黑龙江农业科学 2021(7):1-5
Heilongjiang Agricultural Sciences
http://hljnykx.haasep.cn
DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2021.07.0001

周长军,田中艳,李建英,等.抗线虫大豆品种(系)主要农艺性状的多重分析[J].黑龙江农业科学,2021(7):1-5,10.

抗线虫大豆品种(系)主要农艺性状的多重分析

周长军,田中艳,李建英,吴耀坤,于吉东,马 兰,李泽宇
(黑龙江省农业科学院 大庆分院,黑龙江 大庆 163316)

摘要:为探究黑龙江省西部盐碱半干旱地区抗线虫大豆品种(系)主要农艺性状的遗传变异、相关性及其对主成分的影响,提高大豆新品种选育效率。本文对10个抗线虫大豆品种(系)11个主要农艺性状2018—2019年的试验数据进行了变异、相关和主成分分析。结果表明:11个主要农艺性状遗传多样性丰富,变异系数最大的为倒伏级,变异系数为82.62%(2018年)和76.20%(2019年),变异系数较小的为生育期,变异系数为1.58(2018年)和1.50(2019年);相关性分析显示产量与单株荚数、单株粒数相关性显著,与节数、单株粒重相关虽不显著但正向相关系数较大,与SCN指数和倒伏级呈负相关;主成分分析显示,大豆11个主要农艺性状简化为4个综合指标,其累积贡献率为86.802%(2018年)和85.254%(2019年),可以反映出大豆11个主要农艺性状的基本特征,其中单株荚数、单株粒重因子载荷最高,对大豆产量贡献最大。综上,在黑龙江省西部盐碱半干旱区选育大豆品种(系)时应注重单株荚数的选择,同时协调单株粒数、单株粒重、株高、SCN指数和倒伏级等相互影响与制约的性状。

关键词:农艺性状;变异系数;相关分析;主成分分析

大豆原产于我国,种质资源丰富,然而目前我国却是全球最主要的大豆进口国[1-2],如何在有限的耕地上尽可能提高单位面积大豆产量,来满足我国日益增长的大豆需求量,因此培育并应用优良品种及高效栽培方式是保障大豆单产的必然选择[3]。

产量作为作物育种的一个重要目标性状,除受栽培措施影响外,还受大豆主要农艺性状影响[4],因此明确大豆主要农艺性状的遗传变异、性状间的相关性和应用简化多性状的主成分分析对种质资源产量的评价,有助于提高大豆高产新品种的选育效率且已成为育种者十分关注的问题[5]。有关大豆遗传研究已有较多的报道,如吕美琴[1]研究认为大豆主茎节数、有效分枝数等变异系数较大,单株荚数与单株粒重呈显著相关;汪宝卿等[6]研究大豆品种农艺性状与产量相关性认为产量与单株粒数,生育期等性状相关极显著;曾凯等[7]研究认为产量与单株粒重、百粒重呈极显著正相关,在主成分分析中提取6个主成分,累计贡献率达到82.77%;李清华[8]将34份菜用大豆的16个性状归为4个主成分。然而关于大豆品种不同年份间大豆主要农艺性状的变异、相关性及其对主成分的贡献研究却鲜见报道。因此明确不同性状的遗传变异及性状之间的相关性和对产量的影响,对黑龙江省西部盐碱地区大豆高产育种有重要意义。

鉴于此本试验为了研究黑龙江省西部盐碱半干旱地区不同年际间大豆主要农艺性状的遗传规律及与产量之间的关联性,通过对10个大豆品种(系)的11个主要农艺性状指标进行变异分析、相关分析和主成分分析,探讨各农艺性状受环境条件影响程度及他们之间的相关性和对产量性状的相对重要性,旨在为黑龙江省西部大豆新品种选育提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

材料为黑龙江省农业科学院大庆分院选育的9个抗线虫大豆品系,分别为15-474、14-34、15-632、15-189、17-107、16-50、15-386、15-477、17-26及黑龙江省抗线虫区的区试对照品种嫩丰18。试验于2018—2019年在黑龙江省农业科学院大庆分院安达封闭育种基地进行。

收稿日期:2021-04-25
基金项目:黑龙江省百千万工程科技重大专项(2019ZX126B01);黑龙江省农业科学院"农业科技创新跨越工程"专项(HNK2019CX01);现代农业大豆产业技术体系大庆综合试验站项目(CARS-004-CES07);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。

1.2 方法

1.2.1 试验设计　试验采取随机区组设计，3 次重复，小区行长 8 m，5 行区，行距 0.65 m，株距 8 cm，小区面积 26 m^2，四周分别设 4 行保护行，田间常规管理。

1.2.2 测定项目及方法　大豆出苗后 20～25 d，在每小区中间行取 2 点，每点 5 株，挖根调查大豆胞囊线虫数量(Soybean Cyst Nematode，SCN)并计算其指数，成熟期调查记录倒伏级、生育期，收获时每小区中间行取连续 10 株调查株高、节数、有效分枝、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等性状。

1.2.3 数据分析　采用 R 语言对大豆主要农艺性状数据进行相关性分析，SPSS 19.0 软件对大豆主要农艺性状数据进行变异分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状的变异性比较

变异系数是衡量作物各个性状受环境条件影响发生变异程度的一个指标[9]，产量性状及其相关构成因素变异系数的大小可反映该作物在生产中的丰产性和稳产性[10-11]。对 10 个品种的 11 个主要农艺性状进行变异性分析表明 2018 年各性状变异系数变化范围在 1.58%～82.62%，由大到小依次为倒伏级＞有效分枝＞SCN 指数＞单株粒数＞单株荚数＞株高＞节数＞百粒重＞单株粒重＞产量＞生育期；2019 年各性状变异系数变化范围在 1.50%～76.20%，由大到小依次为倒伏级＞SCN 指数＞有效分枝＞株高＞单株粒数＞单株荚数＞节数＞百粒重＞单株粒重＞产量＞生育期。11 个主要农艺性状中变异系数最大的是倒伏级，变异系数为 82.62%(2018 年)和 76.20%(2019年)；其次是 SCN 指数和有效分枝，变异系数分别为 64.30%(2018 年)、75.12%(2019 年)和 74.43%(2018 年)、59.62%(2019 年)；变异系数较小的是生育期和产量，变异系数为1.58%(2018年)、1.50%(2019 年)和3.15%(2018年)、3.04%(2019 年)，其他如单株荚数、单株粒数、单株粒重等产量构成因素的性状变异系数都在 6%～13%，因此在适宜群体下，通过高效栽培措施增加单株粒数比提高其他产量构成因素来提升大豆产量水平更加有效。

表 1　大豆品种主要农艺性状变异比较

性状	2018 年					2019 年				
	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数/%	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数/%
生育期/d	111.7	117.8	114.64	1.809	1.58	112.7	118.4	115.48	1.736	1.50
株高/cm	69.4	97.5	84.97	9.421	11.09	76.5	111.3	91.60	11.645	12.71
倒伏级/级	0.1	1.1	0.43	0.351	82.62	0.2	1.4	0.54	0.412	76.20
节数/节	15.1	20.3	17.49	1.662	9.50	15.7	20.5	17.72	1.449	8.18
有效分枝/个	0.1	4.3	1.60	1.188	74.43	0.4	3.5	1.56	0.930	59.62
SCN 指数/%	4.8	35.8	14.55	9.355	64.30	3.4	26.3	10.16	7.632	75.12
单株荚数/个	29.8	41.5	34.44	3.849	11.18	33.2	43.6	37.24	3.465	9.30
单株粒数/粒	62.3	88.7	75.41	9.168	12.16	65.1	93.4	80.73	9.224	11.43
单株粒重/g	15.2	18.7	17.00	1.072	6.31	16.2	20.1	17.74	1.167	6.58
百粒重/g	15.5	20.1	17.52	1.440	8.22	15.6	19.3	17.27	1.294	7.50
产量/kg	4.4	4.8	4.63	0.146	3.15	4.6	5.0	4.83	0.147	3.04

2.2 主要农艺性状的遗传相关分析

对大豆产量及其他主要农艺性状进行邦弗朗尼(Bonferroni)相关性及线性拟合线分析，建立线性拟合散点图矩阵(图 1)，每个大豆农艺性状的频率分布显示在对角线上。相关和拟合曲线分析表明，各农艺性状之间是相互关联的，部分性状之间存在较强的相关性[12]。相关性越强字体显示越大，反之则字体较小。

图 1、图 2 显示，2018 年分析结果显示产量与单株荚数、单株粒数相关系数相同($r=0.71$，$P<0.05$)，相关显著；产量与节数、单株粒重相关系数接近($r=0.61$，$P>0.05$；$r=0.58$，$P>$

0.05),相关虽不显著但正相关系数较大;产量与百粒重、生育期等性状正相关但相关性较小;产量与 SCN 指数和倒伏级呈负相关,相关系数较小(r =－0.36,P>0.05;r=－0.31,P>0.05)。2019 年产量与单株荚数相关性达极显著水平,相关系数为 r=0.78(P<0.01),产量与百粒重呈负相关但不显著,相关系数为 r=－0.082(P>0.05),与其他农艺性状相关性上分析结果与 2018 年一致,且相关系数变化不大。

在各性状之间相关性分析中,单株荚数与单株粒数相关系数最高(2018 年,r=0.92,P<0.001;2019 年,r=0.84,P<0.01),其次是株高与倒伏级,相关系数为(2018 年,r=0.87,P<0.01;2019 年,r=0.83,P<0.01),相关性都达到极显著水平;单株粒重与单株荚数、单株粒数都为正相关但相关性不显著;SCN 指数与单株粒重 2018 年相关系数 r=－0.70(P<0.05)、与单株粒数 2019 年相关系数 r=－0.64(P< 0.05),与其他产量构成因素大都呈负相关但不显著;倒伏级与除单株粒重外的其他产量构成因素都呈不显著负向相关;节数、有效分枝与单株荚数、单株粒数、单株粒重呈不显著正相关,其中节数与单株粒重、有效分枝与单株粒数相关系数较大;百粒重与倒伏级和株高呈不显著负相关,且相关系数较大,与其他性状相关系数都较小;倒伏级与生育期呈不显著负相关。图中左下角为拟合曲线,相关性越强,正态分布越明显,拟合曲线越好,如单株荚数与单株粒数拟合曲线。

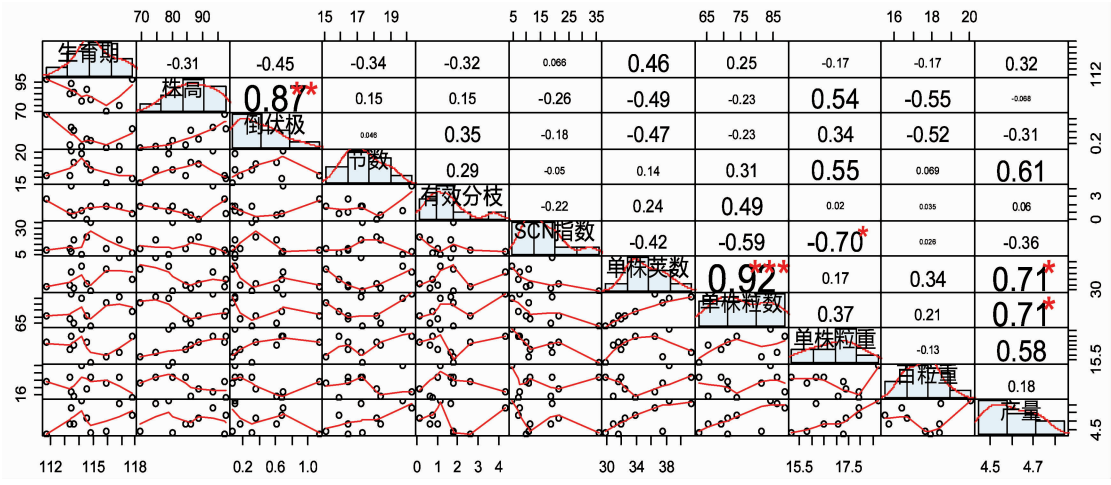


图 1　大豆各项性状的频率分布、相关性和拟合曲线(2018)

注:图形对角线右上方显示 2 个性状间的相关系数及显著性水平;图形对角线左下方为 2 个性状具有拟合线的散点图;对角线是各性状直方图。* 表示 P<0.05,** 表示 P<0.01,*** 表示 P<0.001。图外侧数值表示所对应性状的测量数值,标线表示所测性状分布情况。下同。

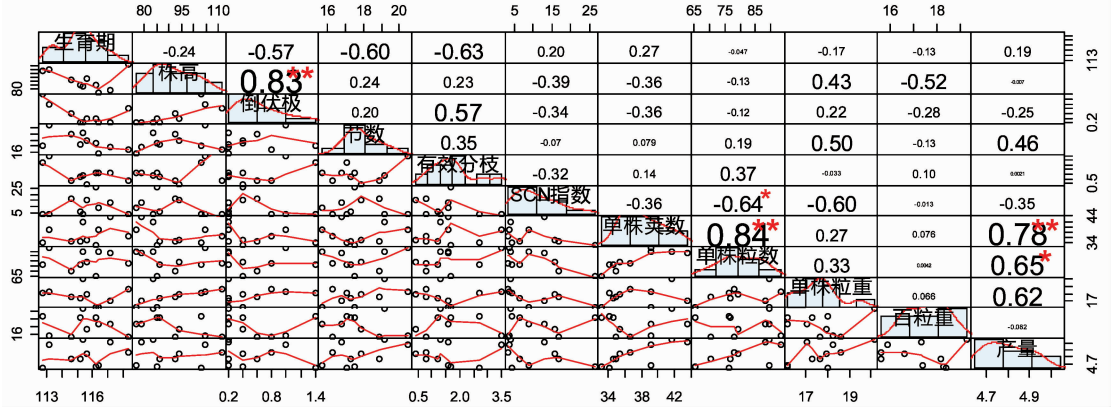


图 2　大豆各项性状的频率分布、相关性和拟合曲线(2019)

2.3 主要农艺性状与产量的主成分分析

主成分分析需对试验数据进行 Bartlett 球形度检验，结果显示卡方值为 113.978，显著水平 $P=0.0001<0.05$，说明可以进行主成分分析。提取特征值大于 1 的前 4 个主成分（表 2），2018 年第一至第四主成分的方差贡献率分别为 33.847%、28.313%、13.527%、11.115%，概括了大豆农艺性状信息的 86.802%；2019 年第一至第四主成分的方差贡献率分别为 32.160%、27.658%、14.605%、10.831%，概括了大豆农艺性状信息的 85.254%。决定第一主成分大小的性状主要是单株荚数、单株粒数、产量、SCN 指数、倒伏级、单株粒重和节数等因子，因子载荷分别为 0.929，0.929，0.868，−0.523，−0.446，0.427和 0.415，单株荚数、单株粒重为产量构成因素，SCN 指数、倒伏率为抗病、抗逆因子，节数为农艺性状，因而第一主成分指向大豆的综合性状指标。第二主成分因子载荷较高的性状为株高（0.860）、倒伏级（0.808）和单株粒重（0.763），是影响大豆品种抗倒及丰产的因子，故第二主成分可以解析为品种抗倒性及丰产性。决定第三主成分主要是百粒重，其因子载荷为 0.601，反映的是大豆产量性状，指向大豆品种的丰产性。第四主成分贡献最大的是节数（0.539），其反映品种的农艺性状间接影响产量，可理解为间接丰产因子，此为 2018 年分析结果，通过表 2 看出 2019 年株高、生育期、倒伏级、百粒重的第一和第二主成分与 2018 年差异较大；2019 年节数、有效分枝、单株荚数的第二主成分与 2018 年差异较大，其他各农艺性状主成分因子荷载两年基本相同。

表 2　主要农艺性状主成分分析

性状	2018 年				2019 年			
	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
生育期	0.314	−0.478	−0.729	−0.090	−0.427	0.605	−0.553	−0.229
株高	−0.348	0.860	−0.226	0.027	0.433	−0.694	−0.531	−0.110
倒伏级	−0.446	0.808	−0.028	−0.250	0.413	−0.835	−0.062	−0.241
节数	0.415	0.464	0.400	0.539	0.613	−0.191	0.124	0.710
有效分枝	0.248	0.399	0.519	−0.615	0.537	−0.363	0.585	−0.267
SCN 指数	−0.523	−0.523	0.221	0.265	−0.756	−0.030	0.085	0.454
单株荚数	0.929	−0.202	−0.081	−0.233	0.506	0.787	0.072	−0.160
单株粒数	0.929	0.129	0.016	−0.314	0.714	0.527	0.156	−0.302
单株粒重	0.427	0.763	−0.197	0.344	0.738	0.064	−0.305	0.306
百粒重	0.368	−0.423	0.601	0.134	−0.106	0.256	0.686	0.065
产量	0.868	0.164	−0.136	0.352	0.663	0.601	−0.237	0.269
特征值	3.723	3.114	1.488	1.223	3.538	3.042	1.607	1.191
贡献率/%	33.847	28.313	13.527	11.115	32.160	27.658	14.605	10.831
累计贡献率/%	33.847	62.160	75.687	86.802	32.160	59.818	74.724	85.254

3 讨论与结论

本研究结果表明供试大豆品种（系）各农艺性状变异系数变幅差异很大，变异系数大的农艺性状说明从群体中选出具有该性状优良个体的几率较大[13]，因此可参考农艺性状的变异情况选择优良材料，倒伏级、有效分枝、SCN 指数这 3 个农艺性状变异系数较大，受环境和人为因素影响较强，选择潜力较大，可以通过育种和栽培等措施提高这些性状。而生育期、产量变异系数较小，受环境影响较弱，选择潜力小。由 2 年间各性状变异系数排序可知，变异系数只有 SCN 指数、有效分枝、株高次序有所变化且变化幅度不大，说明大豆各性状受环境条件影响发生变异的程度在年际间变

化较小。

在大豆品种选育过程中,针对某一个性状的选择势必影响到另一个性状的遗传效果[14],因此有必要进一步分析大豆各主要农艺性状之间的相互关系,从而在育种过程中有针对性的进行选择。本试验对大豆各农艺性状相关性分析中可知,产量与单株荚数、单株粒数相关显著,与 SCN 指数和倒伏级呈负相关,而单株荚数和单株粒数与节数、有效分枝、百粒重等性状相关系数较高,因此提高大豆产量应注重单株荚数、单株粒数的选择同时,应关注与节数、有效分枝、抗病性、抗倒性等其他性状的协调发展。

育种工作往往不可能同时考虑所有性状,做到对逐个性状的改良[15],而主成分分析法由于各主成分是一个相对独立的指标体系,各主成分之间不存在相关性,并且数据直观、易于分析[16]。所以被广泛地应用于大豆育种。本试验在主成分分析中,得出前 4 个主成分累积贡献率为 86.802%(2018 年)、85.254% (2019 年),可以反映出大豆 11 个主要农艺性状的基本特征。2018 年第一主成分为大豆的综合性状因子,其中单株荚数、单株粒数正向因子荷载最大,SCN 指数、倒伏级负向因子荷载最高;第二主成分为品种抗倒性及丰产性因子,株高、倒伏级、单株粒重正向因子荷载最大;第三主成分为百粒重因子载荷最大;第四主成分因子载荷最大为节数。由此可以看出考察 4 个综合性状因子,应重点关注影响大豆产量的单株荚数、单株粒重、倒伏级等主要性状,以提高大豆育种效率。2 年数据分析显示株高、生育期、倒伏级、百粒重的第一和第二主成分年际间年差异较大,除节数、有效分枝、单株荚数的第二主成分外,其他各农艺性状主成分因子荷载年际间基本相同。原因可能是由于不同年份条件下降雨量差异导致,2018 年前期干旱降雨量较少,而 2019 年 5—6 月降雨量较多,大豆植株前期营养生长充分株高较高,品种的生长发育不同所引起的。

综上,试验通过对黑龙江省西部盐碱半干旱地区大豆品种主要农艺性状遗传变异、相关性及主成分分析得出,在黑龙江省西部生态区选择高产大豆品种时,应注重单株荚数、单株粒数、单株粒重等性状的选择,同时协调株高、抗病性、抗倒性等相互影响与制约的性状。

参考文献:

[1] 吕美琴. 福建省近年来育成春大豆品种农艺性状的遗传变异、相关性及主成分分析[J]. 中国种业,2019(6):55-57.

[2] 于敏,柏娜,姜明伦. 中国大豆产业“走出去”现状及对策[J]. 农业展望,2018,14(11):91-95.

[3] 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.

[4] 王业建,谢运河,程艳波,等. 湖南夏大豆主要农艺性状与产质量的相关性[J]. 湖南农业科学,2012 (23):7-9.

[5] 赵志刚,罗瑞萍,姬月梅,等. 套种模式下不同大豆品种主要数量性状的遗传多元分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(18):9463-9465.

[6] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟,等. 黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量多元回归和通径分析[J]. 大豆科学,2010,29(2):225-259.

[7] 曾凯,张恒斌,陈李淼,等. 68 份大豆品种资源在新疆灌区的农艺性状分析[J]. 中国油料作物学报,2017,39(5):615-622.

[8] 李清华. 34 份菜用大豆品种主要农艺性状的主成分分析及遗传距离测定[J]. 福建农业学报,2018,33(2):136-143.

[9] 张采波,吴章东,徐魏,等. 玉米自交系空间诱变后代主要性状的遗传相关及通径分析[J]. 核农学报,2013,27(8):1061-1068.

[10] 吕荣荣,张萌,沈丹丹,等. 玉米区域试验品种产量与穗部性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报,2017,32(8):160-165.

[11] 毛彩云,肖荷霞,鲁珊,等. 玉米主要农艺性状的相关及通径分析[J]. 河北农业科学,2011,15(11) :21-23.

[12] 解松峰,吉万全,张耀元,等. 小麦重要产量性状的主基因+多基因混合遗传分析[J]. 作物学报,2020,46(3):365-384.

[13] 杨珍,李斌,赵军,等. 甜高粱主要农艺性状与产量相关和通径分析[J]. 中国糖料,2018(4):16-19.

[14] 洪德峰,张学舜,马毅,等. 黄淮海部分优良玉米品种产量及主要农艺性状相关和通径分析[J]. 中国种业,2010(1):48-50.

[15] 贺礼英,尹成杰,黄守程,等. 菜用大豆主要农艺性状的相关性、聚类及主成分分析[J]. 浙江农业学报,2018,30 (1):50-57.

[16] 李桂萍,张根生,巴青松,等. 杂种小麦品质性状的性状相关和主成分分析[J]. 浙江农业学报,2016,28(9):1447-1453.

(下转第 10 页)

60 000 plants·hm^{-2} and M3 was 75 000 plants·hm^{-2}. The secondary area was the nitrogen application level. Three nitrogen application rates were set, N0 was pure nitrogen 0 kg·hm^{-2}, N1 was pure nitrogen 150 kg·hm^{-2}, and N2 was pure nitrogen 300 kg·hm^{-2}, respectively. The effects of planting density and nitrogen application rate on the agronomic characters and yield of Heyu 187 were studied. The results showed that at the same density level, plant height, panicle position, panicle length, panicle diameter, number of rows per panicle, number of grains per row and 100-grain weight increased gradually with the increase of nitrogen application rate, while the empty stem rate and lodging rate also increased with the increase of nitrogen application rate. The maximum maize yield at N1 level was 5 916.2 kg·hm^{-2}, and there was no significant difference between N1 level and N2 level. Under the same fertilization level, with the increase of planting density, ear length, ear diameter, row number of ears, row number of grains and 100-kernel weight decreased, the maize yield under M1 level and M2 level were all significantly different, but not significantly different from that under M3 level. When maize was planted with low density, higher yield could not be obtained by increasing N application rate. When maize was planted with high density, insufficient nitrogen application would lead to malnutrition of maize population, which would affect dry matter accumulation of maize grains and decrease maize yield. The ideal yield can only be obtained by adjusting the nitrogen application and planting density reasonably.

Keywords: nitrogen and density interaction; maize; crack zone test design

(上接第 5 页)

Multiple Analysis on Main Agronomic Traits of Soybean Varieties(Lines) with Nematode Resistance

ZHOU Chang-jun, TIAN Zhong-yan, LI Jian-ying, WU Yao-kun, YU Ji-dong, MA Lan, LI Ze-yu

(Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316, China)

Abstract: In order to explore the genetic variation and correlation of the main agronomic characters of soybean varieties (lines) with nematode resistance and their effects on the principal components in the western saline alkali semi-arid area of Heilongjiang Province, and improve the breeding efficiency of new soybean varieties. In this paper, the variation, correlation and principal component analysis of 11 main agronomic traits of 10 soybean varieties (lines) with nematode resistance from 2018 to 2019 were carried out. Comprehensive two-year data analysis results showed that the genetic diversity of 11 main agronomic traits was rich, the largest coefficient of variation was lodging level, the coefficient of variation was 82.62%(2018) and 76.20%(2019), the smaller coefficient of variation was growth period, the coefficient of variation was 1.58(2018) and 1.50(2019); correlation analysis showed that yield had significant correlation with pod number per plant and grain number per plant, but had no significant correlation with node number and grain weight per plant. The results of principal component analysis showed that the 11 main agronomic traits of soybean were simplified into four comprehensive indexes, and their cumulative contribution rates were 86.802% (2018) and 85.254% (2019), which could reflect the basic characteristics of the 11 main agronomic traits of soybean, in which pod number per plant and seed weight per plant factor load were the highest, and they made the largest contribution to soybean yield. In conclusion, the selection of pod number per plant should be paid attention when breeding soybean varieties(lines) in the western saline alkali semi-arid area of Heilongjiang Province, and the mutual influence and restriction of seed number per plant, seed weight per plant, plant height, SCN index and lodging level should be coordinated.

Keywords: agronomic traits; coefficient of variation; correlation analysis; principal component analysis