

## 甜荞品种稳定性和试验地点相似性的 GGE 双标图分析

李琴琴<sup>1</sup>, 高乙萍<sup>2</sup>, 张志芬<sup>3</sup>, 张盼盼<sup>1</sup>, 王鹏科<sup>1</sup>,  
高小丽<sup>1</sup>, 高金锋<sup>1</sup>, 冯佰利<sup>1</sup>, 付晓峰<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 榆林市林业学校, 陕西 榆林 719000;  
3. 内蒙古农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

**摘要:** 为了更准确有效地筛选高产、稳产、适应性强的品种和对试验地点的评价, 采用 GGE 双标图对国家区域试验中第八轮甜荞区域试验数据进行分析。结果显示: 定荞 1 号、黑小荞、榆荞 - 5 为产量高、稳定性好的品种; 甜荞品种榆 9002 和西农 9976 较相似, 均来自于陕西榆林, 具有地理上的亲缘关系; 试验地点相对集中分为三组, 第二组和第三组中有相似的试点; 定荞 1 号处于所有试点之中, 具有普遍适应性, 而榆荞 - 5、兴甜 1 号、威甜 02 - 198 和黑小荞具有特殊的适应性, 在局部地区有推广价值。利用 GGE 双标图准确筛选出优良品种, 同时显示了品种间的相似程度; 根据 GGE 双标图可对试点, 尤其是相似试点进行选择 and 取舍。

**关键词:** 甜荞; GGE 双标图; 稳定性; 相似性

**中图分类号:** S517.037 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)01-0067-04

## Stability and testing-site similarity for common buckwheat lines based on GGE-biplot analysis

LI Qin-qin<sup>1</sup>, GAO Yi-ping<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-fen<sup>3</sup>, ZHANG Pan-pan<sup>1</sup>, WANG Peng-ke<sup>1</sup>, GAO Xiao-li<sup>1</sup>,  
GAO Jin-feng<sup>1</sup>, FENG Bai-li<sup>1</sup>, FU Xiao-feng<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Forest College of Yulin, Yulin, Shaanxi 719000, China;

3. Inner Mongolia Academy of Agricultural & Animal Husbandry Sciences, Huhhot, Inner Mongolia 010031, China)

**Abstract:** In order to select the varieties with high and stable yield and widespread adaptability, and to evaluate the testing sites accurately and effectively, GGE - biplot method was adopted to analyze the data from the 8th national regional trials for common buckwheat. The results showed that Dingqiao 1, Heixiaoqiao and Yuqiao - 5 were the varieties with high and stable yield; Yu 9002 and Xinong 9976, both of which were from Yulin, Shaanxi Province, were similar with each other due to their geographical kinship relationship. The testing sites were divided into three groups, and there were similar test environments in two of them. Dingqiao 1 in all sites showed a universal adaptability, while Yuqiao - 5, Xingtian 1, Weitian 02 - 198 and Heixiaoqiao possessed special adaptabilities and could only be extended in some areas. GGE - biplot analysis could not only help to select the varieties with high and stable yield, but also show the similarity among different varieties, so it was available for selecting or discarding similar test environments.

**Keywords:** common buckwheat; GGE-biplot; stability; similarity

荞麦已被作为一种集营养、保健、医药、饲料、蜜源等为一体的多用型作物而在世界各地被广泛种植, 中国是世界主要荞麦生产国, 种植面积和产量均居世界第二位。甜荞(Common Buckwheat)是荞麦的

两个栽培种之一, 在我国东北、华北、西北、西南等地均有分布, 由于其分布区域的复杂性及自身异花结实的特点, 长期以来产量低而不稳, 极大影响着荞麦的生产, 因此, 选育高产、稳产、适应性广的甜荞优良

收稿日期: 2012-05-15

基金项目: 国家科技支撑计划(科技部)项目“荞麦资源高效利用与产业化示范研究”(2006BAD02B06 - 05); 国家自然科学基金项目“荞麦优异基因资源挖掘及黄酮性状的遗传研究”(31071472)

作者简介: 李琴琴(1986—), 女, 陕西佳县人, 硕士研究生, 主要从事杂粮育种及高产生态生理研究。E-mail: liqinqin28@163.com。

通信作者: 王鹏科(1963—), 男, 陕西岐山人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事小杂粮遗传育种研究。E-mail: ylwangpk0128@163.com。

品种更加迫切。品种的稳定性及适应性则由于受基因型与环境互作效应的影响而较丰产性难以度量。为此人们相继提出了多种统计和图解方法分析作物品种产量的丰产性和稳定性,其中最著名的有联合回归图、AMMI(加性主效互作可乘模型)组图和严威凯<sup>[1-5]</sup>创立的 GGE 双标图分析系统。AMMI 分析问世后,显示了它在分析基因型与环境互作效应上的优越性<sup>[7]</sup>,联合回归图的使用越来越少,如 AMMI 模型已经在小麦<sup>[8]</sup>、油菜<sup>[9]</sup>、水稻<sup>[10]</sup>、玉米<sup>[11]</sup>、烤烟<sup>[12]</sup>、甜荞<sup>[13]</sup>等多种作物上广泛应用。GGE 双标图问世后,严威凯等<sup>[4-6]</sup>提出 GGE 双标图在区域试验中的应用,并且比较了 GGE 双标图和 AMMI 双标图的异同。GGE 双标图逐渐被应用到多年多点的区域试验中分析品种的稳定性及适应性,张志芬等<sup>[14-15]</sup>用 GGE 双标图分析燕麦区域试验品系产量稳定性及试点代表性,表明了 GGE 双标图能更简便、有效地分析多年多点试验中品系的稳定性和适应性。本试验应用 GGE 双标图对国家区域试验第八轮甜荞试验数据进行分析,以期客观评价甜荞参试品系产量的稳定性及试点的相似性。

1 材料与方法

1.1 材料与地点

分析材料为第八轮全国甜荞区域试验(2006—

2008 年)参试品种,该轮试验材料已经过国家品种鉴定。参试品种(系)共 8 个:榆 9002、定荞 1 号、兴甜 1 号、黑小荞、西农 9976、榆荞-5、平 01-034、威甜 02-198。

甜荞参试地点共 21 个:吉林白城、山西大同、五寨、内蒙达拉特、赤峰、陕西榆林、靖边、延安、宁夏固原、盐池、西吉、彭阳、同心、甘肃会宁、定西、平凉、四川昭觉、贵州贵阳、兴义、江西吉安、泰兴。

1.2 田间设计与考察指标分析

试验均为随机区组设计,3 次重复,小区面积为 10 m<sup>2</sup>。成熟时考察株高、生育日数、主茎分枝数、主茎节数、单株粒重、千粒重、产量等性状。

1.3 统计分析

用 GGE - Biplot 软件(基因与基因和环境双标图)进行双标图分析<sup>[6]</sup>。

2 结果与分析

2.1 甜荞参试品种的性状和产量表现

将 8 个甜荞品种在 21 个试点的生育日数、主要经济性状及产量表现列于表 1。从表 1 看出,8 个参试品种的差异主要是单株粒重和千粒重这两个经济性状上,因而也就表现出产量的差异性。产量最高的品种是榆荞-5,其次是定荞 1 号,最低的是西农 9976,产量的变幅在 28.0 kg·667m<sup>-2</sup>。

表 1 甜荞品种生育日数及主要经济性状表现

Table 1 Growing days and main economic characters in common buckwheat

| 品种(系)<br>Varieties (lines) | 生育日数<br>Growing days<br>/d | 株高<br>Plant height<br>/cm | 主茎分枝数<br>(枝)<br>Number of plant branches | 主茎节数<br>(节)<br>Nodes of main stem | 单株粒重<br>Seeds weight<br>per plant/g | 千粒重<br>1000-seed weight/g | 小区产量<br>Plot yield<br>/kg | 折合产量<br>Equivalent yield<br>/(kg·667m <sup>-2</sup> ) |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| 榆 9002 Yu 9002             | 81                         | 96.9                      | 4.3                                      | 11.8                              | 2.4                                 | 28.9                      | 1.183                     | 78.9                                                  |
| 定荞 1 号(CK) Dingqiao 1      | 80                         | 90.8                      | 3.9                                      | 10.3                              | 2.8                                 | 26.7                      | 1.344                     | 89.6                                                  |
| 兴甜 1 号 Xingtian 1          | 82                         | 92.5                      | 3.9                                      | 10.9                              | 2.9                                 | 25.0                      | 1.152                     | 76.8                                                  |
| 黑小荞 Heixiaoqiao            | 81                         | 91.4                      | 4.2                                      | 10.6                              | 2.8                                 | 28.1                      | 1.290                     | 86.0                                                  |
| 西农 9976 Xinong 9976        | 82                         | 94.1                      | 4.4                                      | 11.3                              | 2.3                                 | 29.2                      | 0.956                     | 63.7                                                  |
| 榆荞-5 Yuqiao-5              | 80                         | 87.7                      | 4.0                                      | 10.1                              | 3.1                                 | 29.1                      | 1.376                     | 91.7                                                  |
| 平 01-034 Ping 01-034       | 80                         | 93.5                      | 4.2                                      | 10.5                              | 3.3                                 | 26.7                      | 1.275                     | 85.0                                                  |
| 威甜 02-198 Weitian 02-198   | 83                         | 96.6                      | 4.1                                      | 11.0                              | 2.6                                 | 25.4                      | 1.211                     | 80.7                                                  |

2.2 甜荞参试品种的平均表现和稳定性

利用双标图对甜荞参试品种的平均表现和稳定性进行分析,由于 x 轴代表了品种的平均产量,y 轴代表品种的稳定性(第二主成分值,即品种在各试点的产量稳定性),y 轴向量越接近于 0,稳定性越好。理想品种应当第一主成分值最大,第二主成分值接近于 0<sup>[6]</sup>。

利用产量性状对甜荞品种作双标图,如图 1 所示,甜荞品种产量由大到小的次序是:榆荞-5 > 定荞 1 号 > 黑小荞 > 平 01-034 > 威甜 02-198 > 榆 9002 > 兴甜 1 号 > 西农 9976。稳定性的次序是:定荞 1 号 > 黑小荞 > 榆荞-5 > 平 01-034 > 榆 9002 > 西农 9976 > 威甜 02-198 > 兴甜 1 号。稳定性最好的是定荞 1 号,定荞 1 号接近于假设的理想品种,产

量较高,而且稳定;榆荞-5 和黑小荞各有特点:榆荞-5 产量最高,但稳定性次于黑小荞,黑小荞产量较低但稳定性好于榆荞-5,相比较而言,这两个品种也是比较理想的品种;平 01-034、榆 9002 产量和稳定性居中等;威甜 02-198 产量中等,但稳定性较差;兴甜 1 号和西农 9976 产量低而且稳定性差。具体产量位次和稳定性数值见表 2。

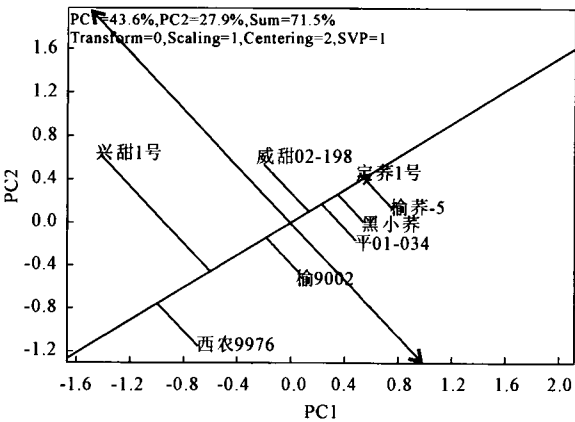


图 1 甜荞产量平均表现和稳定性

Fig.1 Average yield and yield stability of common buckwheat

表 2 甜荞测定值与按双标图得出的预测值

Table 2 The measured values of common buckwheat and the predicted values obtained by GGE-biplot

| 试材<br>Trial materials       | 测定值<br>Measured value | 预测值<br>Predicted value | 不稳定性<br>Instability |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| 榆荞-5 Yuqiao-5               | 0.626                 | 0.674                  | 0.353               |
| 黑小荞 Heixiaoqiao             | 0.388                 | 0.433                  | 0.332               |
| 定养 1 号 Dingqiao 1           | 0.371                 | 0.676                  | -0.051              |
| 平 01-034 Ping 01-034        | 0.240                 | 0.280                  | 0.412               |
| 威甜 02-198<br>Weitian 02-198 | 0.151                 | 0.172                  | -0.596              |
| 榆 9002 Yu 9002              | -0.186                | -0.238                 | 0.416               |
| 兴甜 1 号 Xingtian 1           | -0.568                | -0.752                 | -1.352              |
| 西农 9976 Xinong 9976         | -1.023                | -1.244                 | 0.486               |

注:测定值是每个品种产量数据标准化后再中心化后,各个试点的平均值。

Note: Measured value is the average yield of all testing sites after being standardized and centralized.

2.3 甜荞参试品系相似性

利用农艺性状对甜荞品种作双标图,如图 2 所示,甜荞品系榆 9002 和西农 9976 向量夹角几乎为 0,说明榆 9002 和西农 9976 最相似。这两个品种均来自于陕西榆林,因此具有地理上的亲缘关系,而榆 9002 和西农 9976 与其它品种之间,以及其它品种之间没有相似性。

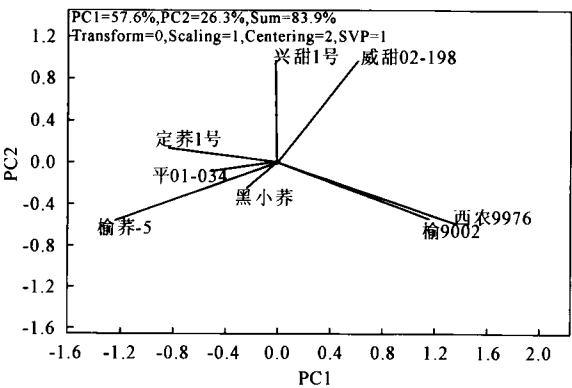


图 2 甜荞品系相似性

Fig.2 The similarity of common buckwheat lines

2.4 甜荞参试试点分组

甜荞试点相对集中,每组地点差异不是很大,如图 3。甜荞参试地点可以分为三组:第一组包括甘肃会宁,宁夏同心,陕西榆林,内蒙达拉特,吉林白城;第二组包括:宁夏西吉、固原,山西大同、五寨,宁夏盐池,内蒙古赤峰;第三组包括:陕西延安,甘肃定西,贵州贵阳、兴义,江西吉安、泰兴,四川昭觉,宁夏彭阳,甘肃平凉。第二组的试点差异性较小,宁夏西吉、固原,山西大同试点较为相似,宁夏盐池和内蒙古赤峰较为相似。第三组陕西延安和甘肃定西试点相似,贵州贵阳和贵州兴义试点相似。

2.5 甜荞参试品种适应性

由图 3 显示,西农 9976、榆 9002 和平 01-03 三个品种游离于所有试点之外,说明他们适应性较差;定养 1 号处于所有试点之中,具有普遍适应性;榆荞-5、兴甜 1 号、威甜 02-198、黑小荞处各组试点当中,说明具有特殊的适应性,在局部地区有推广价值。其中,榆荞-5 在第一组地域环境中具有较好的适应性,兴甜 1 号和威甜 02-198 在第三组试点有较好的适应性,黑小荞在第二组试点有较好的适应性。

3 结论与讨论

在第八轮国家甜荞品种区域试验中,榆荞-5 平均产量排在第一位,GGE 分析结果显示稳定性较差于定养 1 号和黑小荞。定养 1 号接近于假设的理想品种,而在第八轮试验中定养 1 号是对照。黑小荞产量较高,而且稳定性较好,第八轮试验汇总结果显示,黑小荞产量排在第三位,产量没有超过对照,从 GGE 的分析结果可以看出其稳定性仅次于定养 1 号。榆 9002 和西农 9976 由于都是来自于陕西榆林的品种,分析也得出它们之间具有相似性,即具有地理上的亲缘关系。

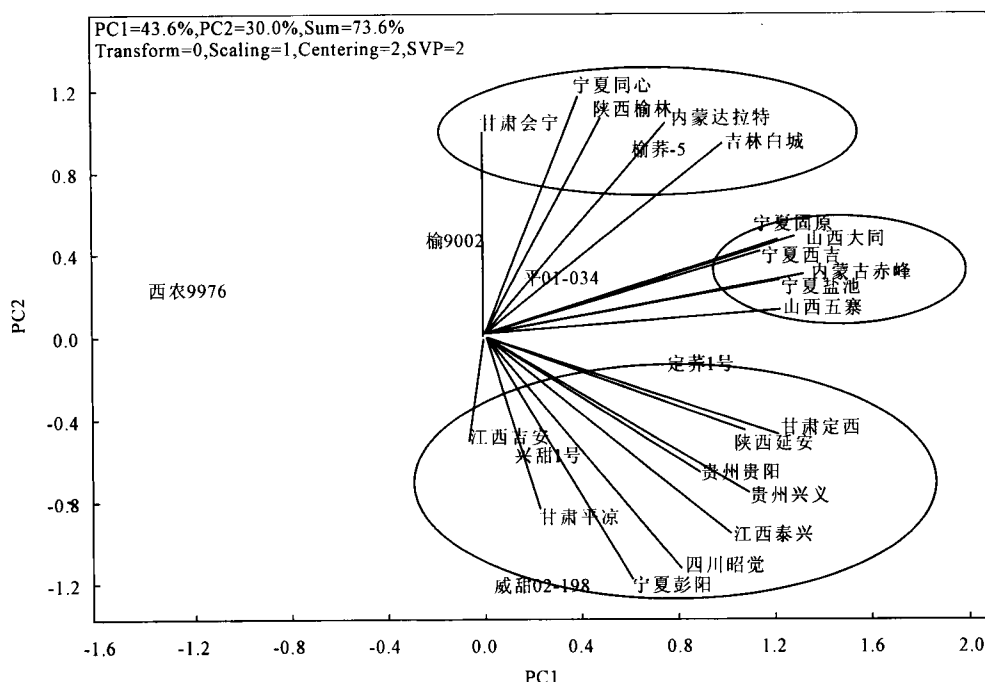


图 3 甜荞试验地点分组图

Fig.3 Group of testing sites of common buckwheat

区域试验中试点的取舍对于品种的评价尤为重要。根据 GGE 双标图分析在同一组试点中可以依据地理位置进行试点选择,而在同一组试点中应对相似的试点进行取舍。因此,根据本试验分析结果,对第二组中宁夏西吉、固原和山西大同三个点可保留一个试点;宁夏盐池和内蒙古赤峰两个试点可保留一个点。对第三组中陕西延安和甘肃定西可保留一个点;贵州贵阳和贵州兴义可保留一个点。

GGE 双标图兼顾各年之间的差异,筛选出的品种,不仅考虑到高产,而且稳产和具有适应性。GGE 双标图具有其分析的直观性和客观性:(1)可以直观地评鉴出高产、稳产以及适应性强的优良品种;(2)从表现性状上显示了品种间的相似程度,据此可以对参试品种的亲缘关系做出初步判断并进行遗传背景分析;(3)直观地反映了参试试点的区域分布及其相似性。但与 AMMI 模型分析相比较,GGE 双标图在基因型与环境互作效应的分析上具有一定的局限性<sup>[6-10,14-15]</sup>。

在 GGE 双标图的试点分组中,第一组和第二组中的试点全部为我国北方的试点,我国南方的试点全部包含在第三组中,但在第三组中仍然具有北方的试点(陕西延安、甘肃定西、宁夏彭阳、甘肃平凉),同样,地理气候特点上基本相近的试点处于不同的分组中,例如,甘肃的会宁、定西,宁夏的西吉、固原、彭阳,陕西的榆林、延安等试点具有相似的地理环境和气候特点,但它们分别分布于三个分组中,这是否

说明利用 GGE 双标图对试点的分析是品种对环境的适应性,而并非单纯气候地理位置的区域性?另外,由于甜荞是蜂媒花的异花授粉作物,其开花结实受温度、雨水等因素影响很大,不同的地域条件气候差异较大,而且年际间也有变化,但处于不同地理环境中的试点在甜荞生长发育的环境条件上却有着相似性?这些影响因素是否对利用 GGE 双标图的试点鉴别有一定的干扰,还需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Yan W K. GGE Biplot-A Windows application for graphical analysis of multi environment trial data and other types of two-way data[J]. Agron J, 2001, 93:1111-1118.
- [2] Yan W K. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi environment trial data[J]. Agron J, 2002, 94:990-996.
- [3] Yan W K, Tinker N A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications[J]. Can J Plant Sci, 2006, 86:623-645.
- [4] Yan W K, Tinker N A. A biplot approach for investigating QTL-by-environment patterns[J]. Mol Breed, 2005,15:31-43.
- [5] Yan W K, Kangb M S, Ma B L, et al. GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data[J]. Crop Sci, 2007, 47: 641-653.
- [6] 严威凯. 双标图分析在农作物品种多点试验中的应用[J]. 作物学报, 2010,36(11):1805-1819.
- [7] 张 泽, 鲁 成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的品种稳定性分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3):304-309.

(下转第 121 页)

度升高,光合作用增强,与其密切相关的呼吸作用也增强,排放出更多的 CO<sub>2</sub>。

## 4 结 论

农田 CO<sub>2</sub> 排放速率具有明显的季节变化规律,且与温度的动态变化相一致。从全生长季排放总量来看, N150 + S > N190 ≈ N150 > N75, 在一定范围内增施氮肥促进 CO<sub>2</sub> 排放,但达到一定限度继续增 N, CO<sub>2</sub> 排放不再增加。秸秆还田显著增加农田 CO<sub>2</sub> 排放,排放总量较同氮素水平下无秸秆还田处理相比增加 18%。大气、地表、土壤 10 cm 温度均与 CO<sub>2</sub> 通量具有极显著的指数相关关系,且与大气温度的相关性最好。

## 参 考 文 献:

- [1] 张 宇,张海林,陈继康,等.耕作措施对华北农田 CO<sub>2</sub> 排放影响及水热关系分析[J].农业工程学报,2009,25(4):47-53.
- [2] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. Science, 2004,304(11):1623-1627.
- [3] Schimel DS. The carbon equation[J]. Nature, 1998,393:208-209.
- [4] Valentini R, Matteucci G, Dolman AJ, et al. Respiration as main determinant of carbon balance in European forests[J]. Nature, 2000, 404:861-865.
- [5] 李 琳,陈 阜.不同耕作措施下冬小麦生长季农田二氧化碳排放通量及其与土壤温度的关系[J].应用生态学报,2007,18(12):2765-2770.
- [6] 丁 洪,王跃思,王德禄.东北黑土中 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 的排放量[J].农业环境科学学报,2003,22(6):720-723.
- [7] 同延安,Ove Emteryd, 张树兰,等.陕西省氮肥过量施用现状评价[J].中国农业科学,2004,37(8):1239-1244.
- [8] 吉艳芝,巨晓棠,刘新宇,等.不同施氮量对冬小麦田氮去向和气态损失的影响[J].水土保持学报,2010,24(3):113-118.
- [9] 尹晓芳,同延安,张树兰,等.关中地区小麦/玉米轮作农田硝态氮淋溶特点[J].应用生态学报,2010,21(3):640-646.
- [10] 武志杰,张海军,徐广山,等.玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J].应用生态学报,2002,13(5):539-542.
- [11] 曹国良,张小曳,王亚强,等.中国区域露天秸秆露天焚烧排放量的估算[J].科学通报,2007,52(15):1826-1831.
- [12] 张绪成,上官周平.施氮对不同抗旱性冬小麦叶片光合与呼吸的调控[J].应用生态学报,2006,17(11):2064-2069.
- [13] 孙文娟,黄 耀,郑循华,等.作物生长与含氮量对土壤-作物系统 CO<sub>2</sub> 排放的影响[J].环境科学,2004,25(3):1-6.
- [14] Luo Y, Wan S, Hui D, et al. Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie[J]. Nature, 2001,413:622-625.
- [15] Reich PB, Walters MB, Ellsworth DS, et al. Relationships of leaf dark respiration to leaf nitrogen, specific leaf area and leaf life-span: a test across biomes and functional groups[J]. Oecologia, 1998,114:471-482.
- [16] Lusk CH, Reich PB. Relationships of leaf dark respiration with light environment and tissue nitrogen content in juveniles of 11 cold-temperate tree species[J]. Oecologia, 2000,123:318-329.
- [17] 吕美蓉,李增嘉,张 涛,等.少免耕与秸秆还田对极端土壤水分及冬小麦产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):41-46.
- [18] 刘世平,聂新涛,张洪程,等.稻麦两熟条件下不同土壤耕作方式与秸秆还田效用分析[J].农业工程学报,2006,22(7):48-51.
- [19] 杨志谦,王维敏.秸秆还田后碳、氮在土壤中的积累与释放[J].土壤肥料,2001,5:33-36.
- [20] 韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳,等.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报,2002,18(3):87-91.
- [21] 谢军飞,李玉娥.农田温室气体排放机理与影响因素研究进展[J].中国农业气象,2002,23(4):47-52.
- [22] 陈述悦,李 俊.华北平原麦田土壤呼吸特征[J].应用生态学报,2004,15(9):1552-1560.
- [23] 刘允芬.青藏高原农田土壤 CO<sub>2</sub> 排放研究初报[J].自然资源学报,1998,13(2):181-186.

(上接第 70 页)

- [8] 姚 霞,李 伟,颜泽洪,等. AMMI 模型在小麦区域试验产量组成性状分析中的应用[J].麦类作物学报,2005,25(6):103-107.
- [9] 张体刚,李芝凡,胥 岚,等. AMMI 模型在油菜品种区域试验中的应用[J].四川农业大学学报,1999,17(2):172-175.
- [10] 刘文江,李浩杰,汪旭东,等.用 AMMI 模型分析杂交水稻基本性状的稳定性[J].作物学报,2002,28(4):569-573.
- [11] 吴渝生,李本逊,顾红波,等.甜玉米品种稳定性的 AMMI 模型分析[J].华中农业大学学报,2003,22(1):4-8.
- [12] 刘 伟,朱列书,朱静娴,等.基于 AMMI 模型的烤烟品种丰产性和稳定性评价[J].作物研究,2011,25(4):327-330.
- [13] 高金锋.荞麦品种稳定性与适应性分析及评价研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [14] 张志芬,付晓峰,刘俊青,等.裸燕麦区域试验中地点鉴别力和育成品种稳定性分析[J].麦类作物学报,2010,30(3):515-519.
- [15] 张志芬,付晓峰,刘俊青,等.用 GGE 双标图分析燕麦区域试验品系产量稳定性及试点代表性[J].作物学报,2010,36(8):1377-1385.