



大豆营养高效利用型品种筛选

王金生¹, 闫晓艳², 吴俊江¹, 蒲国锋¹, 刘庆莉¹

(1. 黑龙江省农业科学院 大豆研究所/农业农村部大豆栽培重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 吉林省农业科学院 大豆研究所, 吉林 长春 130033)

摘要:为了准确获得大豆营养高效利用型品种,设置施肥和不施肥 2 个处理,采用 5 种指标营养利用因子的评价方法对 40 个大豆材料进行初步筛选,然后利用 GGE 双标图数学模型方法对初筛结果进行综合评比鉴定。结果表明:黑农 63、黑农 58、垦丰 4、黑农 46、合农 75、黑农 44、KF102、131560-29、131560-45、黑农 64、黑农 56、黑农 34、黑农 68、黑农 82、黑农 80 和黑农 85 在多指标综合鉴定中表现出具有较高的营养高效利用能力。针对初筛结果利用 GGE 双标图数学模型方法综合对比得出 131560-29、黑农 68、黑农 64 和黑农 75 在多环境及多指标鉴定中均表现出较强的营养高效利用能力。该结果为适于黑龙江地区不同环境条件下节本绿色大豆生产提供了重要材料。

关键词:大豆; 营养高效利用; 品种; 营养利用因子; GGE 双标图

Screening of Soybean Varieties with High Nutritional Efficiency

WANG Jin-sheng¹, YAN Xiao-yan², WU Jun-jiang¹, PU Guo-feng¹, LIU Qing-li¹

(1. Soybean Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Soybean Cultivation, Ministry of Agriculture, Harbin 150086, China; 2. Institute of Soybean Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Jilin 130033, China)

Abstract: In order to obtain soybean variety with high nutritional efficiency, two treatments of fertilization and non fertilization were set. Forty soybean materials were preliminarily screened by 5 evaluation methods of nutritional utilization factors, then, the GGE-Biplot mathematical model method was used to evaluate the preliminary screening results. The results showed that Heinong 63, Heinong 58, Kenfeng 4, Heinong 46, Henong 75, Heinong 44, KF102, 131560-29, 131560-45, Heinong 64, Heinong 56, Heinong 34, Heinong 68, Heinong 82, Heinong 80 and Heinong 85 showed high nutritional efficiency in multi index comprehensive appraisal. According to the results of preliminary screening, 131560-29, Heinong 68, Heinong 64 and Heinong 75 showed strong efficient utilization of nutrition in multi-environment and multi-index identification by using GGE-Biplot mathematical model method. The results provide important materials for saving cost and green soybean production under different environmental conditions in Heilongjiang province.

Keywords: Soybean; High efficient utilization of nutrients; Variety; Nutrient utilization factor; GGE-Biplot

大豆是世界重要的粮油兼用作物,也是人类优质蛋白质的主要来源^[1]。既是中国主要作物之一,也是中国进口量最大的农产品^[2]。大豆是关系国计民生的重要基础性、战略性物资,又是最具经济效益的作物,其延长的产业链和价值链具有很大发展潜力,在农产品贸易领域扮演着举足轻重的角色^[3]。但由于大豆在生产过程中需肥较多,对 N、P、K 三要素的吸收一直可以持续到成熟期^[4-6],因此对大豆生产过程中的施肥问题多存在误区,对大豆生产管理粗放,施肥量往往较大,不但造成大豆产量不高,而且也间接浪费资源,无形中造成大豆生产成本的增加,产出效益比降低。

近几年,随着人们对资源和环境问题严峻性认识的不加加深,以节约资源、保护环境及绿色农业为前提的农业持续发展逐渐被认可并采纳。目前,

植物营养性状遗传改良已日益受到国际重视^[7-8],欧美许多国家都把植物营养性状改良作为农业基础研究的前沿课题和优先发展领域,第 15 届国际土壤学会也提出了“优化养分循环,减少养分投入,提高养分利用效率,促进农业持续发展”的研究目标^[9]。

营养高效利用品种,即品种对养分的利用效率较高,无需大量投入养分就可以保证其生成和发育。营养高效利用品种的应用不仅可以有效减少大豆生产中肥料的过量投入,减少生产成本,同时还可以作为遗传改良材料,选育出以节本绿色为目标的新品种。但是大豆营养高效利用品种的筛选研究很少,对于其筛选指标的选择也没有统一的标准。养分会对大豆的生长及产量指标产生影响,利用低养分和高养分条件下的表型指标数据对比可

收稿日期:2020-03-10

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0201001);黑龙江省农业科学院院级科研项目专项资金(2019YYYF036)。

第一作者简介:王金生(1981-),男,硕士,助理研究员,主要从事大豆耕作与栽培研究。E-mail: jinshengwang1981@163.com。

通讯作者:吴俊江(1970-),男,博士,研究员,主要从事大豆耕作与栽培技术研究。E-mail: nkywuji@126.com。

以间接反映出其营养的利用效率。双标图(Biplot)数据分析方法无需验证,是更加直观且有效的分析手段,采用这样的评价技术不仅可以大幅提高鉴定的准确性,同时也能够拓展双标图的应用范畴,为大豆营养高效利用品种的筛选提供全新方法。本研究以大豆品种的养分利用效率特点为研究对象,立足于减少肥料的无效投入,增加大豆的产出效益比,利用黑龙江省大豆主产区主栽的 40 个大豆品种为材料,设置施肥与不施肥 2 个处理,以大豆植株生物产量、根系指标及产量构成因子为选择指标计算营养利用因子,利用双标图数据分析方法进行大豆营养高效利用基因型品种鉴定、筛选,分析表型的

主效应及表型与环境互作的效应。研究通过图示化的结果予以表现,挖掘营养高效利用能力较强且多环境稳定的优良材料,以期筛选出营养利用效率高且多环境下稳定的大豆品种,为大豆的高效、绿色、节能性生产提供材料保障。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆品种为丰产性较好的常规品种及近两年推广的黑农号新品种,共 40 份,由黑龙江省农业科学院大豆研究所提供(表 2)。

表 2 供试大豆材料
Table 2 Experimental soybean material

序号 No.	材料 Material	序号 No.	材料 Material	序号 No.	材料 Material	序号 No.	材料 Material
1	黑农 63 Heinong 63	11	黑农 58 Heinong 58	21	合丰 49 Hefeng 49	31	垦丰 4 号 Kenfeng 4
2	绥农 10 号 Suinong 10	12	合丰 31 Hefeng 31	22	KF102	32	131560-45
3	黑农 64 Heinong 64	13	丰收 24 Fengshou 24	23	黑农 52 Heinong 52	33	黑农 34 Heinong 34
4	黑农 68 Heinong 68	14	黑农 81 Heinong 81	24	中农 606 Zhongnong 606	34	黑农 83 Heinong 83
5	黑农 86 Heinong 86	15	黑农 80 Heinong 80	25	黑农 85 Heinong 85	35	黑农芽 1 号 Heinongya 1
6	黑农 35 Heinong 35	16	合农 75 Henong 75	26	黑农 69 Heinong 69	36	黑农 44 Heinong 44
7	黑农 46 Heinong 46	17	黑农 62 Heinong 62	27	131560-29	37	黑农 42 Heinong 42
8	黑农 66 Heinong 66	18	黑农 56 Heinong 56	28	黑农 50 Heinong 50	38	垦丰 16 Kenfeng 16
9	黑农 82 Heinong 82	19	黑农芽 2 号 Heinongya 2	29	中龙 608 Zhonglong 608	39	黑农 71 Heinong 71
10	黑农 84 Heinong 84	20	黑农 87 Heinong 87	30	黑农 93 Heinong 93	40	黑农 48 Heinong 48

1.2 试验设计

试验开始于 2019 年 7 月,所有品种均在海伦

市、绥化及牡丹江试验基地种植,各地区土壤基础肥力详见表 1。

表 1 试验地点基础肥力状况
Table 1 Basic fertility of test site

地点 Place	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Hydrolyzable nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	速效磷 Rapidly available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg·kg ⁻¹)	pH
海伦 Hailun	5.1	30.4	1.5	40.2	6.8
绥化 Suihua	4.7	31.4	1.7	38.4	6.4
牡丹江 Mudanjiang	4.9	30.5	2.0	41.6	6.3

针对全部供试材料均设置施肥与不施肥 2 个处理,施肥处理施复合肥 750 kg·hm⁻²,肥料以种肥的形式一次性施入。2019 年 5 月 3 日播种,小区面积 20 m²,垄宽 0.65 m,采用垄上双行精量点播,双行间距 12 cm,株距 6 cm。设置 3 次重复,完全随机区组设计,常规田间管理。

1.3 测定项目与方法

- 1.3.1 生物量 于大豆盛花期,采用“X”形 5 点取样方法,每点取 10 株,置于烘箱中,在 105 ℃杀青 10 min,然后在 75 ℃烘干至恒重,称重,计算平均值。
- 1.3.2 根系活力和根系活跃吸收表面积 于大豆开花结荚期,采用“X”形 5 点取样方法,每点取样 10

株,利用 α -萘胺法^[10]测定根系活力,采用甲烯蓝法^[11]测定根系活跃吸收表面积,计算平均值。

1.3.3 产量相关性状 于大豆成熟期,采用“X”形5点取样,每点取10株,调查记录大豆单株粒数,称量记录大豆百粒重,计算平均值。

1.3.4 营养利用因子 对供试大豆品种的营养高效利用能力进行综合评价。营养利用因子指各指标的不施肥处理与施肥处理的相对比值,表示大豆对营养高效利用能力的大小。营养利用因子=不施肥状态下各指标测定值/施肥状态下各指标测定值。

1.4 数据分析

利用 Excel 2007 进行数据处理分析,采用 GGE Biplot 5.2 软件分析大豆营养利用因子在不同环境下的综合表现。

2 结果与分析

2.1 营养高效利用品种的初步筛选

2.1.1 以生物量为鉴定指标 营养利用因子的数值越大,表明品种对营养的利用能力越强;营养利用因子的数值越小,表明品种对营养的利用能力越弱。由图1可知,以生物量为鉴定指标,供试品种的营养利用能力整体相对较高,但也存在明显的差异。其中,黑农36、合农75、黑农44、黑农46、131560-29、黑农64、黑农66、丰收24、黑农56、黑农芽2号和黑农93的营养利用因子相对较高,均大于0.9,说明上述品种营养利用能力较强,在营养缺失的条件下,能主动适应变化,减小因营养缺失造成的生物量积累下降引发产量降低。

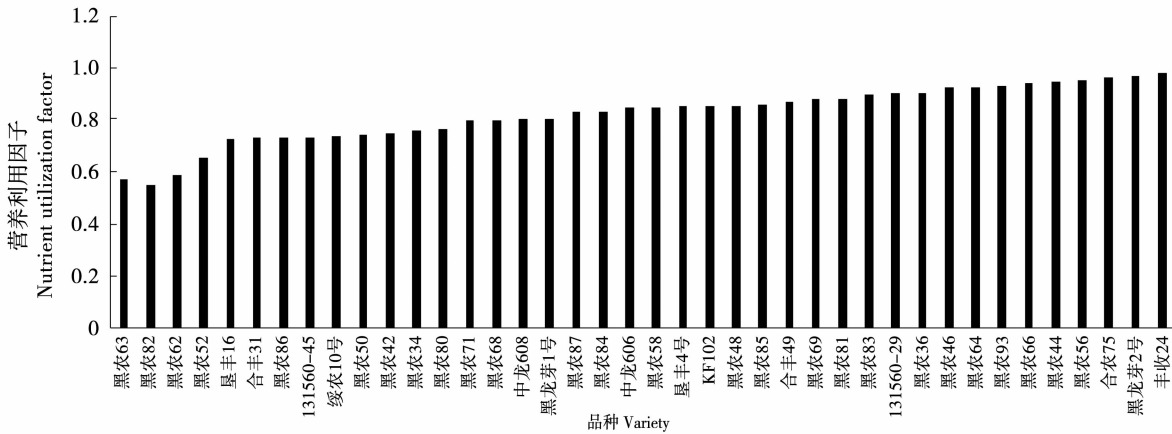


图1 以生物量为营养利用因子的大豆品种排序

Fig.1 Soybean variety order based on the nutrient utilization factors calculated by plant biomass

2.1.2 以根系活力为鉴定指标 以根系活力为鉴定指标计算的营养利用因子为0.81~1.09。其中,黑农63、合农75、合丰49、黑农69、黑农44、KF102、黑农52、黑农34、垦丰16、黑农68、黑农82、黑农81、黑农芽2号、黑农87和黑农85的营养利用因子相对较高,均达到了1.0以上。营养利用因子>0.9的品种有黑农35、黑农58、垦丰4、黑农46、黑农62、131560-29、131560-45、黑农42、黑农64、黑农56、黑农50、中龙606、中龙608和黑农71(图2)。供试品种营养利用因子较高,说明不施肥处理能激发这些品种提高根系活力的能力,以此减少营养缺失对其生长的影响,这是植物适应逆境环境启动的适应性变化。

2.1.3 以根系活跃吸收表面积为鉴定指标 根系活跃吸收面积为鉴定指标计算的营养利用因子分布于0.47~0.90。其中,黑农44、KF102、黑农64、黑农34、黑农82、黑农芽2号、黑农80、黑农87、黑农85和黑农芽1号营养利用因子大于0.9。另外,

合农75、合丰49、绥农10号、黑农46、131560-29、131560-45、黑农42、黑农52、垦丰16、中龙608、黑农71、黑农93、黑农48和黑农35的营养利用因子大于0.8(图3)。

2.1.4 以单株粒数为鉴定指标 通过以单株粒数为鉴定指标计算的营养利用因子对比可以看出,相对其它鉴定指标,以单株粒数为鉴定指标条件下营养利用因子普遍较高,分布于0.67~0.97。其中,黑农63、合农75、垦丰4号、黑农44、绥农10号、黑农46、KF102、131560-29、131560-45、黑农56、黑农52、黑农34、垦丰16、黑农68、黑农82、黑农81、中龙608、黑农83、黑农71、黑农80和黑农93营养利用因子大于0.9(图4)。以单株粒数为鉴定指标条件下营养利用因子普遍较高,可能是由于单株荚数是其品种本身固有特性,外界环境条件的改变不能从根本上影响其本质特性。

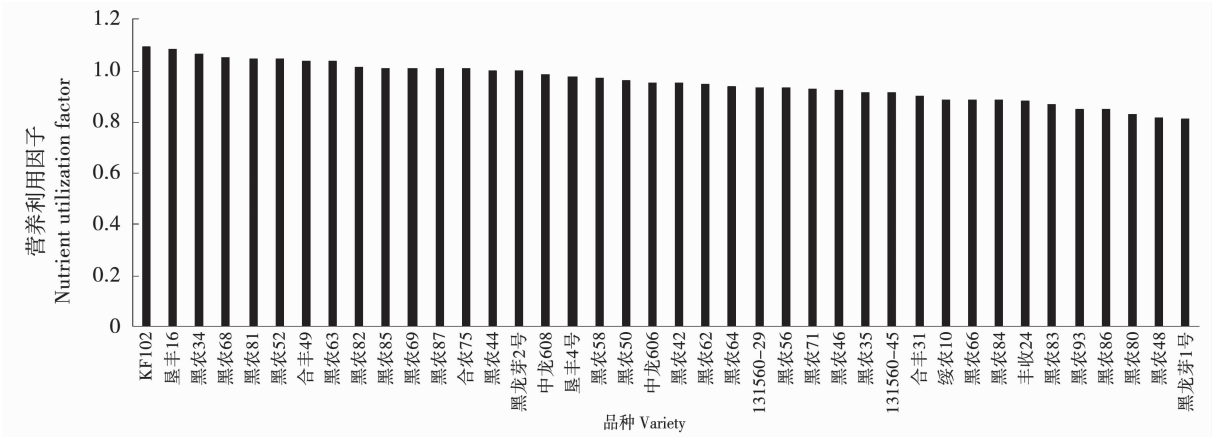


图2 以根系活力为营养利用因子的大豆品种排序

Fig.2 Soybean variety order based on the nutrient utilization factors calculated by root activity

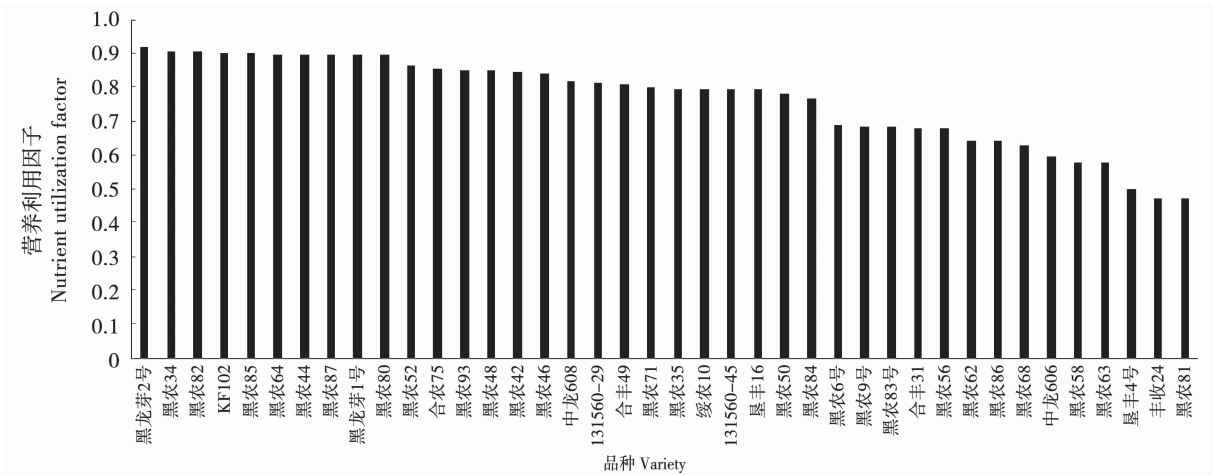


图3 以根系活跃吸收表面积为营养利用因子的大豆品种排序

Fig.3 Soybean variety order based on the nutrient utilization factors calculated by active absorption surface area of roots

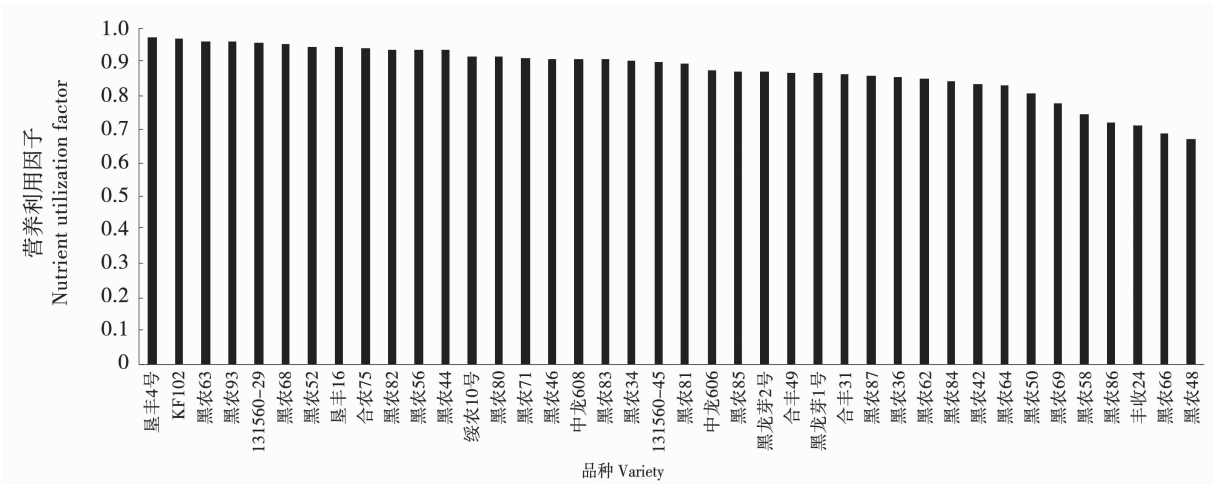


图4 以单株粒数为营养利用因子的大豆品种排序

Fig.4 Soybean variety order based on the nutrient utilization factors calculated by seed number per plant

2.1.5 以百粒重为鉴定指标 以百粒重为鉴定指标计算的营养利用因子分布于 0.68~0.96。其中, 黑农 63、黑农 58、合农 75、黑农 44、绥农 10 号、合丰 31、KF102、131560-29、131560-45、黑农 42、黑农 64、

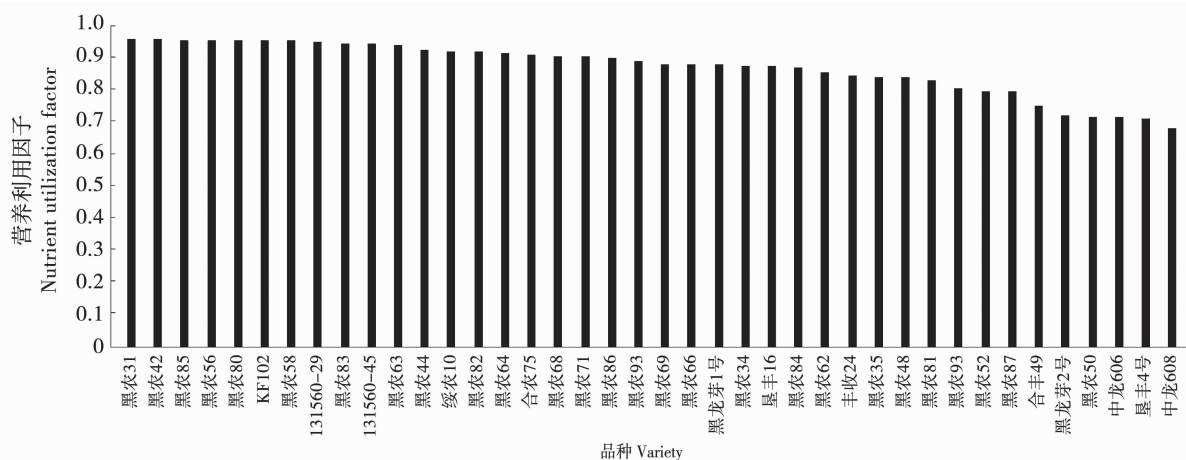


Fig. 5 Soybean variety order based on the nutrient utilization factors calculated by 100-seed weight

多环境条件下营养高效利用品种的综合评价与初步筛选结果表明大豆品种黑农 63、黑农 58、垦丰 4 号、黑农 46、合农 75、黑农 44、KF102、131560-29、131560-45、黑农 64、黑农 56、黑农 34、黑农 68、黑农 82、黑农 80 和黑农 85 在多指标综合鉴定中表现出具有较高的营养高效利用能力。利用 GGE Biplot 软件,以营养利用因子模拟产量,进行品种特性与环境互作双标图法分析鉴定,结果表明:以植株生物量作为鉴定指标,供试品种营养高效利用因子大于平均值且环境稳定性好的品种排列顺序为:131560-29 > 黑农 68 > 黑农 46 > 黑农 64 > 黑农 75 > 黑农 85 > 黑农 82(图 6);以根系活力作为鉴定指标,供试品种营养高效利用因子大于平均值且环境稳定性好的品种排列顺序为:黑农 82 > 黑农 64 > 黑农 68 > 黑农 44 > 黑农 75 > 131560-29 > 黑农 46 > 黑农 85(图 7);以根系吸收面积作为鉴定指标,供试品种营养高效利用因子大于平均值且环境稳定性好的品种排列顺序为:黑农 64 > 黑农 75 > 黑农 68 > 131560-29 > 垦丰 4 > 黑农 44 > 131560-45 > 黑农 46 > 黑农 58 > 黑农 63 > 黑农 82(图 8);以单株粒数作为鉴定指标,供试品种营养高效利用因子大于平均值且环境稳定性好的品种排列顺序为:131560-29 > 黑农 64 > 黑农 68 > 黑农 44 > 黑农 75 > 垦丰 4 号

综合比较而言,131560-29、黑农 68、黑农 64、黑农 75 在多环境及多指标鉴定中均表现出较强的营养高效利用能力。

图6 以生物量为指标的参试品种营养高效利用能力及稳定性

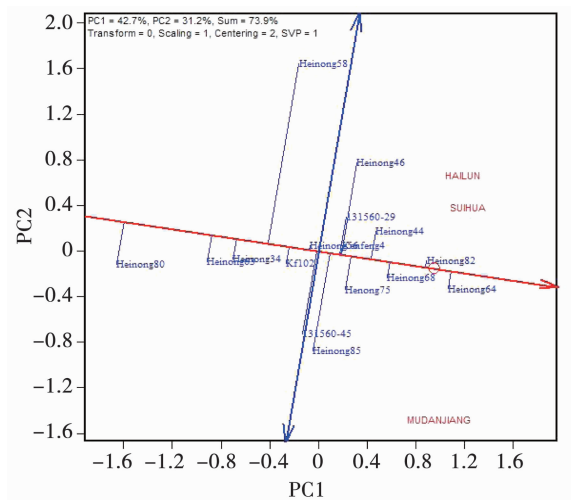


图 7 以根系活力为指标的参试品种营养高效利用能力及稳定性

Fig. 7 Nutritional utilization efficiency and stability of the tested varieties with root activity as index

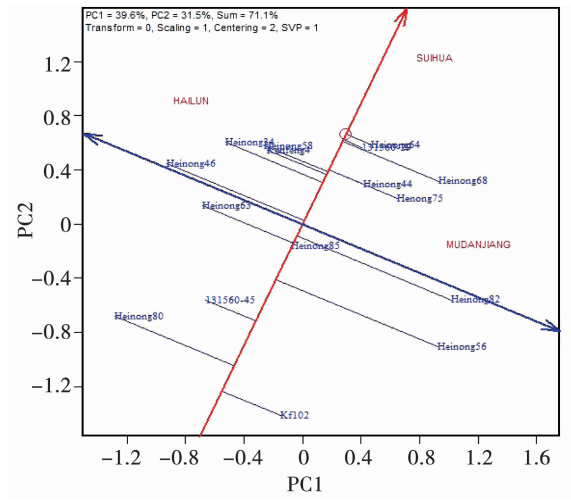


图 9 以单株粒数为指标的参试品种营养高效利用能力及稳定性

Fig. 9 Nutritional utilization efficiency and stability of the tested varieties with seed number per plant as index

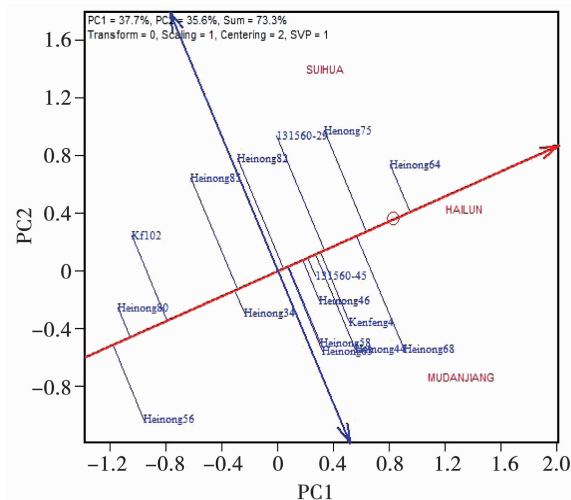


图 8 以根系吸收面积为指标的参试品种营养高效利用能力及稳定性

Fig. 8 Nutritional utilization efficiency and stability of the tested varieties with root absorption area as index

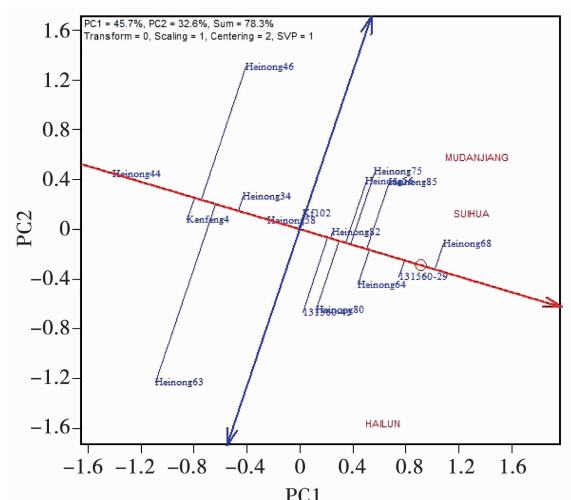


图 10 以百粒重为指标的参试品种营养高效利用能力及稳定性

Fig. 10 Nutritional utilization efficiency and stability of the tested varieties with 100-seed weight as index

3 讨论

以往的研究中针对农业大田作物营养高效利用品种筛选的研究相对较多,但是针对大豆养分高效利用品种筛选的相关研究较少,而且相关的研究更多是针对某种单一养分的高效利用品种的筛选,不能综合反映出作物的养分利用能力,存在局限性^[12-15];另外,以往相关研究很少考虑环境因素对其鉴定结果的影响,因此难以全面有效反映出作物的真实养分利用能力。同时,选择评价指标的代表性、有效性对于养分高效利用型品种的筛选结果至关重要。以往类似的研究中,不同学者提出并采用了许多生理、生化指标,从而导致鉴定结果很难一致。本研究避免了前人采用指标的局限性,采用与作物养分作用息息相关的生长指标作为筛选指标,测定方法简单、测定结果可靠,大大提升了筛选效率及可靠性。

GGE 双标图法在考虑品种特性效应的同时也结合了品种特性和环境互作效应,具有直观性和便利性的优点,现已广泛适用于所有二向数据资料的分析^[16],本研究以营养利用因子模拟产量,以不同试验地点模拟环境进行双标图法筛选鉴定,也是对其应用的拓展。

本研究首先利用营养利用因子比对,初步对 40 个大豆材料进行营养高效利用基因型品种的筛选,初步筛选结果表明大豆品种黑农 63、黑农 58、垦丰 4 号、黑农 46、合农 75、黑农 44、KF102、131560-29、131560-45、黑农 64、黑农 56、黑农 34、黑农 68、黑农 82、黑农 80 和黑农 85 在多指标综合鉴定中表现出具有较高的营养高效利用能力。针对初筛结果利用 GGE 双标图数学模型方法综合对比得出 131560-29、

黑农 68、黑农 64 和黑农 75 在多环境及多指标鉴定中均表现出较强的营养高效利用能力。

对于不同的筛选指标,GGE 双标图法获得的结果不尽相同,原因可能是不同大豆品种在养分缺失状态下产生适应性的生理机制不同,从而导致评价指标变化对研究结果产生影响。因此,在今后的试验中还需要针对品种进一步扩大筛选指标范围,以多种指标的综合评价来评估其营养高效利用特性。

4 结 论

本研究通过 5 种评价指标数据计算营养利用因子,利用 GGE 双标图数学模型方法综合对比得出 131560-29、黑农 68、黑农 64 和黑农 75 在多环境及多指标鉴定中均表现出较强的营养高效利用能力,是适于黑龙江地区不同环境条件下节本绿色大豆生产的重要材料。

参考文献

[1] Sample E C, Soper R J, Racz G J. Reaction of phosphate fertilizers in soils[M]//Khasawneh F E, Sample E C, Kamprath E J. The Role of Phosphorus in Agriculture. American: American Society of Agronomy,1980: 263-310.

[2] 吕慧颖,王道文,葛毅强,等. 大豆育种行业创新动态[J]. 植物遗传资源学报,2018, 19(3): 464-467. (Lyu H Y, Wang D W, Ge Y Q, et al. Innovation of soybean breeding industry[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19 (3) : 464 -467.)

[3] 刘忠堂.再谈我国大豆发展问题[J]. 大豆科技, 2012(6): 4-6. (Liu Z T. On the development of soybean in China [J]. Soybean Science and Technology, 2012(6): 4-6.)

[4] 高聚林,刘克礼,李惠智,等. 大豆群体对氮、磷、钾的平衡吸收关系的研究[J]. 大豆科学, 2004, 23(2): 106-110. (Gao J L, Liu K L, Li H Z, et al. Study on balance absorption of dry farming soybean plants to N. P. K[J]. Soybean Science, 2004, 23(2): 106-110.)

[5] 王玉峰.大豆在白浆土中的吸肥规律及施肥对其产量的影响[J]. 土壤肥料科学, 2005, 21(11): 220-221. (Wang Y F. Absorbing-fertilizer law of soybean in albic soil and effect of fertilization amount to soybean[J]. Science of Soil and Fertilizer, 2005, 21(11): 220-221.)

[6] 姬景红,李玉影,刘双全,等. 平衡施肥对大豆产量及土壤-

作物系统养分收支平衡的影响[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 678-682. (Ji J H, Li Y Y, Liu S Q, et al. Effect of balanced fertilization on yield of soybean and nutrients balance of soil-crop system[J]. Soybean Science, 2009, 28(4): 678-682.)

[7] 易九红,刘爱玉. 作物钾效率基因型差异及缺钾反应[J]. 作物研究, 2007, 21(5): 536-540. (Yi J H, Liu A Y. Genotypic differences of potassium efficiency and potassium deficiency response in crops[J]. Crop Research, 2007, 21(5): 536-540.)

[8] 米国华.论作物养分效率及其遗传改良[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1525-1535. (Mi G H. Nutrient use efficiency in crops and its genetic improvement[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertiliser, 2017, 23(6): 1525-1535.)

[9] 严小龙,张福锁.植物营养遗传学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 8-9. (Yan X L, Zhang F S. Plant nutrition genetics [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1997: 8-9.)

[10] 郝建军,刘延吉. 植物生理学试验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001. (Hao J J, Liu Y J. Plant physiology test technology [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 2001.)

[11] 张宪政.作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1990. (Zhang X Z. Crop physiology research method [M]. Beijing: Agricultural Press,1990.)

[12] 王西志,王斌,李迎春,等. 不同钾营养效率玉米品种的筛选[J]. 中国土壤与肥料, 2012(1): 64-68. (Wang X Z, Wang B, Li Y C, et al. Selection of maize varieties with different potassium nutrition efficiency[J]. Soil and Fertilizer in China, 2012(1): 64-68.)

[13] 侯静,盛建东,李雪妮,等. 棉花苗期钾营养高效品种筛选[J]. 棉花学报, 2008, 20(2): 158-159. (Hou J, Sheng J D, Li X N, et al. Screening of cotton varieties with high potassium efficiency at seedling stage [J]. Cotton Science, 2008, 20 (2) : 158-159.)

[14] 程红,郑顺林,马海艳,等. 马铃薯氮高效基因型品种筛选及指标评价[J]. 西南农业学报, 2019, 32(10): 2292-2298. (Cheng H, Zheng S L, Ma H Y, et al. Screening and evaluation of nitrogen use efficiency index in potato [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(10): 2292-2298.)

[15] 郝青南,王程,陈水莲,等. 大豆苗期氮高效和氮敏感资源的筛选研究[J]. 大豆科学, 2011, 30(6): 910-920. (Hao Q N, Wang C, Chen S L, et al. Screening of soybean varieties with different nitrogen efficiency at seedling stage [J]. Soybean Science, 2011, 30(6): 910-920.)

[16] Vincent J M. A manual for the practical study of root-nodule[M]. Oxford: IBP Handback, 1970:164.