



周长军,田中艳,吴耀坤,等.不同生态环境抗线虫大豆品种综合性状分析[J].黑龙江农业科学,2022(6):1-5.

不同生态环境抗线虫大豆品种综合性状分析

周长军,田中艳,吴耀坤,于吉东,马 兰,李建英,刘 冰,李肖白

(黑龙江省农业科学院 大庆分院/国家大豆产业技术体系大庆综合试验站,黑龙江 大庆 163316)

摘要:为探究抗线虫大豆品种(系)在不同生态环境的产量表现规律及综合性状表现,并对其作出客观合理的综合性评价,本研究采用 AMMI 模型分析 10 个抗线虫大豆品种(系)在 2015—2016 年 5 点试验数据中的品种基因型与环境互作情况,用 DTOPSIS 法分析品种综合性状,观察不同品种(系)的表现。结果表明:AMMI 模型参数分析试验数据得出,品种 G1、G3 稳定性参数 D_i 值较小,说明其遗传稳定性好,品种 G4、G7、G8 稳定性参数 D_i 值较大,稳定性差。DTOPSIS 法分析各品种综合性状数据得出,品种 G1 与理想品种综合性状值的相对接近度 C_i 值为 0.612 3(2015 年)和 0.702 0(2016 年),在参试品种综合性状分析中排在第 1 位,G2 排名 3~8 位,G3 排名 1~4 位,G8 排名 2~9 位,G9 排名 8~10 位。综上,结合品种田间产量表现,AMMI 模型分析品种与地点互作效应,DTOPSIS 法分析品种综合性状优势得出,G1、G3 是可参加黑龙江省区域试验的高产稳产型品种;G2 为适应特殊生态环境的高产型品种;G6 是可利用回交改良其产量的性状型品种;G8 是抗倒性及抗病性突出的亲本材料型品种;G9 是低产的淘汰型品种。

关键词:大豆;抗线虫品种;产量稳定性;AMMI 模型;DTOPSIS 法

大豆是我国重要的粮油作物,既是优质蛋白的主要来源,也是重要的油脂来源^[1]。但近年来我国已成为全球最主要的大豆进口国。因此在有限的耕地条件下,尽可能在单位面积土地上获得更高的产量是关键,创造并应用优良品种及配套高效栽培技术是保障大豆产量的必然选择^[2]。优良大豆品种育种者通常会采用异地鉴定的方式,来充分掌握自育品种的特征特性,了解自育品种在不同生态环境的丰产性、稳产性。然而优良的大豆品种不能仅是表现在产量上的优势,还需结合抗病性、抗倒性等性状的表现来全面衡量。这些性状会直接影响品种后期的推广价值和种植农户的经济收益,因此将不同的分析方法相结合来对异地鉴定的大豆新品种进行综合性分析很有必要。

有很多国内外学者利用多种生物统计模型^[3-5]来研究作物基因型与环境互作效应,揭示其数量性状分世代遗传的稳定机制。AMMI(Additive Main Effects and Multiplicative Interaction

Model)模型就是其中之一,该模型把方差分析与主成分分析相结合,利用交互特点分析品种的稳定性、适应性^[6]。而作物新品种的稳定性又是由基因型与环境互作共同决定的,因此有必要采用 AMMI 模型对异地鉴定的大豆新品种进行分析评价。DTOPSIS 法是根据有限个数评价对象与理想化目标的接近程度进行排序的方法,对各个性状指标统一度量,可以解决大豆多性状间的不同评价度和目标间的矛盾性问题,充分考虑各性状来综合分析大豆新品种,能更全面客观地评价大豆新品种优劣^[7]。目前 AMMI 模型与 DTOPSIS 法已被广泛应用于玉米^[8]、亚麻^[9]、水稻^[10]、甘蔗^[11]、小麦^[12]、大豆^[13]、甘薯^[14]等农作物新品种的综合评价中,并取得了良好的效果,为作物新品种性状综合评价提供了新的途径。

鉴于此,本研究以 10 个抗线虫大豆品种为研究对象,调查 11 个产量相关性状的生育期动态变化特征,利用 AMMI 模型分析这 10 个品种在各试点的丰产性及稳定性,结合 DTOPSIS 法分析大豆品种的综合性状并进行整体评价,旨在为筛选优良的抗线虫大豆新品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料采用 2012—2014 年黑龙江省农业科学院大庆分院选育的 9 个抗线虫大豆品种,分别为 14-110 (G1)、12-317 (G2)、13-219 (G3)、

收稿日期:2022-02-20

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX01);国家大豆产业技术体系大庆综合试验站项目(CARS-004-CES07);黑龙江省百千万工程科技重大专项(2019ZX16B01);黑龙江省农业科学院青年基金项目(2017ZC17)。

第一作者:周长军(1977—),男,硕士,副研究员,从事作物育种研究。E-mail:andazhouchangjun@163.com。

14-856(G4)、12-366(G6)、13-108(G7)、13-430(G8)、14-475(G9)、13-914(G10)及黑龙江省区域试验对照品种嫩丰 18(G5)。试验地点参照黑龙江省大豆区域试验地点,分别为安达市(E1)、杜蒙县(E2)、齐齐哈尔市(E3)、大庆市(E4)、龙江县(E5)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采取随机区组设计,4 次重复,小区面积 16.25 m²,5 行区,行长 5 m,行距 0.65 m,株距 8 cm,田间常规管理。

1.2.2 测定项目及方法 出苗后 20 d 左右,每小区取 2 点,每点 5 株,挖根调查大豆胞囊线虫(Soybean Cyst Nematode,SCN)并计算其指数,在大豆成熟期调查倒伏级。大豆成熟后记录生育期,同时各试验点每小区内取连续 10 株大豆植株调查株高、节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等性状,数据取 5 个试验点的平均值。其中,生育期考察适应区域,株高考察品种对各试验点的土壤、气候等条件的反应,SCN 指数考察抗病性,其他性状则反映品种的丰产性与稳定性。这些考察的指标能够指出大豆群体的综合表现,对其有很强整体评价效果。

1.2.3 数据分析 采用 DPS 7.05 软件进行

AMMI 模型分析,采用 Excel 2007 软件对大豆综合性状数据进行 DTOPSIS 法评价。

2 结果与分析

2.1 AMMI 模型分析大豆产量

AMMI 模型分析抗线虫大豆新品种产量数据(表 1),2015 和 2016 年大豆产量的基因型、环境、基因型与环境互作效应差异都达到极显著水平。2015 年 3 种效应的平方和分别占总平方和的 12.79%、44.16%和 42.74%;2016 年 3 种效应的平方和分别占总平方和的 12.67%、37.27%和 50.06%。表明环境与基因型互作效应是品种间产量差异的主要原因。参试品种对各试验地点敏感,因此需对基因型与环境互作效应进一步分析,参试品种产量前 3 个交互作用主成分(IPCA)差异也达到极显著水平。2015 年基因型与环境交互作用主成分 IPCA1、IPCA2、IPCA3 分别解释了互作平方和的 50.59%、30.64%和 15.47%,累计占比 96.70%的互作效应;2016 年基因型与环境交互作用主成分 IPCA1、IPCA2、IPCA3 分别解释了互作平方和的 47.79%、35.07%和 13.79%,共解释了 96.64%的互作效应。这充分说明 AMMI 模型较透彻地分析了基因型与环境互作信息。

表 1 AMMI 模型分析大豆产量

变异来源	2015 年				2016 年			
	<i>df</i>	SS	MS	<i>F</i>	<i>df</i>	SS	MS	<i>F</i>
总变异	149	27.5457	0.1849		149	27.8648	0.1870	
处理	49	22.4822	0.4588	9.061**	49	22.8584	0.4665	9.318**
基因	9	2.8763	0.3196	6.312**	9	2.8972	0.3219	6.430**
环境	4	9.9960	2.4990	49.353**	4	8.5191	2.1298	42.541**
交互作用	36	9.6099	0.2669	5.272**	36	11.4422	0.3178	6.349**
IPCA1	12	4.8616	0.4051	7.665**	12	5.4679	0.4557	7.131**
IPCA2	10	2.9445	0.2945	5.571**	10	4.0133	0.4013	6.281**
IPCA3	8	1.4867	0.1858	3.516**	8	1.5776	0.1972	3.086**
误差	100	5.0635	0.0506		100	5.0064	0.0501	

注:**表示差异达极显著水平($P<0.01$)。

2.2 AMMI 模型参数分析品种稳定性

利用显著的基因型与环境交互作用主成分 IPCA1、IPCA2、IPCA3 计算品种稳定性参数 D_i 值,对参试品种基因型的稳定性给出相应的定量指标,参试品种稳定性参数 D_i 值越小表明品种稳定性越好^[15]。由此得出,2015 年品种稳定性顺序依次为 $G1>G2>G3>G10>G6>G9>G5>$

$G4>G8>G7$,2016 年品种稳定性顺序依次为 $G3>G10>G1>G6>G5>G9>G2>G8>G4>G7$,两年数据综合分析得出品种 $G1$ 、 $G3$ 稳定性好, $G4$ 、 $G7$ 、 $G8$ 稳定性差。再结合大豆产量高低排名可知品种 $G1$ 、 $G3$ 属于高产稳产型品种, $G2$ 属于高产不稳产品种, $G7$ 、 $G8$ 属于低产稳产型品种, $G4$ 属于产量不稳定型品种(表 2)。

表 2 参试品种 AMMI 模型稳定性参数

编号	品种	2015 年						2016 年					
		IPCA1	IPCA2	IPCA3	D _i 值	D _i 值 排名	产量 排名	IPCA1	IPCA2	IPCA3	D _i 值	D _i 值 排名	产量 排名
G1	14-110	0.222	−0.045	−0.065	0.236	1	1	−0.115	−0.094	−0.340	0.371	3	1
G2	12-317	0.022	−0.221	−0.131	0.258	2	2	−0.103	−0.501	0.318	0.602	7	4
G3	13-219	−0.074	−0.046	−0.277	0.290	3	3	−0.138	−0.281	−0.047	0.316	1	3
G4	14-856	−0.320	0.308	−0.356	0.569	8	4	−0.578	0.383	0.112	0.702	9	2
G5	嫩丰 18	0.076	−0.480	−0.224	0.536	7	5	−0.133	−0.163	−0.490	0.534	5	5
G6	12-366	−0.086	0.228	−0.394	0.463	5	6	−0.254	−0.358	0.210	0.487	4	6
G7	13-108	−0.555	−0.315	0.515	0.820	10	7	0.821	−0.071	−0.187	0.845	10	7
G8	13-430	0.715	−0.009	0.214	0.746	9	8	−0.123	0.640	−0.117	0.662	8	8
G9	14-475	−0.024	0.344	0.389	0.520	6	9	0.376	0.266	0.355	0.582	6	9
G10	13-914	0.025	0.236	0.329	0.405	4	10	0.247	0.180	0.186	0.358	2	10

2.3 DTOPSIS 法分析品种综合性状

2.3.1 权重因子分析 各性状权重是根据各品种的实际表现并依据灰色决策系统原理计算得出,避免了人为确定权重系数的主观性和片面性^[13]。2015 年参试品种各性状权重大小依次为:生育期>单株粒数>单株粒重>产量>节数>株高>百粒重>单株荚数>SCN 指数>倒伏级>有效分枝;2016 年参试品种各性状权重大小依次为:倒伏级>株高>生育期>单株粒数>

SCN 指数>产量>百粒重>节数>单株荚数>单株粒重>有效分枝(表 3)。权重取值同时兼顾大豆品种的多种性状,其中有效分枝、单株荚数、单株粒数、百粒重、产量为产量及其构成要素,其他性状为植物学、抗病等性状。由于不同年份大豆生长环境条件不同,对大豆品种的理想性状数据取值就不同,因此两年性状权重值及排位顺序有所差异。

表 3 主要性状权重

年份	性状	生育期	株高	倒伏级	节数	有效分枝	SCN 指数	单株荚数	单株粒数	单株粒重	百粒重	产量
2015	权重	0.1019	0.0907	0.0824	0.0926	0.0821	0.0844	0.0872	0.0978	0.0964	0.0896	0.0949
	排名	1	6	10	5	11	9	8	2	3	7	4
2016	权重	0.0999	0.1009	0.1041	0.0836	0.0802	0.0937	0.0826	0.0970	0.0808	0.0874	0.0898
	排名	3	2	1	8	11	5	9	4	10	7	6

2.3.2 DTOPSIS 法分析大豆品种综合性状

DTOPSIS 法是基于灰色关联度求权重值,进而计算出各品种性状值对理想品种性状值的相对接近度 C_i值,C_i值越大说明品种综合性状越优良,C_i值越小说明品种综合表现越差。由表 4 可知,2015 年各品种 C_i值由高到低依次为 G1、G8、G3、G2、G10、G4、G6、G9、G5、G7,2016 年各品种 C_i值由高到低依次为 G1、G6、G8、G3、G4、G10、G2、G9、G5、G7。品种 G1 的 C_i值两年分别为 0.612 3(2015 年)和 0.702 0(2016 年),远高于其他品种。其他品种的 C_i值两年排名略有差异但整体差异不大,其中差异最大的为品种 G6,由 2015 年第 7 位上升至 2016 年第 2 位,品种 G2 由 2015 年第 4 位下降至 2016 年第 7 位,品种 G9、G5、G7 的 C_i值排名靠后且没有变化。

表 4 DTOPSIS 法分析大豆品种综合性状排位

编号	品种	2015 年		2016 年	
		C _i 值	排名	C _i 值	排名
G1	14-110	0.6123	1	0.7020	1
G2	12-317	0.4580	4	0.4417	7
G3	13-219	0.5458	3	0.5639	4
G4	14-856	0.3270	6	0.5429	5
G5	嫩丰 18	0.1787	9	0.2769	9
G6	12-366	0.3225	7	0.5801	2
G7	13-108	0.1764	10	0.2040	10
G8	13-430	0.5528	2	0.5647	3
G9	14-475	0.2498	8	0.3244	8
G10	13-914	0.3681	5	0.4618	6

不同年际间品种 C_i 值排名变化较大,说明品种的稳定性差,排名变化小则稳定性较好。由此可以看出,品种 G1、G3、G8 综合性状好且表现稳定;而品种 G6、G2 综合性状不同年际间表现差异较大、稳定性差,说明此类品种对其生长环境有特殊适应性需求;品种 G9、G5、G7 综合性状差但表现稳定。

3 讨论

大豆新品种异地鉴定的目的是检测其在不同生态区域产量、抗病性、抗逆性和适应性的综合表现。但由于产量性状始终是育种者关注的焦点,而产量又是品种各性状相互作用的结果,若仅以产量或其他某一性状对品种进行评价并不严谨。尤其是产量等数量性状在统计过程中容易出现误差,如果不考虑影响产量的其他因素,仅依据产量排名这一生产中常用的方法评价品种的优劣不够科学,且不能准确描述品种的优劣,会对评价结果造成影响。AMMI 模型是从加性模型互作中分离若干个乘积项来提高品种比较的准确率,已有很多学者通过结合 IPCA 值和权重系数、环境相关、聚类等方法,更深入研究互作效应并得到应用^[16]。DTOPSIS 法是利用灰色系统理论将各性状对理想解的差值累积来进行综合评价。许多学者^[17-19]研究认为 DTOPSIS 法较灰色关联度等其他方法对品种综合性状优劣的分辨能力更强。因此本试验使用 AMMI 模型分析品种与地点互作效应,结合 DTOPSIS 法分析品种综合性状,以此来评价大豆新品种的优劣具有更强的可靠性。

AMMI 模型参数 D_i 值分析认为品种 G8 属于低产稳产型,而在 DTOPSIS 法分析综合性状中认为该品种表现优秀,其原因在于品种 G8 抗倒性、抗病性及单株粒数等性状优于其他品种,进而综合性状优势明显,因此该品种可作为抗倒性及抗病性材料使用;品种 G2 产量排名靠前且年际间变幅不大,AMMI 模型参数分析中排名差异较大,说明其受环境影响较大稳定性较差,由于该品种株高较高、抗病性一般,DTOPSIS 法分析中其排名有所下降,说明该品种在地力中等、SCN 发病较轻地块种植具有较高的丰产性,为特殊生态环境高产型品种;品种 G9 产量排名第 9 位为低产型且年际间没有变化,AMMI 模型参数分析中排名至第 6 位,说明其产量性状受基因型与环境互作影响较大,DTOPSIS 法分析该品种排名第 8 位,由于其抗病性差,单株荚数少,单株粒重低

等性状表现较差所致,因此该品种归属淘汰类型;品种 G5 为区试对照,产量排名和 AMMI 模型参数排名都处于第 5 位,说明其在不同年份与生态区域种植受环境影响较小,表现稳定,适合作为对照品种,但受抗倒性、抗病性、百粒重等性状影响使其在 DTOPSIS 法中排名有所下降;品种 G6 产量与 AMMI 模型参数分析中排名趋于一致,说明其受环境影响较小,为稳定性好的中产稳产型品种,2016 年 DTOPSIS 法分析排名第 2 位,说明其综合性状表现具有优势,可利用回交方式改良其产量性状;品种 G7 在两种分析方法中排名靠后,为低产稳产型品种,因此该品种归属淘汰类型。品种 14-110(G1)、13-219(G3)无论 AMMI 模型参数分析还是 DTOPSIS 法综合评价都是高产稳产型品种,品种 13-219 产量在年际间表现较为稳定,但相比于品种 14-110 在产量、百粒重及倒伏性状上表现稍差且株高相对较高,但有效分枝数较多。品种 14-110 在两种分析方法中排名都处第 1 位,说明其在不同地点与年份间都有较好的稳定性及适应性,其性状指标都较优异,在丰产、抗病、抗倒等方面表现都十分突出,具有生育期和株高适中、抗病性与抗倒性强且单株荚数多、百粒重高等优点,综合表现最好。在 2018—2019 年参加黑龙江省区域试验,两年平均产量为 $2\,592.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比对照嫩丰 18 增产 5.3%。2019 年生产试验比对照嫩丰 18 增产 8.1%,于 2020 年通过黑龙江省农作物品种审定委员会审定。

4 结论

综上所述,以不同分析方法相结合对异地鉴定抗线虫大豆品种试验数据进行分析得出品种 14-110 是高产稳产型品种。此品种具有生育期和株高适中、抗病、抗倒伏、荚多粒重、百粒重高等优点,综合表现最好。其他品种中既有可以作为抗病性、抗倒性品种选育的中间材料,又有可利用回交改良某一性状的材料和特殊适应性材料。如此可以看出,利用 AMMI 模型和 DTOPSIS 法分析异地鉴定的大豆新品种,既考虑基因型与环境互作对大豆产量的影响,又针对品种综合性状进行分析,具有很大的应用价值和参考价值。

参考文献:

- [1] 滕飞,王利民,刘佳.中美贸易摩擦背景下中国大豆进口潜力分析[J].中国农业信息,2018,30(5):102-109.
- [2] 谭春燕,李振动,朱星陶,等. AMMI 模型在贵州大豆品种区

- 域试验中的应用[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(7): 10-13.
- [3] 陈勇生, 邓海华, 刘福业, 等. 对应用几种统计模型评价甘蔗品种稳定性的初步比较[J]. 生物数学学报, 2012, 27(1): 168-174.
- [4] CHAMEKH Z, KARMOUS C, AYADI S, et al. Stability analysis of yield component traits in 25 durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under contrasting irrigation water salinity[J]. *Agricultural Water Management*, 2015, 152: 1-6.
- [5] 黄英杰, 张岩. 谷子品种产量及主要产量构成因素稳定性的分析[J]. 作物杂志, 2002(5): 43-44.
- [6] 陈志雄, 胡润芳, 林国强. 菜用大豆新品种区域试验的 AMMI模型分析[J]. 大豆科技, 2007(1): 32-33.
- [7] 吴玥, 李威, 马德志, 等. 基于熵值赋权的 DTOPSIS 法对不同玉米品种综合评价研究[J]. 玉米科学, 2019, 27(4): 32-41.
- [8] 贺清秀, 周彦民. AMMI 模型在重庆市玉米区域试验中的应用[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(9): 109-115.
- [9] 王玉祥, 张丽丽, 曲志华, 等. 运用 AMMI 模型分析河北省油用亚麻区试品种的稳定性 and 适应性[J]. 中国麻业科学, 2018, 40(3): 137-142.
- [10] 李元元, 张征锋, 孙辽, 等. 利用 AMMI 模型评价湖北省水稻区试品种的适应性[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(2): 285-289.
- [11] 桃联安, 经艳芬, 董立华, 等. 云瑞 15 系列不同杂交途径甘蔗创新种质 DTOPSIS 综合评价[J]. 中国糖料, 2020, 42(1): 13-21.
- [12] 郭瑞林, 杨春玲, 关立, 等. 小麦品种区域试验的同异分析方法研究[J]. 麦类作物学报, 2001(3): 60-63.
- [13] 管凯, 周青, 张志民, 等. 灰色关联度和 DTOPSIS 法综合分析河南区域试验中大豆新品种(系)的农艺性状表现[J]. 大豆科学, 2018, 37(5): 664-671.
- [14] 何霁如, 李观康, 陈胜勇, 等. 用 AMMI 模型分析甘薯品种产量性状的稳定性[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(3): 430-434.
- [15] 杨志平, 何风发, 王季春, 等. 应用 AMMI 模型评价马铃薯品种的稳定性 and 适应性[J]. 中国马铃薯, 2006(1): 11-15.
- [16] 董孔军, 何继红, 杨天育. 甘肃省糜子区试品种(系)稳定性的 AMMI 分析[J]. 作物杂志, 2008(3): 73-76.
- [17] 姜永平, 刘水东, 薛晨霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在番茄品种综合评价中的应用比较[J]. 中国农学通报, 2010, 26(22): 259-263.
- [18] 杨昆, 吴才文, 覃伟, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在甘蔗新品种综合评价中的应用比较[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1542-1547.
- [19] 李彦平, 李淑君, 吴娟霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在新引烤烟新品种综合评价中的应用比较[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 35-40.

Analysis on Comprehensive Traits of Resistant Nematode Soybean Varieties in Different Ecological Environments

ZHOU Chang-jun, TIAN Zhong-yan, WU Yao-kun, YU Ji-dong, MA Lan, LI Jian-ying, LIU Bing, LI Xiao-bai

(Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Daqing Comprehensive Experimental Station of National Soybean Industry Technology System, Daqing 163316, China)

Abstract: In order to explore the yield performance law and comprehensive character performance of nematode resistant soybean varieties in different ecological environment, and make an objective and reasonable comprehensive evaluation, this paper used AMMI model and DTOPSIS method to comprehensively analyze the data of five pilot trials of 10 nematode resistant soybean varieties from 2015 to 2016. AMMI model parameter analysis test data showed that the stability parameter D_i value of G1 and G3 was small, which indicated that their genetic stability was good, while the stability parameter D_i value of G4, G7 and G8 was large, and the stability was poor. DTOPSIS analysis of the comprehensive character data of each variety showed that the relative closeness C_i value of comprehensive character value of G1 and ideal variety was 0.612 3(2015) and 0.702 0(2016), G1 ranked first in the comprehensive character analysis of tested varieties, G2 ranked 3-8, G3 ranked 1-4, G8 ranked 2-9, and G9 ranked 8-10. In conclusion, combined with the field yield performance of varieties, AMMI model was used to analyze the interaction effect between varieties and locations, and DTOPSIS method was used to analyze the comprehensive character advantages of varieties. The results showed that G1 and G3 were high and stable yield varieties that could participate in the provincial regional test; G2 was high yield variety that could adapt to the special ecological environment; G6 was the variety that could use backcross to improve its yield character; G8 was the parent material variety with outstanding lodging resistance and disease resistance; and G9 was a low and stable yield eliminated variety.

Keywords: soybean; nematode resistant variety; yield stability; AMMI model; DTOPSIS method