

## 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

(黑龙江省农业科学院草业研究所，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  $G \times E$ -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 increase 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<sup>[1,2]</sup>。上世纪末本

## 第六届中国苜蓿发展大会

世纪初，我国苜蓿种植面积达 200 万 hm<sup>2</sup>，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<sup>2</sup>，每年优质商品草产量为 20 万 t 左右<sup>[3]</sup>。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<sup>[4]</sup>。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<sup>[5]</sup>。

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<sup>[6-10]</sup>，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<sup>[11,12]</sup>，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<sup>[13]</sup>。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<sup>[13]</sup>。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<sup>[13]</sup>。

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<sup>2</sup> (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<sup>[5]</sup>和曹致中<sup>[14]</sup>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 (°C)	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<sup>[15]</sup>。

## 第六届中国苜蓿发展大会

- 1.3.2 株高测定, 方法略<sup>[16]</sup>。
- 1.3.3 分枝数测定, 方法略<sup>[16]</sup>。
- 1.3.4 草产量测定, 方法略<sup>[16]</sup>。
- 1.3.5 鲜干比和茎叶比测定, 方法略<sup>[16]</sup>。

### 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<sup>[19]</sup>。

## 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<sup>[14]</sup>, 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<sup>[20]</sup>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

品种 代码 Code	环境 代码 Code	2008 年物候期 (日-月)				2009 年物候期 (日-月)				
		出苗率 Rate of seeding emergence	出苗期 Data of seeding	现蕾期 Data of squaring	开花期 Data of blooming	第一茬 返青期 Date of returning	第一茬开 花期 Date of green of 1 <sup>st</sup> cut	第二茬开 花期 Date of of 1 <sup>st</sup> cut	第三茬 开花期 Date of of 2 <sup>nd</sup> 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		茎叶比		鲜干比		主根长 Taproot length (cm)	主根粗 Taproot diameter (cm)	侧根数 No. of lateral root	越冬率 Wintering rate (%)
		No. of stem per plan	株高 Plant heigh (cm)	Stem leaf ratio	Fresh dry weight ratio						
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*	

## 第六届中国苜蓿发展大会

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 千草产量的变异特征

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<sup>-2</sup>)，最低为 V5(9904.95 kg hm<sup>-2</sup>)。E2 试点中，品种间平均产量最高的为 V2(11672.50 kg · hm<sup>-2</sup>)，最低为 V4(10105.05 kg hm<sup>-2</sup>)。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	环境 代码	2008 年干草产 量 DM in 2008 (kg/m <sup>2</sup> )	2009 年干草产量 DM in 2009 (kg/m <sup>2</sup> )	2010 年干草产量 DM in 2010 (kg/m <sup>2</sup> )	年度平均 Average (kg/m <sup>2</sup> )	折合亩产 Equivalent yield (kg/hm <sup>2</sup> )	增产 Increase
Code	Code						
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是 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<sup>[24]</sup>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<sup>[25]</sup>。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<sup>[26]</sup>。

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。

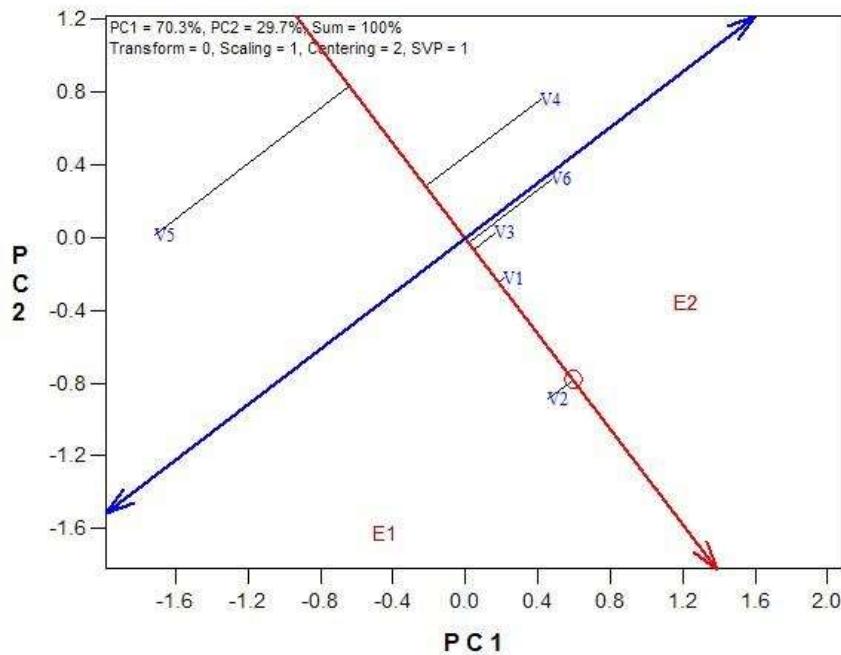


图 1 区试品种的产量和稳定性

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

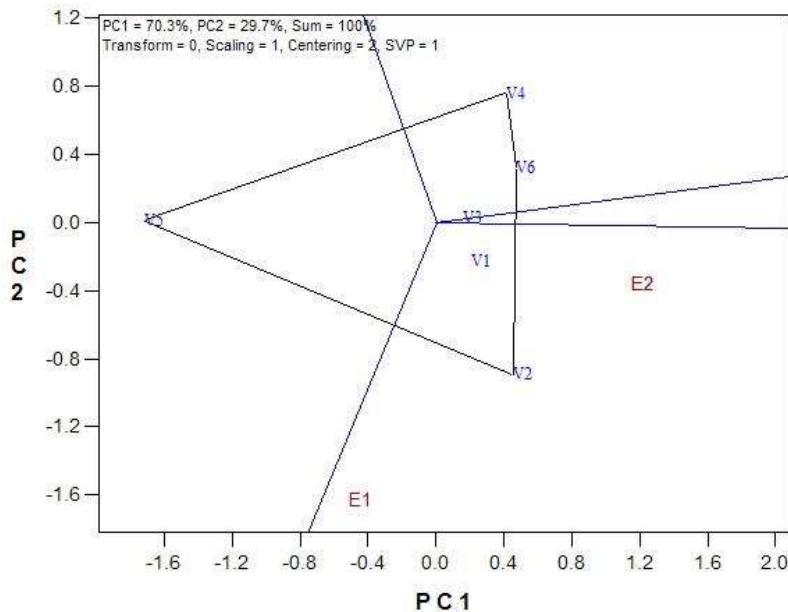


图 2 基于 GGE 双标图分析的区试基因-环境最佳适应区域

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 荖所占比例最大，苜蓿的高产期也在第 3 年<sup>[14,16]</sup>，而在绥化当地第 1 荖产量占到年产量 50% 以上，第 1 荖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 荖，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 荖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 荖产草量的测定，结果表明，第 1 和 2 荖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<sup>[23-24]</sup>。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）