

梁子聪, 赵伟, 李佳宜, 等. 辽宁省不同年代大豆品种农艺性状和产量的遗传改良[J]. 沈阳农业大学学报, 2024, 55(3): 267-275.

LIANG Zicong, ZHAO Wei, LI Jiayi, et al. Genetic improvement of agronomic traits and yield of soybean varieties of different ages in Liaoning Province[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2024, 55(3): 267-275.

## 辽宁省不同年代大豆品种农艺性状和产量的遗传改良

梁子聪, 赵伟, 李佳宜, 齐年华, 王小凡, 姚兴东, 谢甫缙

(沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

**摘要:** 为了明确辽宁省未来大豆性状的改良方向, 选取辽宁省不同年代育成的 146 份大豆品种为试验材料, 种植密度设置为  $15 \text{万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 综合分析不同年代间大豆品种的茎秆强度、叶柄夹角、成熟期的株型和产量性状的遗传改良趋势。结果表明: 随着育成年代的推进, 大豆鼓粒期上、中、下层叶柄夹角均逐渐减小, 在 2020 年代均达到最小; 而茎秆强度显著增加, 在 2020 年代达到  $251.49 \text{ N}$ 。在成熟期株高、植株重量平衡点高度和底荚高度随着品种育成年代的演替呈显著下降趋势, 均在 2020 年代达到最小。但主茎节数、主茎粗和分枝数变化不显著。随着大豆品种的遗传改良, 籽粒产量呈显著增加趋势, 2020 年代育成品种达到  $3 \ 319.63 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。单株荚数和单株粒数均呈上升趋势, 百粒重变化不显著。相关分析结果表明: 籽粒产量与株高、底荚高度呈极显著负相关, 相关系数分别为  $-0.316$  和  $-0.249$ , 与单株粒数呈极显著正相关, 相关系数为  $0.229$ 。通径分析表明: 株高、底荚高度和单株粒数对产量的直接贡献最大, 直接通径系数分别为  $-0.241$ ,  $-0.304$ ,  $0.228$ 。综上可知, 辽宁省大豆品种遗传改良偏重选育株型紧凑株高适宜、底荚高度较低和单株粒数较多的稳产型大豆品种。

**关键词:** 大豆; 株型; 农艺性状; 产量; 遗传改良

中图分类号: S565.1

文章编号: 1000-1700(2024)03-0267-09

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Genetic Improvement of Agronomic Traits and Yield of Soybean Varieties of Different Ages in Liaoning Province

LIANG Zicong, ZHAO Wei, LI Jiayi, QI Nianhua, WANG Xiaofan, YAO Xingdong, XIE Futi

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** In order to clarify the future direction of soybean traits improvement in Liaoning Province, this study selected 146 soybean varieties of different ages in Liaoning Province as test materials, and planting density was set at  $150 \ 000 \text{ plants} \cdot \text{hm}^{-2}$ , to comprehensively analyze the trends of genetic improvement of stem strength, petiole angle, plant shape at maturity, and yield traits of soybean varieties among different ages. The results showed that as the breeding years progressed, the upper, middle and lower petiole angles in the bulging stage of soybean gradually decreased, and reached the minimum in the 2020s; while the stem strength increased significantly, averaging  $251.49 \text{ N}$  in the 2020s. At the maturity stage, the plant height, plant weight equilibrium height and bottom pod height showed a significant decreasing trend as the breeding years of varieties alternated, and all of them reached the minimum in the 2020s. However, the number of nodes, stem diameter and number of branches did not change significantly. With the genetic improvement of soybean varieties, the

收稿日期: 2024-02-29

基金项目: 国家重点研发项目(2021YFD1201102); 辽宁省科技厅农业重大专项(2022JH/10200002)

第一作者: 梁子聪(1996-), 女, 博士研究生, 从事大豆遗传改良与生理生态研究, E-mail: jiuweiconghua@163.com

通信作者: 谢甫缙(1966-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事大豆遗传改良与生理生态研究, E-mail: xft299@syau.edu.cn

yield showed a significant increase, reaching 3 319.63 kg·hm<sup>-2</sup> in the 2020s, and the number of pods per plant and the number of grains per plant showed an increasing trend, while the change in 100-grain weight was not significant. Correlation analysis showed that seed yield was negatively correlated with plant height and lowest pod height, with correlation coefficients of -0.316 and -0.249, respectively, and positively correlated with the number of grains per plant, with a correlation coefficient of 0.229. Passage analysis showed that plant height, height of lowest pod and number of grains per plant made the greatest direct contribution to the yield, with direct passage coefficients of -0.241, -0.304 and 0.228, respectively. In conclusion, the genetic improvement of soybean varieties in Liaoning Province emphasizes the selection and breeding of stable-yielding soybean varieties with suitable plant height, lower pod height and higher number of grains per plant.

**Key words:** soybean; plant type; agronomic traits; yield; genetic improvement

大豆是我国最主要的油料作物和粮食作物之一,也是重要的植物蛋白来源<sup>[1]</sup>。近几十年来,随着大豆育种进程和栽培制度的发展,大豆产量得到了大幅度的提高,在增产的同时,大豆植株的农艺性状、生理特性<sup>[2]</sup>都得到了一定的改良<sup>[3]</sup>。辽宁省位于东北春大豆区的南部,昼夜温差较大,生态环境适宜,适于大豆籽粒蛋白质和脂肪的积累<sup>[4]</sup>。随着育种技术和市场需求的变化,辽宁省大豆品种也在不断地更新优化。不同年代育成的大豆品种不仅在株型特征方面有着明显的不同,在生理特性<sup>[5]</sup>和产量构成要素方面也有着显著差异。大豆品种通过遗传改良可减少倒伏<sup>[6]</sup>,增加耐逆性和抗病虫性<sup>[7]</sup>,提高光合效率并促进养分的吸收,从而使大豆品种产量潜力得到提高和品质得到改善<sup>[8]</sup>。国内外学者研究表明,遗传改良对大豆产量贡献较大,使大豆产量不断提高<sup>[9]</sup>。前人已分别对我国不同省份及地区不同年代育成的大豆品种的株型<sup>[10]</sup>、产量<sup>[11]</sup>及源库关系<sup>[12]</sup>的遗传改良变化进行过研究与分析。胡国玉等<sup>[13]</sup>通过分析安徽省不同年代育成大豆的性状演变规律,发现少分枝、株高适宜、百粒重相对较大的丰产型大豆品种符合当今安徽省大豆的生产需求。贾利敏等<sup>[14]</sup>研究了内蒙古自治区不同育成年代大豆品种的农艺性状的变化趋势及规律,发现随着年代的推移,其株高、单株有效分枝数、百粒重呈下降的趋势,粗蛋白含量略有上升,粗脂肪含量呈下降趋势。刘歆等<sup>[15]</sup>对1987-2022年湖北省审定的籽粒型大豆进行农艺性状分析表明,大豆品种的株高、主茎节数、有效分枝数、百粒重、产量随年代的推移呈现上升趋势。郑伟等<sup>[16]</sup>发现,在种植密度分别为30.0万株·hm<sup>-2</sup>和37.5万株·hm<sup>-2</sup>的条件下,大豆产量的增加率与品种育成年代的相关性达到极显著水平。因此,探讨辽宁省不同年代大豆品种性状演变趋势,总结大豆品种选育规律,对于大豆品种创新和育种工作具有一定的指导意义。

本研究采用来源于辽宁省不同年代育成大豆品种146个,深入研究了不同年代大豆品种重要株型相关农艺性状与产量性状的改良规律,以为辽宁省及周边地区大豆品种遗传改良及生产实践提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

从辽宁省农业科学院、铁岭市农业科学院、丹东农业科学院等收集到1970-2022年期间育成的大豆品种146份,其中1970-1980年3份、1980-1990年5份、1990-2000年11份、2000-2010年36份、2010-2020年71份、2020-2022年19份。试验品种原始种源均由育种单位提供,后经沈阳农业大学大豆研究所扩繁提供给本研究使用。

### 1.2 种植设计

2022-2023年试验在沈阳农业大学科学试验基地进行,采用完全随机区组设计,播种时间为2022年5月1日和2023年5月1日,采用机器开沟人工点播。每个大豆品种种植5行,行长5 m,行距60 cm,株距为11 cm,每穴留1株苗,种植密度为15万株·hm<sup>-2</sup>。出苗后人工间苗和定苗,保证密度。施肥和田间管理同常规大田。

### 1.3 测定指标与方法

于大豆成熟期进行取样和室内考种,每个品种取5株并计算其平均值为观测值。参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》方法,测定株高、底荚高度、平衡点、有效分枝数、单株有效荚数;收获晾晒

后,调查百粒重、单株粒数;各品种全区单独收获晒干脱粒计产。

#### 1.4 数据分析与统计

采用 Microsoft Excel 2016 进行数据处理,利用 IBM SPSS 25.0 统计软件对数据进行方差、相关性分析和通径分析。采用 LSD (least-significant different)法进行多因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 146份大豆品种主要农艺性状的稳定性分析

由表1可知,不同农艺性状在不同年代间的变异幅度不同,变异幅度最大的农艺性状为单株粒数,变异范围为93.9~281.85个,平均值为159.77个,变异系数为30.3%,表明这些品种的单株粒数差异较大。有效分枝数、单株荚数和底荚高度变异幅度次之,变异系数分别为26.1%、26.0%和19.1%。而变异幅度最小的性状为主茎粗,变异范围为9.52~12.53 mm,平均值为10.9 mm,变异系数为7.0%,表明这些品种的主茎粗差异较小。主茎节数、百粒重和重心平衡点次之,变异系数依次为12.5%、13.5%和14.6%。

表1 辽宁省146份大豆品种农艺性状的比较

Table 1 Comparison of agronomic traits of 146 soybean varieties in Liaoning Province

农艺性状 Trait	年份 Year	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average	标准差 SDEV	变异系数/% CV
株高/cm Plant height	2022	133.65	78.82	103.94	16.56	15.6
	2023	133.46	83.20	109.81	16.10	14.5
	平均 Mean	133.56	81.01	106.87	16.33	15.1
茎粗/mm Stem diameter	2022	13.31	9.62	11.41	1.01	8.8
	2023	11.74	9.42	10.40	0.64	6.1
	平均 Mean	12.53	9.52	10.90	0.82	7.0
植株重量平衡点/cm Balance height of plant weight	2022	64.49	40.63	52.04	7.98	15.4
	2023	59.26	36.90	48.68	6.75	13.9
	平均 Mean	61.88	38.76	50.36	7.37	14.6
分枝数 Branch	2022	6.29	2.56	4.29	0.96	22.3
	2023	6.29	1.96	3.97	1.12	30.0
	平均 Mean	6.29	2.26	4.13	1.04	26.1
节数 Node	2022	24.33	15.49	19.46	2.41	12.4
	2023	25.06	15.95	19.89	2.52	12.7
	平均 Mean	24.69	15.72	19.68	2.46	12.5
底荚高度/cm Height of lowest pod	2022	31.32	19.21	24.74	3.14	13.1
	2023	35.78	15.42	24.22	5.66	25.2
	平均 Mean	33.55	17.31	24.48	4.40	19.1
单株荚数 Pods per plant	2022	152.54	69.55	102.45	23.86	23.6
	2023	127.74	48.93	79.78	22.42	28.3
	平均 Mean	140.14	59.24	91.11	23.14	26.0
单株粒数 Number of grains per plant	2022	297.09	91.52	159.91	52.31	31.8
	2023	266.62	96.27	159.63	46.09	28.8
	平均 Mean	281.85	93.90	159.77	49.20	30.3
百粒重/g 100-seeds weight	2022	25.48	16.44	20.53	2.56	12.5
	2023	27.92	14.64	21.28	3.15	14.4
	平均 Mean	26.70	15.54	20.91	2.86	13.5
产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Yield	2022	2 885.45	2 007.83	2 461.75	258.36	10.4
	2023	3 702.23	1 991.08	2 989.62	249.16	15.2
	平均 Mean	3 293.84	1 999.45	2 725.68	253.76	13.0

### 2.2 不同年代育成品种株型性状的改良

株高是决定大豆植株株型的主要因素,随着年代的推移,不同年代的大豆育成品种的株高整体呈现逐渐降低的变化趋势( $R^2=0.121$ ,图1a)平均株高为106.87 cm,变化范围为81.01~133.56 cm,平均标准差为16.33 cm(表1)。其中平均株高最高为1970年代育成品种,为131.62 cm,最低的年代为2020年代育成品种,平均株高为96.7 cm。说明大豆品种植株高度性状随育种改良进程明显降低,新品种的株高显著低于老品种。

茎粗受到遗传特性的影响,随着年代的更替,不同年代育成大豆品种的茎粗整体上呈现逐渐增加的趋势( $R^2=0.059$ ,图1b),平均茎粗为10.9 mm,变化范围为9.52~12.53 mm,平均标准差为0.82 mm(表1)。其中平均茎粗最小为1970年代育成品种,为10.26 mm,平均茎粗最大为2020年代育成品种,为11.38 mm。说明,茎粗性状随育种改良进程而增加,新品种的茎粗整体高于老品种。

分枝与大豆株型的繁茂度有关。随着年代的递增,不同年代大豆品种的有效分枝数整体呈现先增加后下降的趋势( $R^2=0.022$ ,图1c),平均分枝4.13个,分枝变化范围为2.26~6.29个,平均标准差为1.04个(表1)。其中分枝数最大的为1990年代育成品种,平均分枝数为4.57个,最少为2020年代育成品种,平均为3.69个。说明分枝数随育种改良进程变化不明显。

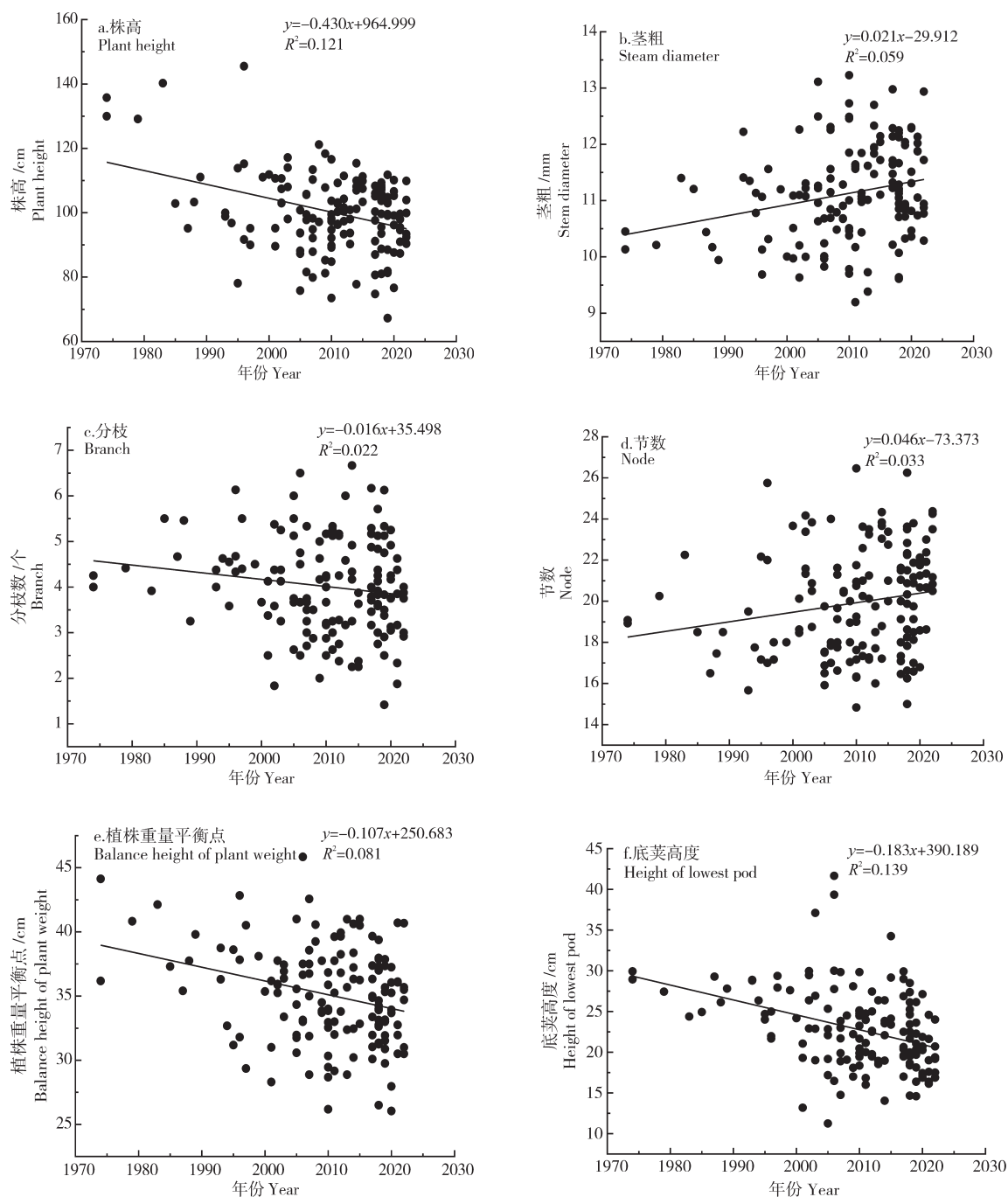


图1 辽宁省不同年代大豆品种株型性状的遗传改良

Figure 1 Genetic improvement of plant type traits in soybean varieties released at different ages in Liaoning province

不同年代大豆品种的节数随着年代的推进呈现先减少后增加的趋势( $R^2=0.033$ ,图1d),平均节数为19.68,变化范围为15.72~24.69个,平均标准差2.46个(表1)。其中节数最少的为1980年代育成品种,平均节数为18.64个,节数最大为2020年代育成品种,平均为21.35个。结果表明节数性状随育种改良进程变化并不显著。

随着年代的更替,辽宁省不同年代育成的大豆品种的重心平衡点高度上呈现减少的趋势(图1e, $R^2=0.081$ ),平均平衡点高度为50.36 cm,平衡点高度变化范围为38.76~61.88 cm,平均标准差为7.37 cm。其中平衡点高度最大为1970年代育成品种,平均平衡点高度为54.13 cm,最低为2000年代育成品种,平均平衡点高度为48.18 cm。这说明平衡点高度性状随育种进程改良而减少,新品种显著低于老品种。

底荚高度往往与大豆的产量相关,底荚高度随着育成年代而变化。不同年代大豆品种呈现显著降低的趋势(图1f, $R^2=0.139$ ),平均底荚高度为24.48 cm,底荚高度的变化范围为17.31~33.55 cm,平均标准差为4.4 cm(表2)。其中底荚高度最高为1970年代育成品种,平均底荚高度为28.77 cm,2020年代育成品种达最低,为19.70 cm。表明底荚高度随育种改良进程呈下降趋势,新品种的底荚高度低于老品种。

鼓粒期的茎秆强度与大豆的倒伏性相关最终会影响大豆的产量。随着育成年代的推进不同年代大豆品种的茎秆强度呈显著增加的趋势(图2a, $R^2=0.061$ )。茎秆强度的平均值为218.6 N,平均变化范围为95.32~365.7 N,平均标准差为36.18 N。其中鼓粒期茎秆强度最小的为1970年代育成品种,平均茎秆强度为207.64 N,2020年代育成品种的平均茎秆强度达到最大,为251.49 N。说明茎秆强度性状随育种改良进程呈显著增加的趋势。

叶柄夹角是决定大豆群体内光分布的重要因素,由图2b可知,1970年代育成大豆品种的叶柄夹角自上部至下部呈逐渐减小的趋势,1980,1990,2000,2010,2020年代的叶柄夹角由下到上部的叶柄夹角均呈逐渐增大的趋势。随着育种年代的增加,不同年代大豆品种上部叶柄夹角呈逐渐减少的趋势,2020年代育成品种达到最小,平均 $26.61^\circ$ ;中部叶柄夹角呈缓慢减小的趋势,2020年代育成品种达到最小,平均为 $30.55^\circ$ ;下部叶柄夹角呈先增加后减少的趋势,2020年代育成品种达到最小,平均为 $33.67^\circ$ 。说明随着育种进程,育种家们更倾向于选育耐密紧凑型的大豆品种。

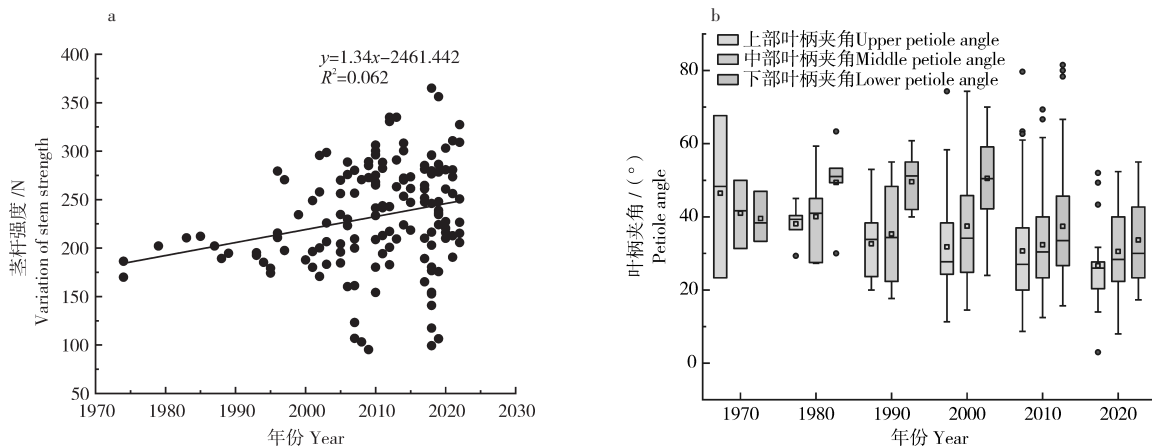


图2 辽宁省不同年代品种鼓粒期茎秆强度(a)和叶柄夹角(b)的变化

Figure 2 Variation of stem strength(a) and petiole angle(b) at grain-filling stage of different varieties released at different ages in Liaoning province

### 2.3 辽宁省不同年代大豆品种产量性状的遗传改良

不同年代辽宁省大豆品种的单株有效荚数随着育种年代呈逐渐增加的趋势(图3a, $R^2=0.0045$ )平均单株有效荚数为91.11个,平均变化范围为59.24~140.14个,平均标准差为23.14个(表1)。其中平均单株有效最多的为2020年代育成品种,为101.61个,平均单株有效荚数最少的为1970年代育成品种,为82.17个。说明单株荚数随育种进程有所增加,但是改良并不显著。

随着育成年代的更替,不同年代大豆品种的单株粒数其中株粒数呈现逐渐增加的趋势(图3b,  $R^2=0.023$ )单株粒数平均为159.77个,变化范围为93.9~281.85个,平均标准差为49.2个(表1)。其中单株粒数最少的为1970年代育成品种,平均单株粒数为121.98个,平均单株粒数最多的为2020年代育成品种,为177.32个。表明,单株粒数随育种改良进程而增加,新品种的单株粒数显著高于老品种。

百粒重是决定产量的重要因素。不同年代大豆品种的百粒重随着年代的更替呈先增加后减少的趋势(图3c,  $R^2=0.001$ )平均百粒重为20.91 g,平均变化范围为15.54~26.70 g,平均标准差为2.86 g(表1)。其中平均百粒重最小的年代为1970育成品种,为18.36 g,平均百粒重最大的年代为1990年育成品种,为23.16 g。说明,百粒重性状随育种进程减少,但是改良并不显著。

大豆品种产量随年份变化总体上呈现显著线性增加(图3d,  $R^2=0.404$ ),平均产量为2 725.68  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,平均变化范围为1 999.45~3 293.84  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,平均标准差为253.76  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (表1)。其中平均产量最小的年代为1970年代,为1 934.07  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,而在2020年代达到最大,为3 319.63  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

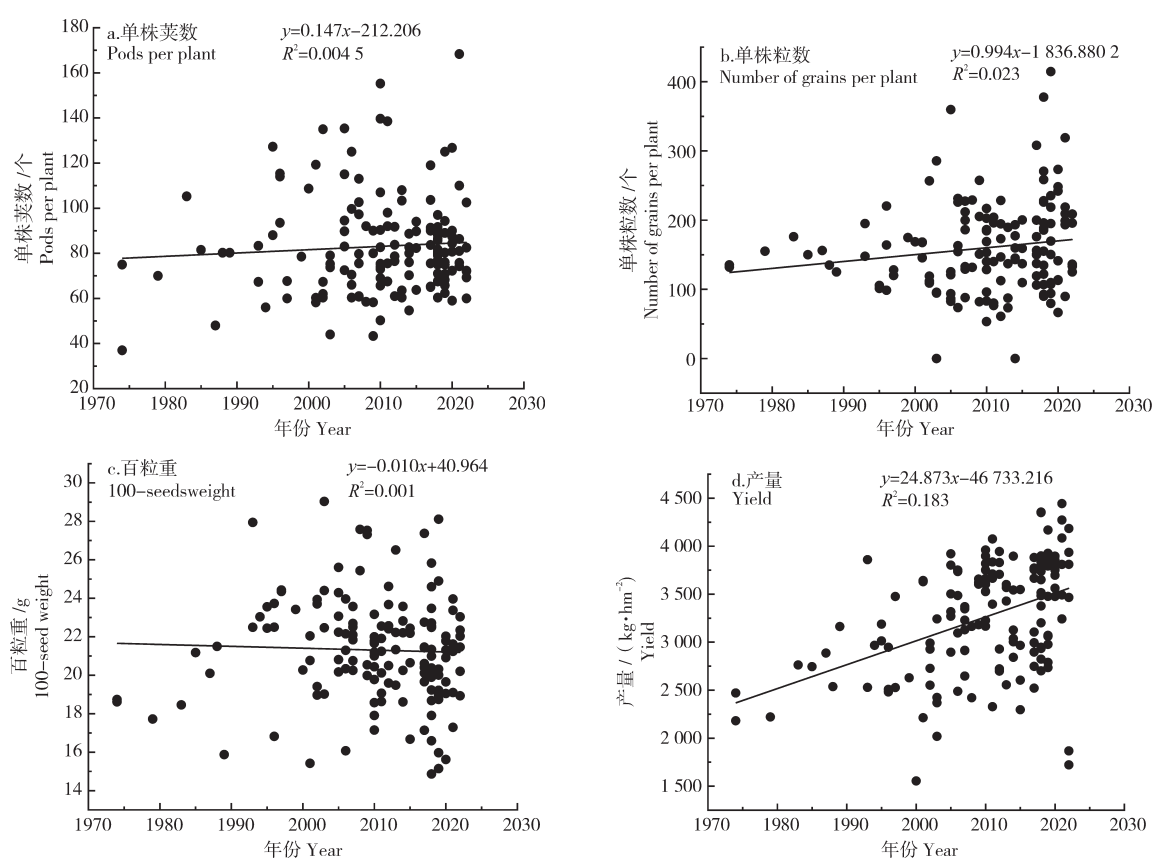


图3 辽宁省不同年代品种产量性状的遗传改良

Figure 3 Genetic improvement of yield traits varieties released at different ages in Liaoning province

#### 2.4 辽宁省不同年代育成大豆品种农艺性状的相关性分析

由表2可知,辽宁省不同年代大豆品种产量与主茎粗、单株粒数和单株荚数呈正相关,其中与总粒数呈极显著正相关,相关系数为0.228。产量与底荚高度、平衡点高度、株高、百粒重呈负相关,其中与平衡点高度呈显著负相关,相关系数为-0.124,与底荚高度呈极显著负相关,相关系数为-0.382。底荚高度与分枝数和百粒重呈显著正相关,相关系数分别为0.193和0.211,与重心平衡点呈极显著正相关,相关系数为0.382,与总粒数呈极显著负相关,相关系数为-0.341。重心平衡点高度与株高、主茎节数呈极显著正相关,相关系数分别为0.634和0.414,株高与主茎节数呈极显著正相关,相关系数为0.591,与分枝数和百粒重呈显著负相关,相关系数分别为-0.224和-0.167。茎粗与主茎节数、单株粒数和单株荚数均呈显著正相关,相关系数依次为0.187,0.186,0.181。主茎节数与分枝数、百粒重呈极显著负相关,相关系数分别为-0.340和-0.299。分枝数与百粒重、总粒数呈显著正相关,相关系数为

0.205和0.164,与单株荚数呈极显著正相关,相关系数为0.311。百粒重与单株粒数呈极显著负相关,相关系数为-0.287。

表2 辽宁省不同年代育成大豆品种农艺性状的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of agronomic traits of soybean varieties released at different ages in Liaoning province

性状 Traits	底荚高度 Height of lowest pod	植株重量		株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	节数 Node	分枝数 Branch	百粒重 100-seeds weight	单株粒数 Number of grains per plant	单株荚数 Pods per plant
		平衡点 Balance height of plant weight	平衡点 Balance height of plant weight							
植株重量平衡点 Balance height of plant weight	0.382**									
株高 Plant height	0.130	0.634**								
茎粗 Stem diameter	-0.130	-0.020	-0.010							
节数 Node	-0.100	0.414**	0.591**	0.186*						
分枝数 Branch	0.193*	-0.230**	-0.224**	0.050	-0.340**					
百粒重 100-seeds weight	0.211*	0.000	-0.167*	0.010	-0.299**	0.205*				
单株粒数 Number of grains per plant	-0.341**	-0.178*	-0.090	0.187*	0.090	0.164*	-0.287**			
单株荚数 Pods per plant	-0.120	-0.140	-0.100	0.182*	0.010	0.311**	-0.070	0.544**		
产量 Yield	-0.304**	-0.169*	-0.241**	0.130	-0.010	-0.010	-0.130	0.228**	0.110	

注:\*和\*\*分别代表5%和1%显著水平。

Note:\*and \*\* represent significance at 5% and 1% probability level, respectively.

## 2.5 大豆品种农艺性状的通径分析

辽宁省不同年代审定品种的农艺性状对产量的通径分析表明(表3),株高、分枝数、底荚高度和百粒重性状对产量均具有直接的负效应,贡献率大小依次为株高>底荚高度>百粒重>分枝数>单株荚数,

表3 辽宁省不同年代育成大豆品种产量及相关性状的通径分析

Table 3 Path analysis of yield and related traits of soybean varieties released at different ages in Liaoning province

性状 Traits	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient								
		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
株高 x1 Plant height	-0.316		0.005	-0.200	-0.187	0.071	-0.040	0.053	0.028	0.031
茎粗 x2 Stem diameter	0.087	-0.001		-0.002	0.016	0.004	-0.011	0.001	0.016	0.016
平衡点 x3 Balance height	0.008	0.005	-0.001		0.003	-0.002	0.003	0.000	-0.001	-0.001
节数 x4 Node	0.093	0.055	0.017	0.039		-0.032	-0.009	-0.028	0.008	0.001
分枝数 x5 Branch	-0.057	0.013	-0.003	0.013	0.019		-0.011	-0.012	-0.009	-0.018
底荚高度 x6 Height of lowest pod	-0.249	-0.031	0.032	-0.095	0.025	-0.048		-0.052	0.085	0.029
百粒重 x7 100-seeds weight	-0.102	0.017	-0.001	0.001	0.030	-0.021	-0.021		0.029	0.007
单株粒数 x8 Number of grains per plant	0.166	-0.015	0.031	-0.030	0.014	0.027	-0.057	-0.048		0.090
单株荚数 x9 Pods per plant	-0.016	0.002	-0.003	0.002	-0.001	-0.005	0.002	0.001	-0.001	

其中株高(-0.316)和底荚高度(-0.249)对产量提高的直接负效应最大。而茎粗、平衡点高度、节数、单株粒数和单株荚数均对产量具有直接的正效应,贡献率大小依次为单株粒数>主茎节数>主茎粗>平衡点高度>分枝数,其中单株粒数(0.166)和主茎节数(0.093)对产量提高的直接负效应最大由间接通径系数可以看出,各因素对产量的间接作用影响不同,其中植株重量平衡点高度通过影响株高对大豆产量的间接负影响最大,其次为主茎节数通过影响株高而影响大豆产量。结果表明在辽宁省大豆改良进程中株高和底荚高度对产量的贡献较大。

### 3 讨论与结论

株型一直以来是辽宁省大豆品种遗传改良的重点,株型改良是提高作物抗倒伏性、改善群体冠层结构<sup>[17]</sup>,实现作物群体产量提高的有效途径。大豆株型是植株集中表现出的整体特征,包括叶柄角、株高、分枝数、茎粗等,这些性状的合理分布有利于改善群体内的光分布<sup>[18]</sup>,进而调节群体内光合能力以及源库关系,最终影响产量<sup>[19]</sup>。叶柄夹角可以衡量大豆群体的叶片空间分布状态<sup>[20]</sup>,朱可心<sup>[21]</sup>指出适当改变叶柄夹角的大小,有利于培育耐密紧凑型的大豆品种。本研究发现,随着年代的增加,辽宁省不同年代大豆品种的上中下层叶柄夹角整体上均呈现逐渐减少的趋势。说明通过改良叶柄夹角的大小可以改善大豆冠层结构的受光率进而提高种群产量。株高是影响农作物株型、生物量<sup>[22]</sup>和产量的重要因素<sup>[23]</sup>。王凤敏等<sup>[24]</sup>研究发现,株高是决定大豆产量最重要的因素,其次是主茎节数。徐瑶等<sup>[11]</sup>研究表明产量与底荚高度呈显著负相关。本研究对辽宁省1970-2020年间育成的大豆品种的农艺性状进行比较研究表明,随着年代的推移,株高改良方面呈显著降低的趋势,主茎节数、主茎粗呈逐渐增加的趋势,平衡点重心逐渐下移,底荚高度逐渐降低,相关性分析表明产量与株高、底荚高度呈极显著负相关,株高与重心平衡点和主茎节数呈极显著正相关,平衡点与主茎节数呈极显著正相关,这与徐瑶等<sup>[25]</sup>的研究结果一致。随着年代的推移大豆茎秆强度是决定大豆倒伏的关键因子,孟凡凡等<sup>[26]</sup>研究表明,在R6时期,茎秆强度与观察到的倒伏程度呈负相关。本研究发现,随着育种年份的增加,茎秆强度呈现逐渐增加的趋势,且与产量呈极显著正相关。因此,辽宁省大豆品种株高降低以及相关农艺性状的变化趋势可以说明育种家们注重增加大豆品种的抗倒伏性和紧凑型株型的品种培育,从而优化大豆群体结构,达到增产的目的。

产量性状是影响大豆产量的直接因素<sup>[27]</sup>,大豆产量的提高需要协调改良优良基因和综合提高大豆产量构成因素来实现,前人研究发现大豆品种单株产量的增加主要是由百粒重的提高而实现的<sup>[28]</sup>,中国东北地区不同年代育成大豆品种产量与育成年代相关达极显著水平,单株产量、单株荚数和单株粒数与品种的育成年代相关均达到极显著水平<sup>[29]</sup>。本研究表明,随着年代的推移,品种产量呈显著增加的趋势,单株粒数和单株荚数逐渐增,百粒重呈减小趋势,但是并不显著。其中单株粒数、单株荚数与产量呈极显著正相关,而百粒重与单株粒数呈极显著负相关,这与任海红等<sup>[30]</sup>的研究结果相同。这表明大豆的增产是由于单株粒数、单株荚数和百粒重的共同提高而实现的。咎凯等<sup>[31]</sup>认为,株高与产量关系最密切。通径分析表明株高和底荚高度对产量的直接正效应贡献最大,单株粒数和主茎节数对产量的直接负效应最大。这表明协调株高和单株粒数等性状有利于大豆产量的提升<sup>[32]</sup>。本研究中大豆品种在育种进程中各农艺性状的变异系数在7%~30%区间内,受自然环境影响因素较少,且品种的稳定性和较好。因此在辽宁省大豆品种产量潜力提高的关键因素是降低株高,同时结合实际生产需求,应考虑单株粒数较多和结荚高度适宜的大豆新品种。

本研究表明,随着年代的推移,辽宁省不同年代大豆品种农艺性状与产量相关要素均得到了显著的改良。随着年代的推移,鼓粒期不同年代大豆品种上中下层叶柄夹角均呈逐渐减少的趋势,株高、植株重量平衡点高度和底荚高度呈显著下降趋势,主茎节数和主茎粗呈缓慢上升趋势。随育种年代的增加,大豆品种产量呈显著增加的趋势,其中单株荚数、单株粒数逐渐增加,百粒重逐渐减少。相关分析结果表明产量与大豆株高和底荚高度呈极显著负相关,与茎秆强度和总粒数呈极显著正相关。通径分析显示株高、底荚高度和单株粒数对产量的直接贡献最大。因此说明辽宁省大豆品种遗传改良偏重于选育株高适宜、底荚高度较低和单株粒数较多的稳产型品种。

#### 参考文献:

- [1] HAGELY K, KONDA A R, KIM J H, et al. Molecular-assisted breeding for soybean with high oleic/low linolenic

- acid and elevated vitamin E in the seed oil[J].Molecular Breeding:New Strategies in Plant Improvement,2021,41(1):1-13.
- [2] JIN Y,HE J,ZHU Y H,et al.Nodule formation and nitrogen use efficiency are important for soybean to adapt to water and P deficit conditions[J].Agriculture,2022,12(9):1326.
- [3] 谢甫绋.大豆生理与遗传改良[M].北京:中国农业出版社,2011.
- [4] 王见中.辽宁省大豆生产现状及发展对策[J].辽宁农业科学,2015(6):60-62.
- [5] 程彬,刘卫国,王莉,等.种植密度对玉米-大豆带状间作下大豆光合、产量及茎秆抗倒的影响[J].中国农业科学,2021,54(19):4084-4096.
- [6] ZHU G L,LI G H,WANG D P,et al.Changes in the lodging-related traits along with rice genetic improvement in China[J].PLoS One,2016,11(7):14.
- [7] 刘佳,衣志刚,董志敏,等.2016-2019年北方春大豆参试品种(系)花叶病和灰斑病抗性鉴定及分析[J].大豆科学,2021,40(1):130-141.
- [8] BAO X Y,LI Z G,YAO X D.Changes in photosynthetic traits and their responses to increasing fertilization rates in soybean (*Glycine max*(L.) Merr.) during decades of genetic improvement[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2021,101(11):4715-4723.
- [9] LI M M,LIU Y,WANG C S,et al.Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese Latitudes[J].Front Plant Sci,2020,10:1642.
- [10] QIN X L,FENG F,LI D X,et al.Changes in yield and agronomic traits of soybean cultivars released in China in the last 60 years[J].Crop and Pasture Science,2017,68(10/11):973-984.
- [11] 任海红,马俊奎,刘学义,等.山西省审定大豆品种主要农艺性状、产量及品质的演变分析[J].中国油料作物学报,2018,40(6):762-768.
- [12] 陈庆超,赵杨.植物光合产物源库流调控及其对干旱的响应[J].山西农业科学,2021,49(12):1367-1375.
- [13] 胡国玉,李杰坤,王大刚,等.安徽省不同年代育成大豆品种的性状演变分析[J].大豆科学,2020,39(5):657-666.
- [14] 贾利敏,赵晓宇,王雪娇,等.内蒙古自治区不同年代审定大豆品种主要农艺性状变化趋势分析[J].中国农学通报,2023,39(7):10-18.
- [15] 刘歆,何念,杨梦婷,等.1987-2022年湖北省审定籽粒型大豆品种主要性状演变分析[J].大豆科学,2023,42(6):683-691.
- [16] 郑伟,郭伟,谢甫绋,等.黑龙江省不同年代育成代表性大豆品种产量因子对施肥水平的响应[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):116-122.
- [17] 郭蕊,樊晋源,武艳杏,等.大豆杂交后代理想株型的综合评价[J].山西农业科学,2023,51(5):485-493.
- [18] XU C L,LI R,SONG W W,et al.High density and uniform plant distribution improve soybean yield by regulating population uniformity and canopy light interception[J].Agronomy-Basel,2021,11(9):18.
- [19] 刘嘉霖,谢慧敏,张峥,等.基于QTL相关SSR标记分析黄淮海和南方大豆品种的遗传多样性及群体遗传结构[J].中国油料作物学报,2022,44(1):63-71.
- [20] 何兵,朱星陶,陈佳琴,等.不同大豆类群种质叶柄角和分枝角的遗传解析[J].贵州农业科学,2022,50(3):24-29.
- [21] 朱可心.基于株型特征的大豆冠层光照分布解析方法研究[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2021.
- [22] CUI X,DONG Y,GI P,et al.Relationship between root vigour,photosynthesis and biomass in soybean cultivars during 87 years of genetic improvement in the Northern China[J].Photosynthetica,2016,54(1):81-86.
- [23] 武小霞,张博,杨思琪,等.转GmESR1基因大豆鉴定及主要农艺性状调查[J].东北农业大学学报,2022,53(8):1-8,70.
- [24] 王凤敏,赵双进,王静华,等.河北省不同时期育成大豆品种产量构成因子分析[J].大豆科学,2014,33(6):830-836.
- [25] 徐瑶,冷苏凤,张玉明,等.1982-2021年江苏省审定大豆品种主要农艺性状、产量、品质及抗性演变分析[J].中国油料作物学报,2022,44(4):780-789.
- [26] 徐瑶,张锐,董守坤,等.不同大豆品种鼓粒期茎秆力学特性与抗倒伏性差异研究[J].大豆科学,2017,36(6):905-912.
- [27] ZHANG H L,LIANG N,DONG R,et al.Improved seed yield and phosphorus accumulation in soybean are associated with the enhanced root exudates in south-west China[J].Plant and Soil,2022:1-11.DOI:10.1007/s11104-022-05784-9.
- [28] 孙贺祥,张子娇,何德鑫,等.耐密型大豆品种农艺和产量性状对增密减肥的响应[J].沈阳农业大学学报,2023,54(6):641-650.
- [29] WU T T,SUN S,WANG C J,et al.Characterizing changes from a century of genetic improvement of soybean cultivars in Northeast China[J].Crop Science,2015,55(5):2056-2067.
- [30] 任海红,任小俊,马俊奎,等.1973-2017年山西省审定大豆品种的系谱分析[J].中国油料作物学报,2019,41(4):550-558.
- [31] 管凯,王凤菊,陈亚光,等.黄淮海地区夏大豆农艺性状的综合评价及通径分析[J].天津农业科学,2023,29(10):18-24.
- [32] 何德鑫,赵翔,张雪静,等.大豆连作根际土壤微生物群落构建特征[J].沈阳农业大学学报,2024,55(1):1-8.