48 dairy cows was conducted to evaluate the effects of partial replacement of grass silage and concentrates by artificially dehydrated and compacted grass (grass cobs). The feeding trial was conducted over a period of 12 weeks. Based on data of a 2 week pre-period, cows were evenly distributed to 2 feeding groups ("control" and "cobs") considering breed, milk yield and milk constituents, feed intake, stage of lactation, and body condition. The control group was offered a grass silage based total mixed diet (TMR) allowing a daily milk production of about 35 kg based on energy and nutrient concentration. Portion of concentrates and maize silage of the control diet was 41 % and 20 % of DM, respectively. In the diet of cobs group, about 25 % of DM grass cobs were included in replacement of grass silage and concentrates.

There were no treatment effects on daily feed intake which was slightly above 23 kg DM/animal and day. Energy intake was slightly higher in control group compared to the cobs group. Milk yield, milk composition and body composition was not significantly influenced by dietary treatment.

Data of the feeding trial show, that feeding of high amounts of grass cobs to dairy cows is basically possible. At the same time, heat treatment has the potential to allow the production of high-quality roughages, independently of current climatic conditions. Moreover, technical heat treatment enhances concentration of ruminal undegradable protein (UDP) in cobs compared to untreated grass or grass silage. If composition of total diet and concentrates is adapted accordingly, inclusion of grass cobs in the diet allows to reduce portion of protein concentrates in the diets.

It is demonstrated, that the technique of artificially drying and compacting grass (production of grass cobs) allows to produce high quality forage, independently of current climatic conditions. The compacted material has some advantages for handling in feeding practice and in transport. It is also demonstrated that the production of grass cobs needs a relatively high energy input, what is especially discussed controversially, when no regenerative energy is available. Thus, one more message of the session is that production of grass cobs is especially promising when very high-quality raw material is used. Besides presentation of data from a feeding trial in dairy cows (see below), data on feeding quality of grass products from the area of Bavaria is presented.

Introduction

Harvesting hay with a high quality in respect to energy and nutrients is often limited by climatic

conditions, or in other words by comparatively short periods with high temperature and without any rainfall. For this reason, especially in southern Germany production of artificially dehydrated grass and other crops has a high relevance. Besides the production of hay bales, the artificially dehydrated grass is often short cut and compacted to so called grass cobs. Artificial dehydration allows to preserve the grass in a conservative manner and to reduce nutrient losses. Moreover, it is assumed that heat treatment leads to an enhanced portion of ruminal undegradable protein (UDP) (current assumption: 40 % UDP of crude protein), what may increase the amount of protein reaching the duodenum of ruminants. However, information on the effects of inclusion of high levels of grass cobs in rations for dairy cows on feed intake and milk yield are scarce. For this reason, the present feeding trial was conducted to evaluate the replacement of concentrates and grass silage in rations of dairy cows on feed intake and performance. The study was financed by the Bavarian governmental program on home-grown protein rich feedstuff.

Material and Methods

The feeding trial involved 48 dairy cows (30 Simmental and 18 Brown Swiss) and was conducted over a period of 12 weeks. Based on data of a 2 week pre-period, cows were evenly distributed to 2 feeding groups (“control” and “cobs”) considering breed, milk yield and milk composition, feed intake stage of lactation and body condition. At the start of the experiment, cows had 119±61 days in milk of the third lactation.

Table 1: Composition of the TMR and concentrates and nutrient and energy concentration of diets

	Treatment	
	Control	Cobs
	% of DM	
Composition of the TMR		
Grass silage	37.8	25.3
Maize silage	20.4	20.2
Straw	0.8	-
Grass cobs	-	24.6
Concentrates	41.1	29.9
Composition of concentrates, % of DM		
Wheat	18.4	32. 8
Corn	31.0	45.1
Urea	-	1.3
Rape seed meal, extracted	29.7	17.7
Dried beet pulp	19.7	-
Feed fat	-	1.51

Minerals, Vitamins	1.15	1.58
	Ingredients of TMR	
NEL, MJ/kg DM	7.1	7.0
CP, g/kg DM	156	154
Utilizable CP (uCP), g/kg DM	160	162
Ruminal N-Balance (RNB), g/kg DM	-0.6	-1.3
CF, g/kg DM	159	153

The aim of diet formulation was to offer nutrient and energy balanced diets in both groups, and to ensure that diets of both groups did not differ in nutrient and energy concentration. The control group was offered a grass silage based total mixed diet (TMR) allowing a daily milk production of about 35 kg based on energy and nutrient concentration. Portion of concentrates and maize silage of the control diet was 41 % and 20 % of DM, respectively. In the diet of cobs group, about 25 % of DM grass cobs were included in replacement of grass silage and concentrates (Tab. 1). In order to have similar nutrient and energy concentration as in the TMR of control group, portion of extracted rape seed meal was reduced but feed fat was included in concentrates for the cobs group. Nutrient and energy concentration of the single feedstuffs is given in Tab 2. Chemical analysis of the cobs confirmed a concentration of 41 % undegradable CP (UDP) in CP. For protein evaluation the german system of utilizable crude protein (uCP) and ruminal-nitrogen-balance (RNB) is used. Individual feed intake and milk yield were recorded daily. Milk constituents were determined weekly on a mixed sample of a whole day milking. BCS and RFD were measured at start, middle and end of the experiment. Nutrient concentration of feedstuffs was analyzed according to Naumann et al. (1997). Data were analyzed by a one-factorial model using SAS (proc GLM).

Table 2: Nutrient and energy concentration of feedstuffs

Feedstuff	DM	CA	CP	CL	CF	uCP	NEL
	g/kg	g/kg DM					MJ/kg DM
Grass cobs (week 1-9)	924	137	167	43	198	168	6.4
Grass cobs (week 10-12)	902	65	135	29	184	157	6.7
Concentrates group „Cobs“	883	40	193	48	43	188	8.2
Concentrates control group	888	54	190	38	86	184	7.9
Maize silage	351	33	82	31	187	135	6.7
Grass silage	324	103	163	46	229	142	6.5

Results and Discussion

Daily feed intake was slightly above 23 kg DM/d with no differences among feeding groups (Table 3). Over the course of the experiment, feed intake remained at a constant level in both groups. Given that energy concentration of roughage and concentrates portion of total diet was higher in the control group, according to DLG (2006) a higher total feed intake was expected for animals in the control group. In the cobs group, 5.2 kg TM grass silage, 5.9 kg DM grass cobs and 7.2 kg DM concentrates were consumed daily, in the control group daily intake was 7.8 kg TM grass silage and 10.1 kg DM concentrates. Daily energy intake in control group was slightly higher than in the cobs group, daily intake of uCP was slightly lower.

Table 3: Mean DM, energy and nutrient intake (mean ± standard deviation)

	Treatment					
	Control			Cobs		
Feed intake, kg DM/animal, day	23.3	±	3.4	23.2	±	2.4
Energy intake, MJ NEL/animal, day	166	±	24	163	±	17
CP- intake, g/animal, day	3634	±	531	3577	±	360
uCP- intake, g/animal, day	3727	±	545	3750	±	380
RNB, g/day	-15	±	2	-28	±	3

Daily milk yield was on average 34.3 und 32.7 kg for the cobs and the control group, respectively. (Table 4). Differences among groups were not statistically significant and cannot be explained by differences in energy intake. The increase in back fat depth and Body condition score in the course of the experiment in both groups suggests that energy intake in both groups was sufficient for deposition of body reserves and not limiting for milk production in all animals. Although the intake of uCP as calculated according to GfE (2001) was above the animal requirement.

In summary the results demonstrate that a high portion of grass cobs in the diet for dairy cows at a simultaneously reduced portion of concentrates allows a high daily milk production in the case that the composition of concentrates allows a total dietary energy and nutrient concentration which covers the cows requirements. Milk fat and protein concentrations showed only minor differences between groups and were within the expected range. Milk urea concentration was at the lower range of recommendations what reflects the negative ruminal nitrogen balance of diets.

Conclusions

Data of the feeding trial show, that feeding of high amounts of grass cobs to dairy cows is generally possible. At the same time, heat treatment has the potential to allow the production of high-quality roughages, independently of current climatic conditions. Comparable to the situation in artificially dried alfalfa (Engelhard and Scholz, 2013), technical heat treatment enhances concentration of ruminal undegradable

protein in cobs compared to untreated grass or grass silage. If composition of total diet and concentrates is adapted accordingly, inclusion of grass cobs in the diet allows to reduce portion of protein concentrates in the diets. Because of the high energy input for technical drying process and the resulting economic input, production of artificially died grass cobs is recommended especially when very high quality grass is used as a raw material.

Table 4: Milk yield, milk constituents and Body condition (mean ± standard deviation)

	Treatment					
	Control			Control		
Milk yield, kg/animal, day	32.7	±	6.4	34.3	±	5.6
Milk fat, %	4.05	±	0.36	3.98	±	0.31
Milk protein, %	3.72	±	0.25	3.67	±	0.26
ECM, kg/animal, day	33.5	±	6.1	34.8	±	5.5
Milk urea, mg/l	153	±	38	151	±	25
BCS, start of experiment	3.89	±	0.53	3.84	±	0.43
BCS, end of experiment	4.07	±	0.75	3.99	±	0.47
BFT, start of experiment, mm	20.5	±	6.7	21.0	±	7.3
BFT, end of experiment, mm	24.4	±	8.4	23.5	±	7.5

ECM - energy corrected milk; BCS – body condition score; BFT – back fat depth

Literature

DLG, 2006: Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006. www.futtermittel.net

Engelhard, T., Scholz, H. (2013): Fütterung von Luzerneheu in der Frühlaktation bis zum 60. Laktationstag. In: Forum angewandte Forschung, Fulda 2013, 74-77

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

Naumann, C., Bassler, R., Seibold, R., Barth, C., 1997: Methodenbuch, Band 3: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Improving Alfalfa Varieties and Cropping Systems in a Bioeconomy Framework

Huyghe C., Peyraud J.L.

(National Institute for Agronomic Research, Paris, France)

Keywords: alfalfa, cascading, circularity, protein, environment

Bioeconomy framework is appropriate to revisit the protein issue, the possible contribution of alfalfa to the world protein demand and the objectives for alfalfa breeding and cropping systems.As underlined by Mathijs et al (2015), the key principles of bioeconomy arefood first, sustainable yields, cascading approach and circularity.

Food is a key issue worldwide due to the constant demand increase in relation to world population and the increasing competition with non-food uses, such as bioenergy and biofuel or industrial purposes.

Cascading means that the biomass may be fractioned to further valorise every component when they show contrasting biochemical composition or physical properties. Circularity is extremely relevant to agriculture when considering that the manure from animal production may become either as a source of pollution or a main source of soil fertility.

These principles are very relevant to protein production and uses. Indeed, because of the uniqueness of protein for human diets, there is a long-term tension on the market of all protein-rich commodities. Considering circularity, the core of protein production and consumption is the N cycle. This biogeochemical cycle has potential negative environmental impacts, with possible air and water pollution and strong risks of greenhouse gas emission. The key aspects is that the N_2 molecule is stable thanks to the triple link and extremely abundant in the atmosphere. Reactive nitrogen must be available to produce proteins, but this reactive nitrogen may generate negative environmental impacts (UNEP and WHRC, 2007).

Protein issue: how to meet world demand?

Proteins are unique in the human diet, as they are the only source of amino acids that are, for part of them indispensable for human life, humans being not able to synthesize amino acids. In absence of substitution, they must be obtained from the diet. The nutritional value of animal proteins is higher than that of plant protein because the equilibrium between essential amino acids better fits human requirements.

Figure 1 summarizes the worldwide situation of protein use and need over the last decades and with a projection over the next 20 years. Individual consumption of animal proteins increases more quickly than the one of plant proteins, with mean values in 2010 of 31 and 48 g/hab/day respectively. Considering the world

population increase, this means a world consumption of animal and plant proteins of 80 and 120 Mt/year respectively.

The protein efficiency of animal production shows contrasting value from 2.31 for milk (2.31 g of plant protein are needed to produce 1 g of animal protein in milk) to 9.84 for cattle and sheep red meat and intermediate values of 2.77 and 3.3 for chicken and pork meat production (BIPE-Sofiproteol, pers. com.). Taking into account the consumption of the various animal products worldwide, it may be calculated a mean protein efficiency of 3.59, even if this value must be taken with caution. Considering this conversion and the FAO projection for human consumption in the next decades, it appears that the world demand in plant protein in 2030 could exceed the 2010 value by 180 Mt, which represents the protein production of about 180 Mha of soybean. This would be a tremendous increase compared with the present situation, which is likely to induce strong competition for this unique resource.

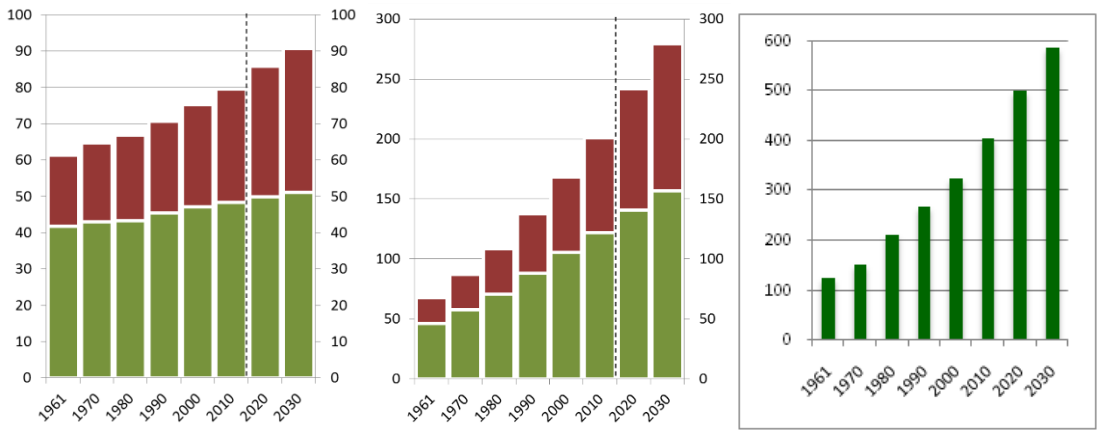


Figure 1: Protein consumption in the world and consequences on the need for production of plant protein. a) mean daily consumption of animal (red) and plant (green) proteins (in g/hab/day); worldwide consumption of animal (red) and plant (green) proteins (in Mt/yr); c) consequences on the need of plant proteins. Source: FAOSTAT, own calculation

Closing the loop: protein production and environmental impacts

The systemic pattern of proteins and nitrogen is represented in Figure 2. The plant proteins are used for human nutrition, either directly or after conversion into animal proteins. In the case of monogastrics, the use of additional essential amino acids (lysine, cysteine, methionine, tryptophan…) in the diet made it possible to significantly improve efficiency of conversion of plant proteins.A small share of the plant proteins may be used for technological uses in the Bio-based industries (BBI).

In a given country, the plant proteins may come from protein-rich feedstuff obtained from grain

processing, mainly grains from oil crops such as soybean, rapeseed or sunflower. In Europe, despite the large increase of production of rapeseed for production of biofuels, the main share is from imported soybean. In the rest of the world, soybean cakes are the main share, mainly produced in North and South America.

Plant proteins are also obtained from other grain crops, such as cereals and grain legumes or from forage crops. The potential protein production per hectare of these various grain and forage crops ranges from 0.5 to 2.3 t/ha under the Western European conditions, the highest protein production being obtained from alfalfa, while production from all grain crops range from 0.5 to 1.3 t/ha (Figure 3). The main difference among these grain crops is the protein content that determines the possible use as protein source, especially in animal production.

In animal production, a significant part of the nitrogen present in the diet as proteins is lost in manure (urine and faeces). For grazing cattle, nitrogen is directly absorbed by the growing plants in the grasslands. Risks of leakage have been documented for grasses or mixtures of grasses and forage legumes (Vertès et al, 2010). For animals in house, manure is collected, stored with risk of ammonium emission, and used on crops and grasslands as a source of organic nitrogen fertilizer. The only other source of nitrogen is mineral nitrogen obtained thanks to industrial synthesis, the Haber-Bosch process being the only industrial process that produced ammonitrate thanks to a chemical reaction at high temperature and high pressure to break the triple link. Natural gas is used for this reaction and thus generates CO_2 emission.

For plant growth, all crops require nitrogen, that is provided by fertilization or obtained by the grain or forage legume crops through symbiotic nitrogen fixation, thanks to the symbiosis with the rhizobium bacteria in the nodules.

When mineral or organic nitrogen fertilizers are supplied, a small share of the nitrogen is lost as N_2O, this nitrous oxide being a strong greenhouse gas, with a global warning effect of 298 (the global warming effect of CO_2 being 1).

Legume crops will adapt the symbiotic fixation to their need, i.e. uptake the available mineral nitrogen and fix the additional nitrogen required for their growth. For the non-fixing crops, N fertilisation is most often provided in excess, leading to N residues at the end of the growing season. The crop rotations and the possible intercrops are essential to avoid leakages of nitrates.

This is part of the ecosystem services provided by alfalfa and other forage and grain legumes (Schneider and Huyghe, 2015). For alfalfa, one additional important ecosystem service is the beneficial effect of presence of alfalfa on the honeybee populations, especially when a differentiated management is implemented, i.e. when a small share of the alfalfa field is not harvested at one cut to maximize flowering and production of nectar and pollen.

This loop, which is briefly summarized here above, shows all the possible sources of variation in this complex system. As far as alfalfa is concerned, it is especially important to consider 1) the potential of protein production per unit area and 2) the nitrogen balance at the level of the crop rotation when alfalfa is

involved.

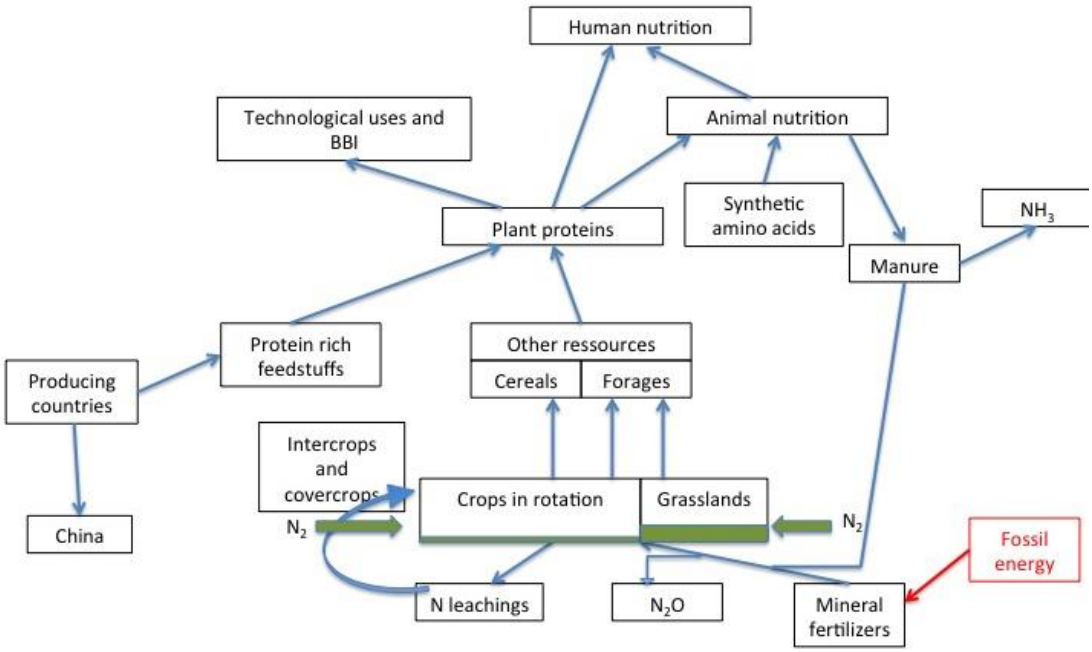


Figure 2: Schematic representation of protein and nitrogen flux in a bioeconomy approach

Potential of protein production

Figure 3 shows the protein production from various crops in France. For the cereals and the oil crops (rapeseed and sunflower), the production of proteins is between 0.5 and 1t/ha. For the grain legumes, it is between 1.0 t and 1.3 t/ha for pea, faba bean and lupin, and lower for soybean and lentil, this last crop being exclusively used for human consumption. The highest protein productions are achieved for alfalfa (2.2 t/ha), red clover (1.8 t/ha) and temporary grasslands with mixtures of grasses and legumes (1.7 t/ha), while perennial grasses produce 1.0 t of proteins per ha.

For the non-fixing crops, this production is obtained with the use of mineral nitrogen fertilizers, while for the grain and forage legumes as well as the temporary grasslands with mixtures, the nitrogen is provided through symbiotic fixation.

The proteins produced from these various sources show contrasting composition and properties. Comparing grain legumes and forage legumes, while dry grains may be stored during long periods of time, it is necessary to dry forage to save the protein quality from alfalfa leaves. If stored as silage or haylage, part of proteins may be degraded, leading to a lower quality for feeding ruminants. When comparing various modes of alfalfa conservation, dehydration proved to be the most efficient for getting high feeding value because of

the low ruminal protein degradability.

The second main difference sits in the protein composition. While the grain proteins include a wide range of molecules, the main alfalfa protein is Rubisco. Thus, the development of technologies for separation and extraction of proteins from alfalfa leaves for further uses in human nutrition would be highly beneficial, following the principle of cascading.

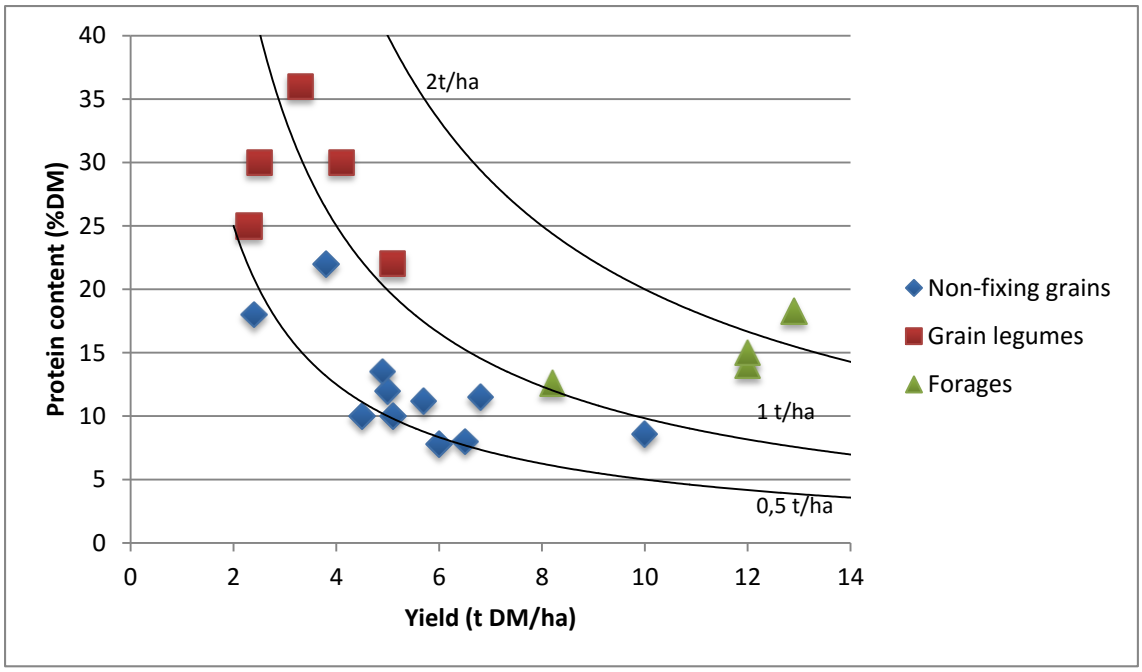


Figure 3: Relationship between grain or biomass yield and protein content for various grain and forage crops in France. The values of dry matter yield for forages are calculated for a 3-years cycle including the year of establishment. The curves indicate iso-yields of proteins. Sources: Agreste, CTPS

Consequences for alfalfa breeding and cropping systems.

Increasing the protein yield in alfalfa breeding has been a major concern since the early breeding step. It was first achieved by breeding for yield, either directly through the growth potential, or indirectly through the improvement of disease resistance. More recently, the selection for protein content in the biomass was performed, and in 1994, this trait became a selection criterion for variety registration on the French national catalogue. For registration on this national catalogue, the fibre content has also been taken into account since 2007 as an estimator of forage digestibility (Huyghe and Tabel, 2009).

The computation of all varieties tested for registration in France over the last 10 years in comparison with a common control (the variety Comete that has been among the top 3 varieties in the 2000'ies), shows an absence of negative correlation between DM yield potential measured over a 3 years trial period in 8 sites and the mean protein content (Figure 4). It also shows a trend towards an increasing production of proteins,

especially among the most recent candidate varieties. Indeed, some varieties are producing on average 10% more protein per ha than the control. This is mainly achieved through an increase in the potential of biomass production. The use of protein content as a registration criterion mainly avoids seeing a negative drift in protein content, that could endanger the use of alfalfa forage for feeding some types of animals.

Most attempts to genetically increase protein content for a given level of dry matter production were poorly effective, such as through production of multifoliolate genotypes (Juan et al, 1993; Annicchiarico et al, 2015), the main driver of the protein content being the biomass accumulation and the sward structure, as a consequence of variation of the leaf/stem ratio (Lemaire et al, 1992), this leading to a low heritability (Guines et al, 2002). The fall dormancy of the varieties will determine their growth rhythm, and as a consequence, in combination with the harvest date, their main feature regarding protein content.

As a consequence, it is essential to think together plant breeding and cropping systems. Indeed, at the level of a farm or a territory, the adapted combination of varieties and harvest date is essential for maximising the protein production.

The harvest is a critical phase in alfalfa due to the high risk of protein losses during the harvest steps. When harvested as silage or haylage, and because of the poor carbohydrate content, the acidification process is very slow. Forage conservation and preservation of protein may be improved by either pre-drying or use of preservatives and additives. When producing hay, leaves may be lost during the drying process, while when dehydrated, the energy cost is directly related to the water content and pre-drying on the field is an essential issue for reducing these energy cost. Thus, harvesting equipment and its ability to preserve leaves and to speed up the drying rate are essential issues, whatever the conservation system.

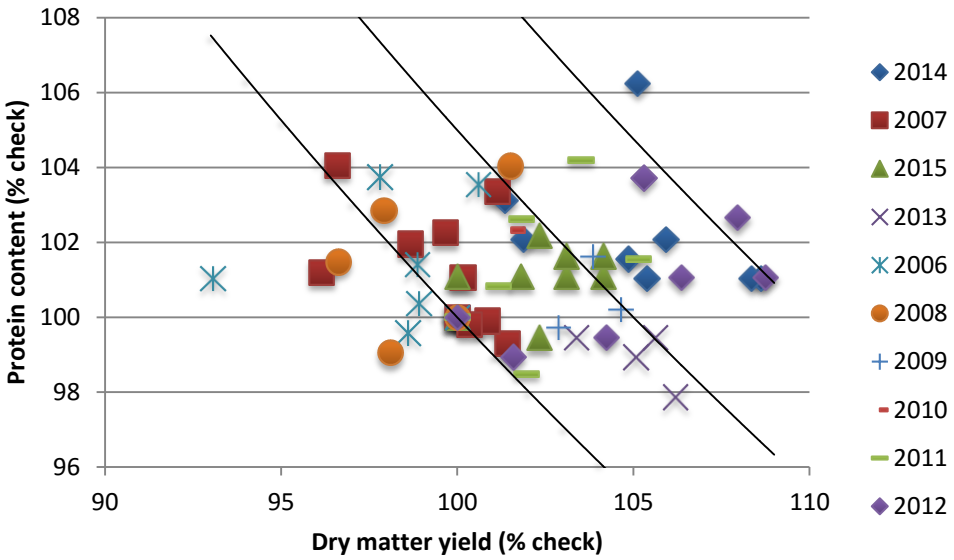


Figure 4: Relationship between dry matter yield and protein content, expressed in % of a common check) for candidate varieties to registration over the last decade in France.

The production of protein per ha is thus an essential issue. However, when considering the animal nutrition and the protein efficiency, it is important to consider protein quality. In forage legumes such as alfalfa, leaf proteins are soluble, thus highly degradable in the rumen when alfalfa is fed as fresh forage or degraded in silage when this storage mode was chosen.

The harvesting technology is essential for determining protein quality. In alfalfa, conservation as silage degrades the protein value in comparison to fresh forage. When preserved as hay, the protein value is improved because of the lower protein degradability. It is further improved by dehydration because of the further reduction in protein solubility.

Dehydrationis a particularly effectivepreservation processto increasethe availability ofproteinsper hectare.Fora yield of13 tDM / ha with a mean protein content of 20%, alfalfa produces2.6 toftotal proteinor 1.04 t of metabolisable protein valuable for milk or meat production by ruminants (Vérité and Peyraud, 1989) that is equivalent to the production of metabolisable protein of 1.82hectares ofsoybean crop. Ifthe entire productionof thishectare is dehydrated,the production ofmetabolisable proteinfor ruminantsbecomes the equivalentof2.51haof soybean. Otherusagescan beenvisaged bya cascadeoperation, if proteins are extracted from leaves to produce a protein concentrate and stems are dehydrated. The extraction ofalfalfa leafproteinallows to obtainaprotein concentratethat can be used for human or monogastric nutrition(about 0.6tofprotein /ha, i.e. equivalent to 0.6 ha of soyabean) anda residue whichstill coversthe equivalent of1.9hasoybeanequivalentto feedruminant.

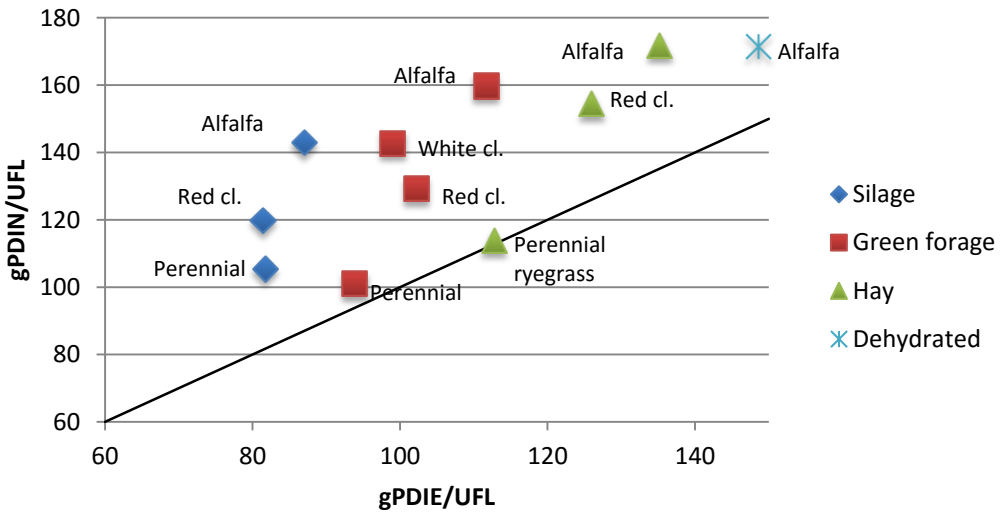


Figure 5 : Change in protein value of forage legumes (alfalfa, red clover, white clover) in comparison with perennial ryegrass according to harvest system. Source : Inra, 2007

Alfalfa and nitrogen balance of the cropping systems

The manure is a source of nitrogen fertility for the whole cropping system. However, the reduction of the quantity of manure through improved protein efficiency is beneficial at the scale of the production system as it avoids losses of N as N_2O.On the opposite, alfalfa is highly beneficial to the N balance of the crop rotations. Indeed, the residues of the alfalfa crops may contribute up to 350 kg of N to the N budget of the subsequent rotation, with a slow release over the new two years because of the slow mineralisation of the highly lignified alfalfa taproot (Justes et al, 2001). The management of the crop rotation is essential to benefit from this potential N resource.

As the symbiotic fixation does not contribute any N_20 emission, and because of the large N_2 symbiotic fixation, insertion of alfalfa is a crop rotation appears to be one of the most efficient way to reduce greenhouse gas emission in agriculture, with possible beneficial economic returns (Pellerin et al, 2013).

Conclusion

Alfalfa is a major source of proteins, because of its high production potential and the adaptation of the species to a wide range of soil and climate conditions and resistance to pests and diseases. Genetic gains for protein production per unit area are mainly achieved through increase in biomass production. Alfalfa forage is highly suited for feeding ruminants, especially dairy cattle, because of the high protein content and the high voluntary intake of the forage. The forage digestibility is then to be taken into account and improved, to ensure a good use of the proteins.

Forage technology may provide a huge improvement of the protein quality and as a consequence increase its efficiency for feeding animals and by the way reducing the losses of reactive nitrogen. Biomass technologies may also be implemented for extracting proteins in order to use then directly in human nutrition, thus directly contributing to the huge worldwide challenge of protein resource.

A bioeconomy approach also points out the importance to think about circularity. This may be achieved by considering alfalfa as part of the plant and animal production system. Indeed, alfalfa is a large provider of N for the following crops in the rotation, where it contributes to a significant reduction of the production of greenhouse gas emission.

Improving Alfalfa Feeding Quality for Ruminants: Achievements and Perspectives

Huyghe C.

(National Institute for Agronomic Research, Paris, France)

Abstract: The main quality traits to be considered in alfalfa for feeding ruminants are the protein content and its solubility, the forage digestibility and the dietary fibet content. These traits are influenced by the sward composition, the choice of the variety, the crop management and especially the harvest stage and harvest technologies. Alfalfa may be grown as pure stands or mixed with perennial grasses. The potential benefits of mixtures include an increase in biomass production with no N fertilizer, a better use of the protein by ruminants, if the grasses have high soluble carbohydrate content and finally a better forage conservation as silage or haylage. The drawbacks are a lower average proteincontent and moreover the inconsistency of the sward composition over seasons and over years. Genetics and variety have a large influence on forage quality. At a given development stage and biomass production, variety may change the protein content and ADF content as well as the biomass yield per se. This will be documented through the achievements in genotyping and phenotyping, but also through the changes observed on the French national alfalfa variety catalogue where protein and ADF contents have been considered during the registration process since more than 10 years. Practices influence the quality mainly through the harvest stage and the dry matter accumulation. For protein content and digestibility, dilution curves may be drawn. For the dietary fiber content and quantities, patterns are more complex. Finally harvest technologies are essential for quality of alfalfa forage. Grazing offers a limited potential in alfalfa because of bloating risks. Hay-making, haylage production and dehydration may be compared for their impact on protein content, protein digestibility and dry matter digestibility. Overall, dehydration proved to be the best technology for alfalfa feeding quality, as it preserves all the leaf tissues and reduces protein solubility in the rumen. Its worldwide development requires to implement innovations to reduce the energy cost.

Analisis de Los Movimientos Internacionales en Los Forrajes

Joaquin Capistros Moreu

(Asociacion espanola de fabricantes de alfalfa, Zaragoza, Spain)

Abstract: El tender que en 2006 aprobó el Gobierno de Abu-Dhabi, genero una repentina y fuerte demanda de forraje procedente de Emiratos Arabes Unidos, a la que se unió en 2009 otra no menos importante y que ha ido creciendo año tras años procedente de la R.P. China. Con estos dos focos de demanda los intercambio mundiales de forraje han tenido un fuerte impulso, que se suma al ya de importante y tradicional de algunas zonas como, Japon, Corea del Sur, arco Mediterráneo etc. Se analizará la evolución de estas transacciones desde 2006 hasta 2014, especialmente enfocada hacia los países con más importante volumen de demanda y en los que son mayores proveedores.

I Congreso Internacional de La Alfalfa en China

Joaquín Capistrós Moreu

Asociación Española de Fabricantes de Alfalfa Deshidratada (AEFA)

PONENCIA: FUERTE CRECIMIENTO DE LAS TRANSACCIONES INTERNACIONALES DE FORRAJE

Estimados congresistas e invitados:

Si echamos la mirada a los últimos años del siglo pasado, observamos a nivel mundial ***dos grandes focos*** de demanda de forraje:

- ***Una, enclavada en zona de sudeste asiático***, (Japón, Corea del Sur, Taiwán) que contaba como proveedores con EE.UU., Australia y Canadá
- ***Otra, integrada por los países del arco mediterráneo,*** cuyos proveedores tradicionales han sido España, Italia y Francia.
- Fuera de esas dos áreas, se realizan múltiples intercambios, pero en volúmenes mucho menos relevantes

En esta ponencia vamos a hacer un repaso a la evolución que desde esos años hasta la actualidad han tenido los movimientos internacionales en los forrajes.

- Nos basaremos en cifras obtenidas de la ***Base de datos de la ONU,*** y referidas a los códigos taric (121410 y 121490)
- ***Nos centraremos en las transacciones entre los mayores países importadores (Japón, EAU, Corea del Sur, China y Arabia Saudita) y los más importantes exportadores (EE.UU., España, Australia, Canadá, Italia, Sudáfrica y Argentina).***
- Para enmarcar estos movimiento, iniciaremos con la importante ***decisión del Gobierno de Abu-Dhabi(EAU) que supuso el dejar de regar*** y de producir su propio forraje, pasando a importarlo; por lo que de pronto, surgió en 2007 una demanda muy significativa, que se fue incrementando en años sucesivos, y que en 2013 superó los 2 MMt
- ***Y en 2009, la decisión del Gobierno de China de promover la instalación de grandes granjas de vacuno de leche***, que supuso otro fuerte impulso a estos movimientos, y que en 2014 representó la importación de 1 MMt.

IMPORTACIONES/EXPORTACIONES

- ***En la tabla nº1 podemos ver la evolución entre 2006 y 2014, de las importaciones de los 5 países más significados***

- *Es de resaltar el papel predominante de Japón, con cifras que todos los años rebasan los 2 MMt y que en algún momento se ha acercado a los 3 MMt; también el gran ascenso de EAU, que de no importar nada en 2006, pasó en 2013 a hacerlo en 2 MMt, y por supuesto la entrada de China, que en solo 6 años ha pasado de 20.000 t a 1 MMt.*
- Con ello, ***el volumen importado por estos 5 países que en 2006 ascendía a 3,5 MMt pasó a ser de 6,5 MMt en 2013, con crecimiento de más del 80%***
- ***En la tabla nº2 podemos ver la evolución entre 2006 y 2014 de las exportaciones de los 7 países más importantes***
- Es EE.UU. el gran dominador, con cifras que han ido creciendo y *llegado a 4,6 MMt en 2013, y que en esa serie representan entre el 55-60% de las exportaciones mundiales. Como crecimiento más rápido tenemos el de España, que en ese periodo lo ha hecho en un 400%.*

IMPORTACIONES

- ***Tabla nº3. Japón:*** *El mayor importador mundial desde hace muchos años, con cifras entre 2-3 MMt, y donde de siempre EE.UU. es su mayor proveedor*, seguido en importancia por Australia y Canadá. La importación de alfalfa representa entorno a 1/3 del volumen y el resto lo es de otros henos.
- ***Tabla nº4. EAU:*** En la actualidad es el segundo mayor importador, *que ha pasado de no importar nada en 2006 a cifras de 2 MMt en 2013*; y donde EE.UU. y España rivalizan en su aprovisionamiento, seguidos de Italia que ha tomado importancia en los últimos años.
- ***Tabla nº5. Corea del Sur:*** Mercado importante, cercano a 1 MMt, y donde *EE.UU. no tiene rivalidad en el aprovisionamiento ya que le aporta más del 80% de sus necesidades*, si bien, últimamente Australia ha tomado cierto peso. Importa mayoritariamente otros henos.
- ***Tabla nº6. China:*** *Con cifras casi irrelevantes hace 6 años, se ha colocado en la 3-4ª posición mundial alcanzando en 2014, 1 MMt*. También aquí, ***EE.UU. ha sido desde 2009 (firma del protocolo entre Estados) casi el único proveedor de alfalfa,*** y actualmente le sigue Australia que ha tomado cierto peso, con el aporte de avena forrajera. España que a mediados de 2014 firmo el Protocolo con el Gobierno Chino ha iniciado sus exportaciones en el último tramo de 2014

EXPORTACIONES

- ***Tabla nº8. EE.UU:*** Mayor exportador mundial con clara diferencia, *que cubre el 55-60 % de la demanda mundial*. ***Sus productos exportados son alfalfa y otros henos empacados en campo, sometidos en un proceso industrial a la doble compresión.*** Exporta el 94% en formato bala y el 6% en pellets, y *con la entrada en el mercado de China, el peso de la alfalfa ha aumentado respecto a los otros henos*, que anteriormente representaban más del 60%.
- ***Tabla nº 9 y 15. España:*** En 2014 ha tomado el relevo de Australia y *ha sido el segundo mayor exportador mundial*, tras EE.UU. *Desde 2007 su mayor demandante con diferencia es EAU, y en 2014 China ha pasado a ser el 2º país destinatario*. Tienen importancia las ventas a países del arco

mediterráneo que representan entre el 25-30%, y que con mayor detalle reflejamos en la tabla nº15. ***Todo el producto que se exporta es forraje deshidratado y de él, un 90% corresponde a alfalfa***. En cuanto a los formatos, más del 65 % lo es en bala y el resto en pellets.

- ***Tabla nº10. Australia:*** *Tradicionalmente el segundo mayor exportador*, con ventas al exterior que oscilan mucho de uno a otro año, y que se mueven entre 1-2 MMt. *Básicamente lo hace a Japón y Corea del Sur, pero también tienen importancia muchos otros países de su entorno (25-30%).* Gran parte de la exportación es de avena forrajera, y por formatos el 94% lo es en balas y solo un 6% en pellets.

Tabla nº1: IMPORTACION MUNDIAL DE FORRAJES DESDE 2006 A 2014 (Ud.000 t)

IMPORTADOR	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
Japón	2.118	2.303	2.454	2.339	2.351	2.318	2.418	2.629	2.840
Emiratos Árabes Unidos	1.621	2.013	1.922	1.542	1.123	1.210	375	397	0
R.Corea del Sur	1.036	1.060	1.044	931	862	782	879	906	699
China	1.008	799	462	289	230	77	20	2	0
Arabia Saudita	122	306	225	124	90	50	1	8	9
TOTAL	5.905	6.481	6.107	5.225	4.656	4.437	3.693	3.942	3.548

Fuente: Base de datos ONU

Tabla nº2: EXPORTACIÓN MUNDIAL DE FORRAJES DESDE 2006 A 2014 (Ud.000 t)

EXPORTADOR	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
EE.UU.	4.045	4.605	4.452	4.119	3.981	3.847	3.261	2.897	2.837
España	1.112	980	1.132	1.115	769	535	484	587	272
Australia	1.031	1.272	2.134	1.681	1.285	2.331	1.564	762	1.219
Canadá	446	478	582	354	348	404	515	745	676
Italia	410	486	498	346	141	148	205	215	126
Sudáfrica	93	73	22	8	18	0	1	2	0
Argentina	33	50	33	25	11	22	9	5	1
TOTAL	***7.170***	***7.944***	***8.853***	***7.648***	***6.553***	***7.287***	***6.039***	***5.213***	***5.131***

Fuente: Bases de datos de la ONU

Tabla n °3: IMPORTACION DE FORRAJES DESDE JAPÓN (Ud. 000 t)							
	PAISES EXPORTADORES						
AÑO	***EE.UU.***	***Australia***	***España***	***Canadá***	***Italia***	***Resto***	***T. Importado***
2014	1.534	382	3	***168***	7	24	***2.118***
2013	1.683	376	5	197	7	35	***2.303***
2012	1.812	359	8	230	12	33	***2.454***
2011	1.738	386	6	164	4	41	***2.339***
2010	1.689	441	4	157	–	60	***2.351***
2009	1.616	419	7	238	-	38	***2.318***
2008	1.674	382	13	307	-	42	***2.418***
2007	1.788	371	1	413	-	55	***2.628***
2006	1.834	500	-	450	-	56	***2.840***
Fuente: Base de datos ONU							

Tabla n °4: IMPORTACION DE FORRAJES DESDE EMIRATOS ÁRABES UNIDOS (Ud. 000 t)							
	PAISES EXPORTADORES						
AÑO	***EE.UU.***	***Australia***	***España***	***Canadá***	***Italia***	***Resto***	***T. Importado***
2014	***428***	4	***744***	***1***	***267***	177	***1.621***
2013	***839***	-	***672***	2	***309***	191	***2.013***
2012	***743***	7	***728***	8	***246***	190	***1.922***
2011	***663***	5	***653***	1	***113***	107	***1.542***
2010	***652***	3	***376***	1	***16***	72	***1.123***
2009	***688***	21	***367***	7	***61***	66	***1.210***
2008	***83***	-	***199***	-	***32***	61	***375***
2007	***30***	-	***269***	-	***47***	51	***397***
2006	-					-	***0***
Fuente: Base de datos ONU							

Tabla n º5: IMPORTACION DE FORRAJES DESDE COREA DEL SUR (Ud. 000 t)							
	PAISES EXPORTADORES						
AÑO	***EE.UU.***	***Australia***	***España***	***Canadá***	***Italia***	***Resto***	***T. Importado***
2014	807	188	3	***21***	6	11	***1.036***
2013	879	143	3	18	5	12	***1.060***
2012	850	145	3	27	8	11	***1.044***
2011	779	123	6	11	-	12	***931***
2010	724	121	3	-	-	14	***862***
2009	659	91	3	7	-	22	***782***
2008	735	83	3	21	-	37	***879***
2007	748	65	6	40	-	47	***906***
2006	564	6	1	5	-	123	***699***

Fuente: Base de datos ONU

Tabla n º6: IMPORTACION DE FORRAJES DESDE CHINA (Ud. 000 t)							
	PAISES EXPORTADORES						
AÑO	***EE.UU.***	***Australia***	***España***	***Canadá***	***Italia***	***Resto***	***T. Importado***
2014	852	121	21	***14***	-	-	***1.008***
2013	748	43	-	8	-	-	***799***
2012	445	17	-	-	-	-	***462***
2011	277	12	-	-	-	-	***289***
2010	221	9	-	-	-	-	***230***
2009	76	1	-	-	-	-	***77***
2008	18	2	-	-	-	-	***20***
2007	2	-	-	-	-	-	***2***
2006	-	-	-	-	-	-	***0***

Fuente: Base de datos ONU

Tabla n º7: IMPORTACION DE FORRAJES DESDE ARABIA SAUDITA (Ud. 000 t)							
	PAISES EXPORTADORES						
AÑO	***EE.UU.***	***Australia***	***España***	***Argentina***	***Italia***	***Resto***	***T. Importado***
2014	***26***	2	**47**	***13***	4	30	***122***
2013	17	-	**70**	***135***	***65***	19	***306***
2012	4	***11***	**120**	***64***	-	26	***225***
2011	-	-	**80**	11	1	32	***124***
2010	-	-	**78**	1	-	11	***90***
2009	-	-	**50**	-	-	-	***50***
2008	-	-	-	-	-	1	***1***
2007	-	-	1	-	6	1	***8***
2006	-	-	-	-	6	3	***9***

Fuente: Base de datos ONU

Tabla n º8: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE EE.UU. (Ud.000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T. Exportado***
2014	428	908	26	1.649	807	227	4.045
2013	839	823	21	1.827	835	260	4.605
2012	743	502	7	1.981	887	332	4.452
2011	663	293	2	2.068	836	257	4.119
2010	651	234	9	1.981	850	257	3.981
2009	688	90	2	2.060	743	264	3.847
2008	129	19	4	2.092	775	242	3.261
2007	44	2	0	1.885	731	234	2.897
2006	40	0	-	1.985	577	235	2.837

Fuente: Base de datos de la ONU

Tabla n º9: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE ESPAÑA (Ud. 000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T. Exportado***
2014	744	51	48	4	3	262	1.112
2013	672	-	69	4	3	232	980
2012	728	-	86	8	3	307	1.132
2011	653	-	89	7	7	359	1.115
2010	379	-	66	8	5	311	769
2009	367	-	51	6	2	109	535
2008	243	-	16	14	3	208	484
2007	295	-	12	1	7	272	587
2006	40	-	-	-	1	141	272

Fuente: Base de datos de la ONU

Tabla n º10: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE AUSTRALIA (Ud. 000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T.Exportado***
2014	4	134	2	407	188	296	1.031
2013	3	54	1	725	173	316	1.272
2012	7	69	1	1.313	277	467	2.134
2011	5	1	1	1.082	222	370	1.681
2010	3	55	2	639	247	339	1.285
2009	21	13	1	1.506	294	496	2.331
2008	2	2	1	924	115	520	1.564
2007	1	1	-	429	86	245	762
2006	1	1	-	631	250	336	1.219

Fuente: Base de datos de la ONU

Tabla n º11: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE CANADA (Ud. 000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T.Exportado***
2014	2	17	-	185	21	221	446
2013	2	8	-	177	20	271	478
2012	8	1	-	232	30	311	582
2011	1	-	-	150	12	191	354
2010	1	-	-	241	1	105	348
2009	7	-	-	236	6	155	404
2008	4	-	-	312	13	186	515
2007	1	-	-	492	32	220	745
2006	1	-	-	455	42	178	676
Fuente: Base de datos ONU							

Tabla n º12: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE ITALIA (Ud. 000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T. Exportado***
2014	267	-	4	8	6	125	410
2013	309	-	49	5	6	117	486
2012	246	-	17	11	7	218	498
2011	114	-	-	7	-	225	346
2010	16	-	3	-	-	122	141
2009	20	-	-	6	-	122	148
2008	34	-	43	6	-	122	205
2007	47	-	6	-	-	162	215
2006	4	-	6	-	-	116	126
Fuente: Base datos ONU							

Tabla n º13: EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE SUDAFRICA (Ud. 000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T. Exportado***
2014	51	-	28	-	-	14	93
2013	50	-	-	-	-	23	73
2012	19	-	-	-	-	3	22
2011	-	-	2	-	-	6	8
2010	-	-	-	-	-	18	*18*
2009	-	-	-	-	-	-	*0*
2008	-	-	-	-	-	1	1
2007	-	-	-	-	-	2	2
2006	-	-	-	-	-	-	*0*
Fuente: Base de datos ONU							

Tabla n º14:EXPORTACIÓN DE FORRAJES DESDE ARGENTINA (Ud.000 t)							
	PAISES IMPORTADORES						
AÑO	***EAU***	***China***	***A.Saudita***	***Japón***	***Corea Sur***	***Resto***	***T. Exportado***
2014	13	-	14	-	-	6	33
2013	30	-	16	-	-	4	50
2012	4	-	10	-	-	19	33
2011	7	-	13	-	-	5	25
2010	4	-	-	-	-	7	11
2009	9	-	1	-	-	12	22
2008	-	-	-	-	-	9	9
2007	-	-	-	-	-	5	5
2006	-	-	-	-	-	1	1
Fuente: Base de datos ONU							

Tabla nº15: EXPORTACION ESPAÑOLA DE FORRAJES DESHIDRATADOS (Ud: t)			
Países	**Campaña 2012/13**	**Campaña 2013/14**	**Campaña 2014/15**
Total Mundo	**1.153.008**	**965.425**	**1.012.528**
Francia	50.422	47.815	40.548
Italia	24.531	23.599	10.591
Portugal	***58.500***	***49.788***	***55.805***
Malta	3.141	3.991	6.673
Marruecos	21.285	15.463	14.862
Túnez	16.500	2.200	0
Libia	0	34.670	18.360
Líbano	7.649	14.081	19.528
Jordania	19.534	25.831	28.691
Arabia Saudí	***118.505***	***70.219***	47.824
Kuwait	0	6.536	8.659
Emiratos Árabes Unidos	***755.822***	***630.812***	***633.017***
R.P. China	0	0	***76.070***
Corea del Sur	3.375	2.377	6.342
Japón	7.479	3.060	6.925
Otros	66.265	34.981	38.633
Fuente. Aduanas España			

¿CUALES HAN SIDO LAS CAUSAS DE ESTE CRECIMIENTO?

El intenso crecimiento de los intercambios internacionales de forraje en esta última década, ha venido incentivado en primer lugar, por el fenómeno de la globalización, que abarca numerosos aspectos, pero que entre los más resaltables citaremos***:***

- ***Recursos escasos de agua y alimentos en algunas zonas del mundo***
- ***Menores costes de los fletes marítimos***
- ***Puesta en marcha de grandes buques portacontenedores***
- ***Desequilibrio en los intercambios de mercancías entre países, que conlleva el retorno de contenedores vacios***
- ***Menores barreras arancelarias***
- ***Altos precios de las materias primas agrarias***

Application of Genomic Tools for Enhancing Alfalfa Resistance to Biotic and Abiotic Stresses

Long-Xi Yu

(Department of Plant Pathology, Washington State University, USA)

Abstract: Quantitative traits such as biotic and abiotic stress resistance are most likely under the control of multiple genes and interact with environmental factors. Identification of resistance loci that contribute to variation in such complex traits, is a primary challenge in plant breeding and population genetics. In the present study, we used an integrated framework that merges a QTL mapping approach called ‘‘genome-wide association (GWA)” with high-throughput genome sequencing methodology called “genotyping by sequencing (GBS)” to map disease and drought resistance loci in alfalfa. This framework provides a statistical basis for analyzing marker-trait association using linkage disequilibrium. We have identified a group of significant GBS markers associated with resistance and there are located on different chromosomes. Validation of the markers is in progress. Once validated, these SNP markers can be used for marker-assisted selection. Quantitative traits such as biotic and abiotic stress resistance are most likely under the control of multiple genes and interact with environmental factors. Identification of resistance loci that contribute to variation in such complex traits, is a primary challenge in plant breeding and population genetics. In the present study, we used an integrated framework that merges a QTL mapping approach called ‘‘genome-wide association (GWA)” with high-throughput genome sequencing methodology called “genotyping by sequencing (GBS)” to map disease and drought resistance loci in alfalfa. This framework provides a statistical basis for analyzing marker-trait association using linkage disequilibrium. We have identified a group of significant GBS markers associated with resistance and there are located on different chromosomes. Validation of the markers is in progress. Once validated, these SNP markers can be used for marker-assisted selection.

Alfalfa has the fourth highest production value of all crops in American agriculture. Production of alfalfa is challenged, however, by endemic and emerging diseases and adverse environmental factors. On a national level, diseases and abiotic stresses affecting alfalfa production result in losses of nearly $1 billion annually. Management of soilborne diseases, such as Verticillium wilt, can be difficult because the same pathogens affect several legumes grown in rotation, and persist in the soil for many years. Stem nematode is one of the most serious pests of alfalfa in the United States and causes serious yield, forage quality, and stand losses. Irrigation is necessary for high yields achieved for alfalfa production in the western United States. Climate change and extreme weather adversely impact water availability. Drought resistant and water use efficient alfalfa cultivars are needed to help meet the challenges of finite water resources. Traditional procedures for

selecting resistant varieties are time consuming and imprecise, which limits their utility for breeding resistant varieties. The objectives of this research are: 1) to identify molecular markers in alfalfa associated with resistance to alfalfa Verticillium wilt and stem nematode, and 2) to identify alfalfa molecular markers and germplasm associated with drought tolerance and increased water use efficiency.

1 Identify genes associated with resistance to Verticillium wilt and stem nematode in alfalfa and develop molecular markers for marker-assisted breeding

Verticillium wilt and stem nematode severely affect seedling vigor and yield in alfalfa stands. No rapid means of detection of resistance resources is available using molecular assays and scientists must utilize the alfalfa standard test for evaluating disease resistance which is time consuming and requires greenhouses, bench space and a considerable amount of preparation and labor. Development of molecular markers for high-throughput analysis would significantly reduce the amount of time for identifying source of resistance and accelerate the breeding process. To address this, USDA-ARS Prosser, the Samuel Roberts Noble Foundation, Forage Genetics International (FGI), Pioneer Hi-bred, and Alforex Seeds agreed on a joint effort to identify publically available markers for selection for resistance to Verticillium wilt and stem nematode. Pioneer and Alforex generated and phenotypedbiparental populations 188 and 164 individuals, respectively, using parents either resistant or susceptible to Verticillium wilt. We screened the parents and a subset of individuals from both populations with 156 SNP markers, using the high-resolution melting technique. Associations between marker genotypes and Verticillium wilt phenotype were analyzed. Several markers were significantly associated with the trait at $p<0.05$, but at most 8 percent of the phenotypic variation explained (PVE). No markers were identified for stem nematode at this stage.

To increase the power and resolution of marker-trait association, we are using a genome-wide genotyping platform so-called “genotyping by sequencing (GBS)” which will increase thousands of SNP markers throughout the whole genome. We have genotyped the Pioneer VW population by GBS and obtained nearly 10,000 meaningful GBS markers. Improved methods increased the probability for identifying molecular markers associated with VW resistance. Preliminary result showed strong association of a group of GBS markers with the trait at $p<0.001$, with the highest PVE of 19%. To confirm this finding, we are going to validate them for VW resistance in different populations. After validation, they can be used in marker-assisted selection for identification of resistance sources. It will facilitate breeding progress and provide alfalfa seed companies with breeding materials for use in the production of improved commercial varieties of alfalfa. It will accelerate the breeding program of resistant varieties, reduce economic losses to growers, increase sustainability, and reduce costs to consumers. Similar procedures will be used for identification of markers associated with stem nematode resistance.

2 Identification of drought-tolerant Medicago accessions and development of alfalfa

populations with drought tolerance and enhanced water use efficiency

Environmental stresses account for approximately 70% of crop yield depression with drought causing the greatest yield losses. Drought tolerance has long been an important trait for improving crop performance under water-limited conditions. Most alfalfa in the Western US is produced under irrigation. Water usage for alfalfa is high, with California's production consuming more water than any other crop in 2012. Demand for fresh water resources is increasing for growing western urban populations, irrigation for food production, and for providing habitat for fish and other fresh water aquatic species. In addition, reduced snowpack and runoff effects from global climate change indicate future water shortages. As a consequence, increased water use efficiency (WUE) is a key factor for sustainable use of water for alfalfa production and remains an important target trait for alfalfa breeders. Compared with other crop species, little is known about mechanisms by which genetic and physiological factors contribute to drought tolerance and WUE in alfalfa.

Two hundred PIs with potential drought tolerance were selected from arid and semi-arid regions in Northern America, Turkey and former Soviet Union. They have been growing in the field and greenhouse for screening for drought tolerance and WUE in both greenhouse and field conditions. Agronomic and physiological traits including relative leaf water content, osmotic adjustment, canopy temperature, forage quality and biomass under drought were measured. Drought-resistant accessions selected in the above experiments will be crossed with drought susceptible varieties and backcrosses will be made to create F_1 populations. Phenotypic screening for drought related traits will be conducted in F_1 individuals as described above. Segregating populations for drought tolerance and water use efficiency will be used for mapping QTL associated with drought tolerance and enhanced WUE.Our goal is to understand the genetic basis of drought tolerance and WUE in alfalfa so that we can more efficiently develop stress tolerant alfalfa cultivars. This work will increase our understanding on mechanisms by which genetic and physiological factors affect drought tolerance and enhanced WUE in alfalfa. The information will be used for developing DNA markers associated with drought tolerance and improved WUE for evaluation of their usefulness in developing alfalfa cultivars with sustained productivity of alfalfa under limited-water condition. DNA markers will provide breeders with molecular tools for more rapidly and precisely selecting drought tolerant and improved WUE alfalfa varieties. Identification of alfalfa varieties with resistance to drought and improved WUE will provide resources for breeding abiotic resistant alfalfa. Commercial alfalfa seed companies and public and private scientists will benefit from the availability of improved germplasm and accelerate breeding progress. Growers will have increased opportunity for the profitable cultivation of alfalfa. The general public will benefit from reduced consumer costs and reduced yield loss by biotic and abiotic stresses.

Digital gene-expression profiling analysis of the cholesterol-lowering effect of alfalfa saponin extract on laying hens

Lu Zhou, Yinghua Shi, Rui Guo, Minggen Liang, Xiaoyan Zhu, Chengzhang Wang*

（College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou, China）

Background

To avoid cardiovascular disease, people are recommended to have dietary cholesterol intake of less than 300 mg/day. Egg consumption has been seriously reduced because of the high level of cholesterol. Our study is to explore the cholesterol-lowering effect of alfalfa saponin extract (ASE) in yolk and the underlying molecular mechanisms by digital gene-expression profiling analysis. Liver and ovary tissues were isolated from laying hens fed with ASE for RNA sequencing.

Results

The content of cholesterol in yolk derived from 120 mg/kg ASE group obviously declined at day 60. Other groups (60, 240, 480 mg/kg ASE group) also had a decrease, but they didn't get a significant level. Then, digital gene expression generated over nine million reads each sample, producing expression data at least 12,384 genes. Among these genes, 110 genes in liver and 107 genes in ovary showed differential expression. Cholesterol 7 alpha-hydroxylase (*Cyp7a1*) and apolipoprotein H (*Apoh*) in synthesis of bile acid and cholesterol efflux were enhanced in liver with dietary ASE supplementation. Very low density lipoprotein receptor (*Vldlr*), apolipoprotein B (*Apob*), apovitellenin 1 (*ApovldlII*) and vitellogenin (*VtgI*, *VtgII* and *VtgIII*) in ovary were decreased with dietary ASE supplementation.

Conclusion

The transcriptome analysis revealed that the underlying molecular mechanisms of cholesterol-lowering effect of ASE were partly mediated by enhancement of cholesterol efflux in liver and reduction of cholesterol deposition in ovary.

CIDE China - Presentation of the German Association with Its Plants

Roland Hofmockel

(Managing Director Bundesfachverband Deutschland)

The German drying association was founded in 1958.

In the early days of drying plants they were mainly located in the north of our country. Within the 60s and 70s also many plants have been established in the South.

In the early days many plants handled manly root crops, such as potatoes or different kind of beets.

Many of the northern plants were located close to a harbor. Due to this, they competed to protein feed with low prices. Another problem wasthe rise in energy costs. So the northern plants could no longer operate economically.

At the beginning of the 80s there was a government funding to produce safe quality and farm-grown food. The meantime, all the aid have been abolished.

Currently thereare 38plants in Germany. Most plants are owned by farmers. The mainly used company form is acooperative.All companies have a total of 20,000 members.

Total production amounts to 250.000 tons ofdried fodder. The speciality in Germany is the high amount of driedfodder out of grassland with 180 thousand tonnes. The alfalfa-production is 70.000tonnes. 16% of the total is produced in balles, the rest as cobs (pellets).

The use of biomass in heat generation amounts to more than 20%. Whoodchips are the mainly used biomass. The other plants are using mainly gas for heat generation, some plants use hard coal and one plant uses coal dust.

The last years have been characterized by investments in productivity and in the air pollution control. Germany has the cleanest plants.

The German consumers expect from his producer traceability of the fodder from producers through production to the consumer. He increasingly calls for a GMO-free production of feed.

Great efforts are made by governments to reduce the dependence on imported soybeans. The cultivation of domestic, non geneticallymodified plants, such as alfalfa and red clover to produce protein shall reduce the dependence on imports.

In order to ensure the greatest quality in the production we use quality systems such as ISO 9001 and QS.

For years, we recognize a strong tendency towards regional circuits. From the region, for the region: the value chain remains in the region and secure jobs, especially in rural areas.

Most of our production goes directly back to the farmer. Only 30% are produced for the market. Our business partners are on the one hand in our regions, on the other handthey are in neighboring countries.

Feeding Strategies to Utilize both a Hybrid of US Sun-cured and Dehydrated Alfalfa for Maximum Performance and Lowest Cost Ration

Sumantra Sengupta

(Al Dahra Inc., Bakersfield, USA)

Abstract: Our research shows that utilizing a blending technique for Forage will yield better performance and optimize the return on investments for various types of Forage products in the ration. This method is used in many other parts of the world by large Dairy farmers and has been proven to be successful. Additionally, we will also discuss other feed commodity usages that are allowing for milk yield gains of 10 – 15% globally.

Présentation de La Production Française de Luzerne Déshydratée, de Ses Différents Produits , de Leur Qualité Nutritionnelle et Sanitaire

Verzeaux Jean-Pol

(Coop de Frace Deshydratation, France)

Abstract: La France produit 800 000 tonnes de luzerne déshydratée dans 26 usines alimentées en tout ou partie par de l'énergie d'origine renouvelable. Une gamme de 30 spécialités 100% luzerne est disponible pour les ruminants (bovins, ovins, caprins) et les monogastriques (équins, lapins, volailles). La teneur en fibre, en protéines, en carotène, en xantophylles, peut être adaptée aux besoins spécifiques de chaque espèce. Une formule très riche en protéine (> 50 %), les Extraits Concentrés de Luzerne, sont plus particulièrement destinés au marché avicole. Les conditionnements sont également variés: big bag, balles de 800 ? kg, sacs, vrac. DESIALIS est la filiale commerciale commune à la profession qui regroupe et met en marché les différentes spécialités. Les itinéraires de culture très sobres en pesticides, l'absence d'épandages en plein de produits résiduaires organiques, l'encadrement des agriculteurs par des conseillers agronomiques, la technique de déshydratation par flamme directe sans aucun produit ajouté, la certification ISO des usines garantissent des produits totalement sûrs au plan microbiologique, normés dans leur composition et tracés. Le mode de déshydratation confère au produit fini un effet "bypass" qui améliore la digestibilité des protéines de luzerne donc leur efficacité nutritionnelle. Un contexte pédoclimatique très favorable notamment dans le nord-est de la France autorise des rendements de 13 t de matière sèche à l'hectare soit 2.4t de protéines à l'hectare. Le régime des précipitations permet de ne pas avoir recours à l'irrigation et les semences OGM sont interdites en France. Pour toutes ces raisons, la luzerne déshydratée produite en France est probablement la plante riche en protéines la plus économe en ressources naturelles (terres, eau, biodiversité). Elle est également garantie OGM free et son bilan carbone calculé jusqu'au produit fini est positif.

Genome-Wide identification of different dormant *Medicago sativa* L. microRNAs in response to fall dormancy

Wenna Fan, Senhao Zhang, Hongqi Du, Xiaoge Sun, Yinghua Shi, Chengzhang Wang

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou, China)

Background: MicroRNAs (miRNAs) play a critical role in post-transcriptional gene regulation that down-regulate target genes by mRNA degradation or translational repression. Evidence is increasing for their crucial roles during plant development. Identification of miRNAs at the global genome-level by high-throughput sequencing is essential to functionally characterize miRNAs in plants. Alfalfa (*Medicago sativa L.*) is one of the most widely cultivated perennial forage legumes worldwide. Fall dormancy is an adaptive character related to the biomass production and winter survival in alfalfa. However, little is known about miRNA-mediated developmental regulation of fall dormancy in alfalfa. Here, we applied high-throughput sRNA sequencing and genome-wide mining to identify miRNAs that were responsive to fall dormancy.

Results: Four sRNA libraries were generated and sequenced from alfalfa leaves in two standard varieties, at two time points. Through integrative analysis, we identified 51 novel miRNAs of 206 families. We also identified 28 miRNAs associated with fall dormancy, including 20 known miRNAs and 8 novel miRNAs. Both high-throughput sequencing and RT-qPCR confirmed that 8 known miRNA members were up-regulated and 6 known miRNA members were down-regulated in response to fall dormancy. Among the 51 novel miRNAs, 5miRNAs were up-regulated and 3 miRNAs were down-regulated in response to fall dormancy, respectively. In addition, 566 and 583 candidate potential miRNAs were identified at the genome level of *Medicago truncatula* and transcriptome of *Medicago sativa*.

Conclusion: We identified 20 known miRNAs 8 new miRNAs that were responsive to fall dormancy by high-throughput sequencing of small RNAs from *Medicago sativa*. Our data provides a useful resource for investigating miRNA-mediated regulatory mechanisms of fall dormancy in alfalfa, these findings are of importance for our understanding of the roles played by miRNAs in response of plants to abiotic stress in general and fall dormancy in alfalfa.