

# 种植密度对不同大豆品种产量性状的影响

韩 雪, 杨金剑, 齐照明\*

东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨  
Email: \*qizhaoming1860@126.com

收稿日期: 2021年4月24日; 录用日期: 2021年5月19日; 发布日期: 2021年5月27日

## 摘 要

大豆是我国重要的粮食作物, 大豆中蛋白质、脂肪含量很高, 具有极好的营养价值。提高大豆产量是我国大豆急需解决的问题。在农作物栽培中, 合理的群体密度是确保高产稳产的主要措施之一。为了明确东农几个大豆品种的最适种植密度, 以便充分发挥大豆的增产能力。本文采用东农251、东农252、东农253、东农42E品系、东农42E品系包衣种五种品种进行试验, 设置10万株/公顷、12万株/公顷、14万株/公顷、16万株/公顷、18万株/公顷五种种植密度, 采用随机区组设计进行种植, 收获后测量五个品种、五种密度条件下的株高、分枝数、百粒重、单株粒重表型数据, 并从中每个品种每种密度随机抽取50株样本进行描述性分析和通径分析, 得到了五种品种的最适种植密度。得到如下结论: 随着密度的增长, 各品种的产量都会逐步增大; 每个品种存在一个最适密度, 东农251品种、东农252品种、东农253品种和东农42E品系在16万株/公顷的密度条件下产量最高, 高密度和低密度都无法达到最高产量; 而东农42E品系包衣种的最适密度是18万株/公顷。通过本次试验, 确定最适密度, 以便在以后种植时选取最适密度, 提高单位面积大豆产量, 充分发挥品种的增产能力。

## 关键词

大豆, 种植密度, 产量

# Analysis of Soybean Yield Related Traits under Different Planting Density with Different Varieties

Xue Han, Jinjian Yang, Zhaoming Qi\*

Northeast Agriculture University, Harbin Heilongjiang  
Email: \*qizhaoming1860@126.com

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2021; accepted: May 19<sup>th</sup>, 2021; published: May 27<sup>th</sup>, 2021

\*通讯作者。

## Abstract

Soybean is an important food crop in China. The content of protein and fat in soybeans is very high, and it has excellent nutritional value. Therefore, it is an urgent problem to improve soybean production in China. In crop cultivation, reasonable population density is one of the main measures to ensure high and stable yield. Generally speaking, the yield of soybean population will increase with the increase of density. In order to clarify the optimum planting density of several soybean varieties in east agriculture, we should give full play to the soybean production capacity. In this paper, five varieties of East Nong 251, Dong Nong 252, Dong Nong 253, Dong Nong 42E and Dong Nong 42E coat seed coat were tested, and five planting densities of 100 thousand plants/ha, 120 thousand plant/ha, 140 thousand/hectare, 160 thousand/ha, 180 thousand/ha were planted by random region design, and five varieties were measured after harvest. The data of plant height, branch number, 100 grain weight and single plant weight under five density conditions were collected, and 50 samples were randomly selected from each species for descriptive analysis and path analysis, and the optimum planting density of five varieties was obtained. The results are as follows: with the increase of density, the yield of each variety will increase gradually. There is an optimum density for each variety. The yield of East farmer 251, Dong Nong 252, Dong Nong 253 and Dong Nong 42E is the highest under the density of 160 thousand plant per hectare, and both high density and low density cannot reach the highest yield. The optimum density of the seed coat of Dong Nong 42E strain was 180 thousand plants per hectare. Through this experiment, the optimum density is determined so as to select the optimum density in the future, to increase the yield per unit area of soybean, and to give full play to the yield increasing ability of the varieties.

## Keywords

Soybean, Plant Density, Yielding

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

大豆是我国重要的食用油和粮食作物之一，其中含有 20%左右的脂肪和 40%左右的蛋白质，占世界食用植物油的 30%以上。大豆营养丰富，蛋白质中含有人类所无法合成的 8 种必需氨基酸，是植物中唯一类似于动物蛋白的完全蛋白质，素有“完美蛋白”的美称，它也为人类提供了大量的食用油分和粮食。中国是大豆的故乡，自古以来就有很多科学家对大豆的栽培进行研究，而当今美国和一些西方国家大豆的产量逐年上升，我国的大豆种植不合理导致国产大豆产量下降，远不能满足人们的生活需求。大豆的品质和产量下降是导致这种情况的重要原因之一。

在大豆的种植中，合理的群体密度是确保高产稳定的主要措施之一。总的来说，一个品种的群体产量，随着种植密度增加而增高，存在一个最适密度，在这个种植密度条件下，大豆群体的产量可以达到最大，当超过这个密度时产量则下降。适宜密度有存在一个适应范围，即达到最高群体产量时的最低密度为适宜密度的下限，最高产量时的最大密度为适宜密度的上限。大豆是一个自我调节性很强的分枝型作物，也就是说大豆具有较宽的适宜密度幅度，在这个密度幅度下群体产量是相对稳定的。大豆生产是

群体生产,不同的群体密度对大豆个体的生长、发育和产量影响不同。建立合理的田间群体结构,使个体与群体协调发展,最大限度地提高大豆对环境资源的利用率和转换率,是实现大豆高产的主要途径之一[1][2][3][4][5]。

密度对大豆产量有很大的影响,国内外有很多教授对其影响也有研究,不同的密度条件,对大豆的分枝数,百粒重,单株粒重等都有一定的影响,从而对大豆的产量有重要的作用。孙国伟等用以合农 60、垦丰 16 和合丰 55 几个品种为试验材料,采用裂区试验设计,探究不同密度、播期对不同品种的性状以及产量的影响。研究表明播期显著影响大豆产量;播期和密度互作、品种和密度互作以及播期、品种和密度互作对大豆产量均产生影响,达到极显著水平[1]。

安磊等在宁夏大学试验农场大田条件下,以承豆 6 号、冀豆 17 两个品种为试验品种,研究其在不同密度条件下的生长发育特性、产量以及性状。研究表明在一定范围内,增加播种密度是提高产量的途径之一,但合理群体结构因品种不同而有差异。增大密度株高、底荚高度增加,有效分枝数减小[2]。

张永强等通过设置 37.5 万株/hm<sup>2</sup> (A 处理)、45.0 万株/hm<sup>2</sup> (B 处理)、52.5 万株/hm<sup>2</sup> (C 处理)、60.0 万株/hm<sup>2</sup> (D 处理)、67.5 万株/hm<sup>2</sup> (E 处理)5 种不同种植密度,研究不同密度条件下北疆复播大豆株高、茎粗、叶面积指数(LAI)、干物质积累的动态变化、产量及产量构成因素。结果表明,随着密度的增加,株高增高、茎粗变细,二者呈显著的负相关关系,相关系数达-0.8928;叶面积指数随着密度的增加而增大,单株干物质重则随着密度的增加而降低;产量随着密度的增加呈现开口向下的抛物线,以 52.5 万株/hm<sup>2</sup> 的 C 处理产量最高,为 3205.04kg/hm<sup>2</sup>,分别较 A 处理、B 处理、D 处理、E 处理的分别高出 14.26%, 4.09%, 1.42%, 5.88%, 均达到了极显著差异水平(P < 0.01)。北疆复播大豆的密度控制在 52.5 万~60.0 万株/hm<sup>2</sup>可获得高产[3]。

王新兵等通过对中黄 35 品种在不同生态区,不同密度条件下进行种植,研究不同密度对大豆的产量以及产量构成影响。选用了河北廊坊为种植最适宜生态区,筛选出了不同生态区的大豆中黄 35 的适宜种植密度,构建了高产群体结构,通过相关性分析和通径分析表明,种植密度与生态区对大豆产量及产量构成的影响均达到显著水平,种植密度对产量的影响达到极显著水平[4]。

陈丽霞等采用大田小区试验,随机区组设计,分析密度对干物质在各器官中的分配影响不大,但对干物质的积累量影响较大[5]。

田艺心等在黄淮海地区选用高蛋白的大豆品种冀豆 21、冀豆 12、荷豆 12 和齐黄 13 为试验材料,对不同密度下的大豆密度和产量进行研究。结果表明,高蛋白大豆品种株高、主茎节数等性状均随密度增大而增大,但有效分枝数、有效荚数随密度增大而逐渐减小。单株干物质随密度增大而减少,群体干物质随密度增大先增大后减小[6]。

张旭丽等以晋豆 43 号为试验材料,确定晋北区大豆的合适种植密度,设置了 6 个不同的密度进行研究。结果表明:随着密度的增大,株高先升后降,茎粗、主茎节数、分枝数、单株粒数、单株荚数、单株粒重均下降,百粒重先降后升,产量呈先增后降的趋势[7]。

张素梅等以齐黄 34 为试验材料,采用二因素随机区组设计,探究不同密度对大豆产量的影响。结果表明:随着播期的延迟,品种的产量随密度的增加呈先增后降的趋势,差异达到极显著水平[8]。

赵朝森等在江西省进贤县和东乡县对“天隆一号”大豆品种进行播期与密度试验,结果表明:不同播期和种植密度处理均对春大豆“天隆一号”的农艺及产量性状产生影响[9]。

大豆的茎秆不仅影响大豆株行的变化,同时还会影响到大豆的抗倒伏性,大豆倒伏会严重影响大豆的品质和产量,使得大豆的产量下降,不同的密度下大豆的倒伏情况也有所不同。因此开展对大豆抗倒伏性相关性状指标研究,对于提高大豆的抗倒伏性而提高大豆产量有重要的指导意义。

## 2. 试验方法

### 2.1. 试验材料的种植

本试验利用具有较明显差异的 5 个品种东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种、东农 42E 品系、东农 42 品系包衣种五个品种, 每个品种分别有 10 万株/公顷、12 万株/公顷、14 万株/公顷、16 万株/公顷、18 万株/公顷五种密度, 在哈尔滨试验基地种植, 并在每种品种每种密度中随机抽取 50 株品种进行株高、分枝数、单株粒重、百粒重的测量, 得到完整的试验数据, 进行了统计分析。田间设计应采用随机区组排列, 每个密度小区面积为 0.2 亩。

### 2.2. 产量相关性状的测定

分别在不同品种不同密度中选取 50 株进行考种, 分别测量各株的株高、单株粒重、百粒重, 倒伏情况等, 记录并整理成表格。

### 2.3. 数据分析

然后用 Excel2007 对各项数据进行描述性分析, 统计各组数据的最大值、最小值、方差、标准差和变异系数。利用 SPSS 进行通径分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 倒伏性及分枝数调查结果

下表为试验所选材料(东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种、东农 42E 品系和东农 42 品系包衣种) 5 种品种在不同密度条件下种植的分枝数的平均数的数据。从该表我们可以看出, 每个品种随着种植密度的增加, 其分枝数越多, 说明其倒伏情况更为严重。所以, 种植的密度对品种的分枝数和倒伏情况有一定的影响。种植的密度越大, 分枝数越多, 倒伏情况越严重(表 1)。

**Table 1.** Branch number with different plant density

**表 1.** 各品种各密度倒伏性和分枝数调查表型数据

	10 万株/亩	12 万株/亩	14 万株/亩	16 万株/亩	18 万株/亩
东农 251	0.148936	0.313725	0.351852	0.969697	1.205128
东农 252	0.571429	0.588235	0.617021	0.75	1
东农 253	0.52381	0.557692	0.956522	1.66667	1.3
东农 42E 品系	0.326923	0.375	0.619048	0.633333	0.833333
东农 42 包衣	0.259259	0.333333	0.416667	0.707317	1.034483

### 3.2. 描述性分析

东农 251 品种不同密度下的株高的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 数据。从表中可以看出, 种植密度在 16 万株/公顷时, 其株高最大值、平均值、方差和变异系数均高于其他各密度的对应数据, 说明在 16 万株/公顷的密度下变异范围较大, 其平均数代表性较差。在 12 万株/公顷的密度条件下, 其方差和变异系数均为本组数据最小值, 其变异范围较小, 可以得出在 12 万株/公顷时, 东农 251 品种的株高表型数据较为集中(表 2)。

不同密度条件下的东农 251 品种分枝数的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 数据。表中我们可以看出, 5 种密度条件下变异系数都比较大, 数据较为分散, 尤其是在 16 万株/公顷时, 变异系

数达到最大, 其平均数代表性较差。在 12 万株/公顷的条件下, 变异系数最小, 数据相对于其他密度较为集中(表 3)。

**Table 2.** Plant height distribution of Dongnong251

**表 2.** 东农 251 品种不同密度条件下的株高表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	85	115	30	97.92308	67.2834	8.202646	8.376622
251-12	50	87	110	23	96.15152	30.69508	5.540314	5.762066
251-14	50	82	110	28	96.57407	53.64535	7.324299	7.584126
251-16	50	75	125	50	99.7234	94.94357	9.743899	9.770925
251-18	50	81	117	36	97.01961	71.17961	8.436801	8.695975

**Table 3.** Branch number distribution of Dongnong251

**表 3.** 东农 251 品种不同密度条件下的分枝数表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	0	4	4	1.205128	1.219973	1.104524	91.65201
251-12	50	0	3	3	0.969697	0.717803	0.847233	87.3709
251-14	50	0	2	2	0.351852	0.421034	0.648872	184.4162
251-16	50	0	2	2	0.148936	0.172988	0.415918	279.2595
251-18	50	0	2	2	0.313725	0.299608	0.547364	174.4725

东农 251 品种在不同密度条件下的单株粒种的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 数据。从表中我们可以得知, 东农 251 品种在 16 万株/公顷时的单株粒重变异系数最大, 数据较为分散, 代表性较差; 在 14 万株/公顷、12 万株/公顷、18 万株/公顷时变异系数接近, 且变异系数较小, 相对于其他密度较为集中, 比较具有代表性(表 4)。

**Table 4.** Seeds weight per plant distribution of Dongnong251

**表 4.** 东农 251 品种不同密度条件下的单株粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	4.88	59.59	54.71	29.67579	114.4226	10.69685	36.04571
251-12	50	6.16	46.64	40.48	24.35485	66.72524	8.168552	33.53973
251-14	50	2.66	38.76	36.1	19.5475	42.96936	6.555102	33.53422
251-16	50	1.03	34.45	33.42	17.4434	51.76717	7.194941	41.24735
251-18	50	5.58	34.45	28.87	15.61958	26.6531	5.162664	33.05251

东农 251 品种在不同密度条件下的百粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 数据。从表中可以得出, 东农 251 品种在 14 万株/公顷的密度时, 方差和变异系数较大, 数据较为分散, 代表性较差。东农 251 品种在 10 万株/公顷时变异系数最小, 相对于其他密度时更具有代表性(表 5)。

东农 252 品种在不同条件下的株高的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 数据。从该表我们可以得出, 东农 252 品种在 5 种密度条件下变异系数均较小, 尤其是在 12 万株/公顷和 16 万株/公顷时, 方差和变异系数均达到了最小值, 其平均数代表性较强。相对比 12 万株/公顷和 16 万株/公顷的数据, 18 万株/公顷的变异范围更大, 在 10 万株/公顷和 14 万株/公顷时变异系数达到了最大(表 6)。



**Table 5.** 100-Seeds weight distribution of Dongnong251  
**表 5.** 东农 251 品种不同密度条件下的百粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	16.7	23.24	6.54	19.82789	1.563093	1.250237	6.305447
251-12	50	15.48	25.41	9.93	19.33091	5.158352	2.271201	11.74906
251-14	50	5.84	26.7	20.86	19.865	9.817665	3.133315	15.77304
251-16	50	15.55	33.35	17.8	20.53787	8.321517	2.884704	14.04578
251-18	50	14.69	22.96	8.27	19.06429	2.506779	1.583281	8.305083

**Table 6.** Plant height distribution of Dongnong252  
**表 6.** 东农 252 品种不同密度条件下的株高表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	78	101	23	90.03571	53.44312	7.31048	8.119534
251-12	50	83	97	14	88.83333	16.51515	4.063884	4.57473
251-14	50	70	105	35	91.47619	65.96283	8.121751	8.877228
251-16	50	89	107	18	96.89583	22.0953	4.700564	4.85057
251-18	50	84	106	22	95.33333	37.86667	6.15359	6.454817

东农 252 品种在不同密度条件下的分枝数的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 和 CV 数据, 从该表我们可以很明显的看出, 在 14 万株/公顷的密度下种植的东农 252 品种的分枝数的方差和变异系数最大, 其平均数代表性较差; 而在 12 万株/公顷密度下种植的东农 252 品种的方差和变异系数均最小, 体现了其平均数的代表性更强(表 7)。

**Table 7.** Branch number distribution of Dongnong252  
**表 7.** 东农 252 品种不同密度条件下的分枝数表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	0	3	3	1	0.814815	0.902671	90.2671
251-12	50	0	2	2	0.75	0.386364	0.621582	82.8776
251-14	50	0	3	3	0.571429	0.982578	0.991251	173.4688
251-16	50	0	2	2	0.617021	0.458834	0.677373	109.7812
251-18	50	0	2	2	0.588235	0.487059	0.697896	118.6424

东农 252 品种在不同密度条件下的单株粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 和 CV 表型数据。从该表我们可以得知, 各密度条件下的单株粒重的变异系数范围差距不大, 在 10 万株/公顷的密度下种植的东农 252 品种的变异系数最小, 说明其平均数代表性相对于其他密度更强一些(表 8)。

东农 252 品种在不同密度条件下的百粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 表型数据。从该表可以很明显的得出, 在 16 万株/公顷密度条件下种植的东农 252 品种的百粒重最大值、平均值、方差、变异系数均远高于其他密度, 可见此密度条件下的百粒重数据变异范围很大, 代表性很差; 而在 10 万株/公顷的密度下种植的东农 252 品种的变异系数最小, 其平均数的代表性更强(表 9)。

东农 253 品种在不同密度条件下的株高的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 数据。该表可以看出, 各组密度的株高变异范围都比较小, 其中在 12 万株/公顷的密度时, 变异系数和方差达

到了最小值,说明其平均数变异范围更小,平均数更可靠;18万株/公顷的条件下,变异系数达到了各组数据的最大值,相对于其他组数据不具有代表性(表10)。

**Table 8.** Seeds weight per plant distribution of Dongnong252

**表 8.** 东农 252 品种不同密度条件下的单株粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	7.97	32.25	24.28	25.32145	33.91368	5.823546	22.99828
251-12	50	10.72	30.58	19.86	19.82182	32.70048	5.718433	28.80928
251-14	50	7.75	36.72	28.97	17.74333	40.83903	6.390542	36.02029
251-16	50	6.84	58.22	51.38	21.71822	93.3389	9.661206	44.49562
251-18	50	3.61	31.77	28.16	17.762	44.81815	6.694636	37.66468

**Table 9.** 100-Seeds weight distribution of Dongnong252

**表 9.** 东农 252 品种不同密度条件下的百粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	17.33	26.01	8.68	21.03148	3.455167	1.858808	8.844508
251-12	50	19.8	33.98	14.18	23.98364	15.77939	3.972327	16.55295
251-14	50	9.08	26.71	17.63	21.03889	11.17188	3.342436	15.88207
251-16	50	19.49	95.44	75.95	25.08311	138.7566	11.7795	46.96187
251-18	50	17.99	31.57	13.58	22.25	7.49389	2.737497	12.30336

**Table 10.** Plant height distribution of Dongnong253

**表 10.** 东农 253 品种不同密度条件下的株高表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	77	109	32	91.33333	34.09195	5.838832	6.392204
251-12	50	87	93	6	89.5	3.727273	1.930615	2.156425
251-14	50	75	104	29	91.38095	75.9489	8.714866	9.531527
251-16	50	69	97	28	86.41304	44.29227	6.655244	7.701666
251-18	50	63	102	39	83.92593	91.01328	9.540088	11.36727

东农 253 品种在不同密度条件下的分枝数的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 数据。从该表我们可以得出,各组密度的分枝数表型数据的变异系数都很大,可见其平均数的变异范围很大,平均数不具有代表性,其中 10 万株/公顷的密度条件下,变异系数相对于其他组密度较小,与其他组数据相比具有代表性(表 11)。

**Table 11.** Branch number distribution of Dongnong253

**表 11.** 东农 253 品种不同密度条件下的分枝数表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	0	5	5	1.3	1.32069	1.149213	88.38462
251-12	50	0	3	3	1.66667	2.242424	1.497473	89.8422
251-14	50	0	3	3	0.52381	0.59698	0.772645	147.4962
251-16	50	0	4	4	0.956522	1.42029	1.191759	124.593
251-18	50	0	3	3	0.557692	0.722097	0.849763	152.3714

东农 253 品种在不同密度条件下的单株粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。从下表可以很明显的得出, 东农 253 品种在 18 万株/公顷的密度条件下单株粒重的变异系数最大, 其平均数的代表性差, 而在 10 万株/公顷的密度下种植的东农 253 品种的变异系数最小, 所以其平均数代表性更强, 数据更为集中(表 12)。

**Table 12.** Seeds weight per plant distribution of Dongnong253

**表 12.** 东农 253 品种不同密度条件下的单株粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	18.75	47.68	28.93	27.37	72.55713	8.518048	31.09244
251-12	50	10.65	33.91	23.26	23.09583	74.72084	8.644122	37.42802
251-14	50	6.6	35.01	28.41	18.18878	48.25897	6.946867	38.19314
251-16	50	6.43	39.68	33.25	21.84191	59.46349	7.711257	35.30369
251-18	50	4.89	58.64	53.75	19.38042	86.21478	9.285192	47.91017

东农 253 品种在不同密度条件下的百粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 表型数据。从该表我们可以看出, 在 5 种密度条件下的各组数据的方差和变异系数都较小, 平均数的变异范围较小, 尤其是在 10 万株/公顷的密度下种植的东农 253 品种变异系数和方差数据最小, 其数据分布更为集中(表 13)。

**Table 13.** 100-Seeds weight distribution of Dongnong253

**表 13.** 东农 253 品种不同密度条件下的百粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
251-10	50	17.96	26.25	8.29	21.79286	3.576547	1.891176	8.677961
251-12	50	16.42	25.14	8.72	21.34167	5.86847	2.422492	11.351
251-14	50	19.99	28.32	8.33	21.32546	5.409554	2.325845	10.8818
251-16	50	16.78	32.51	15.73	21.96936	6.599606	2.56897	11.69342
251-18	50	17.41	32.61	15.2	23.34625	10.45348	3.233184	13.84882

东农 42E 品系在不同密度条件下的株高的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。从该表我们可以得知, 东农 42E 品系在 5 种密度条件下种植的株高数据的变异系数和方差均较低, 数据较为集中; 其中, 在 16 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42E 品系的株高数据的变异系数和方差在这 5 组数据中最大, 其平均数相对于其他密度条件不具有代表性, 平均数的变异范围更大(表 14)。

**Table 14.** Plant height distribution of Dongnong42E

**表 14.** 东农 42E 品系不同密度条件下的株高表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
E-10	50	67	99	32	81.46667	60.6023	7.784748	9.555747
E-12	50	62	95	33	81.13889	59.89444	7.73915	9.538151
E-14	50	73	112	39	88.35714	57.84495	7.605587	8.607779
E-16	50	64	104	40	83.6667	104.0142	10.19873	12.18971
E-18	50	56	99	43	86.90385	56.71606	7.531007	8.665907



东农 42E 品系在不同密度条件下的分枝数的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std、CV 表型数据。从该表我们可以得知, 每种密度条件下的东农 42E 品系的分枝数表型数据的变异系数都很大, 说明其平均数的变异范围很大, 代表性很弱(表 15)。

**Table 15.** Branch number distribution of Dongnong42E

**表 15.** 东农 42E 品系不同密度条件下的分枝数表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
E-10	50	0	3	3	0.633333	0.585057	0.76489	120.7722
E-12	50	0	4	4	0.833333	0.942857	0.971008	116.521
E-14	50	0	3	3	0.619048	0.534262	0.730933	118.0737
E-16	50	0	2	2	0.375	0.324468	0.569621	151.8989
E-18	50	0	4	4	0.326923	0.498869	0.706306	216.0466

东农 42E 品系在不同密度条件下的单株粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。从该表我们可以得知, 在 10 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42E 品系的变异系数最小, 说明其平均数的变异范围较小; 在 12 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42E 品系变异系数和方差最大, 其平均数代表性较差(表 16)。

**Table 16.** Seeds per plant distribution of Dongnong42E

**表 16.** 东农 42E 品系不同密度条件下的单株粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
E-10	50	1.69	30.81	29.12	20.29759	35.29376	5.940855	29.26877
E-12	50	6.26	37.45	31.19	20.86879	61.91756	7.868771	37.70593
E-14	50	6.74	37.82	31.08	20.8445	48.74802	6.981978	33.49554
E-16	50	7.17	33.25	26.08	19.04935	34.31697	5.858068	30.75206
E-18	50	4.89	40.28	35.39	20.7656	44.11983	6.642276	31.98692

东农 42E 品系在不同密度条件下的百粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。从该表我们可以很明显的看出, 在 12 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42E 品系的百粒重数据的平均数、方差和标准差在各组密度中均为最大, 所以其平均数的变异范围较大, 代表性较差; 在其他 4 组密度条件下的品种的百粒重的变异系数和方差都较小, 平均数的变异范围较小, 更具有代表性(表 17)。

**Table 17.** 100-seeds weight distribution of Dongnong42E

**表 17.** 东农 42E 品系不同密度条件下的百粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
E-10	50	16.20879	30.08824	13.87945	24.33404	10.00563	3.163168	12.99825
E-12	50	19.6	52.9321	33.3321	26.49987	32.3054	5.683784	21.44835
E-14	50	12.96154	35.3617	22.40016	21.84187	10.64203	3.262213	14.93559
E-16	50	19.96552	34.11111	14.14559	25.12061	10.88155	3.29872	13.13153
E-18	50	17.23469	31.63492	14.40023	25.67568	10.68827	3.269292	12.72807

东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的株高的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。其中, 在 14 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42 品系包衣种的变异系数、方差、平均数均

为最大, 所以其密度条件下的平均数的变异范围最大, 平均数代表性较差; 在 10 万株/公顷、12 万株/公顷和 16 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42 品系包衣种的变异系数接近, 且均比较小, 这三组数据中的平均数代表性更强, 数据更为集中(表 18)。

**Table 18.** Plant height distribution of Dongnong42E with treatment

**表 18.** 东农 42 品系包衣种不同密度条件下的株高表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
包衣-10	50	64	85	21	71.65517	26.73399	5.170492	7.215111
包衣-12	50	78	97	19	85.33333	45.33333	6.733003	7.890241
包衣-14	50	44	91	47	79.68293	75.57195	8.693213	10.90975
包衣-16	50	73	99	26	88.125	38.28191	6.187238	7.020979
包衣-18	50	70	99	29	85.40741	63.22711	7.951548	9.310138

东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的分枝数的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 和 CV 表型数据, 在 18 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42 品系包衣种分枝数数据的方差和变异系数均为最小, 此组数据的数据较为集中; 其他组密度条件下的数据的变异系数均很大, 说明其数据的平均数代表性较差(表 19)。

**Table 19.** Branch number distribution of Dongnong42E with treatment

**表 19.** 东农 42 品系包衣种不同密度条件下的分枝数表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
包衣-10	50	0	3	3	1.034483	1.320197	1.148998	111.0698
包衣-12	50	0	1	1	0.33333	0.242424	0.492366	147.7113
包衣-14	50	0	3	3	0.707317	0.862195	0.928545	131.2771
包衣-16	50	0	3	3	0.416667	0.41844	0.646869	155.2484
包衣-18	50	0	2	2	0.259259	0.233403	0.483118	1.863457

东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的单株粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV 表型数据。其中在 10 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42 品系包衣种的单株粒重的变异系数最大, 其数据比较分散, 平均数代表性较差; 在 18 万株/公顷的密度条件下种植的东农 42 包衣品种的单株粒重表型数据变异系数最小, 变异范围较小, 其数据较为集中(表 20)。

**Table 20.** Seeds per plant distribution of Dongnong42E with treatment

**表 20.** 东农 42 品系包衣种不同密度条件下的单株粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
包衣-10	50	2.43	45.31	42.88	22.06833	90.03531	9.488694	42.99688
包衣-12	50	7.35	26.35	19	15.8675	23.63204	4.86128	30.63671
包衣-14	50	9.95	36.94	26.99	22.29439	45.87612	6.773191	30.3807
包衣-16	50	5.1	41.04	35.94	19.54182	43.00251	6.55763	33.55691
包衣-18	50	7.41	29.33	21.92	19.38717	20.43304	4.520292	23.31589

东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的百粒重的 N、Min、Max、Range、Mean、Var、Std 和 CV 表型数据。从下表可以很明显的看出, 在 12 万株/公顷的密度下种植的东农 42 品系包衣种的百粒重数据

的变异系数和方差都比较大,其数据比较分散,代表性较差。而在 14 万株/公顷的密度下种植的东农 42 品系包衣种的百粒重的方差和变异系数以及平均数都为各组密度条件下的最小值,说明其数据比较集中,都接近于平均数,数据的代表性更强一些(表 21)。

**Table 21.** 100-Seeds weight distribution of Dongnong42E with treatment

**表 21.** 东农 42 品系包衣种不同密度条件下的百粒重表型数据

	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV(%)
包衣-10	50	18.85714	36.01818	17.16104	22.76453	10.03774	3.168239	13.91727
包衣-12	50	17.01163	38.02128	21.00965	24.87356	27.09518	5.205303	20.92705
包衣-14	50	21.53333	29.6	8.06667	24.33064	3.563538	1.887733	7.758666
包衣-16	50	18.21429	35.49383	17.27954	25.23764	7.974654	2.823943	11.18941
包衣-18	50	19.5	29.95	10.45	24.95553	4.465815	2.113248	8.468055

小结:通过对东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种、东农 42E 品系以及东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的株高、分枝数、单株粒重、百粒重的描述性分析结果进行横向和纵向分析,得出以下结论:各个品种的不同密度条件下的株高和百粒重的变异系数普遍很小,而分枝数的变异系数普遍很大。通过对 5 种品种在 5 种密度条件下的变异系数分析可以看出,东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种和东农 42 品系在低密度条件下的株高、分枝数、单株粒重和百粒重的变异系数都较大,数据较为分散,在 16 万株/公顷的密度下最为明显;而在高密度条件下时,这几种品种的株高、分枝数、单株粒重和百粒重的变异系数都较小,数据较为集中,在 10 万株/公顷和 12 万株/公顷的密度下最为明显。东农 42 品系包衣种则恰恰相反,东农 42 品系包衣种在高密度条件下的株高、分枝数、单株粒重和百粒重的变异系数都较小,而在低密度时较大。

### 3.3. 通径分析

东农 251 品种在不同密度条件下的株高、分枝数、单株粒重、百粒重对产量的相关作用的通径分析输出结果。由下表可知,百粒重对产量的直接作用最大,达到了 0.421,分枝数次之,单株粒重对产量的直接作用最小,为 0.016。通过分析各个间接通径系数发现,分枝数通过单株粒重对产量的间接作用较大。因此,百粒重对产量的增加具有重要作用;单株粒重的直接通径系数和间接通径系数均较小,对产量的改变影响不大,可不必过多考虑(表 22)。

**Table 22.** Correlation analysis of Dongnong251 in different plant density

**表 22.** 东农 251 品种不同密度条件下的相关系数通径分析

	产量	株高	分枝数	百粒重	单株粒重	
	产量	1	-0.132	-0.19	0.421	0.016
	株高	-0.132	1	-0.336	0.801	-0.149
Pearson 相关性	分枝数	-0.19	-0.336	1	-0.283	0.952
	百粒重	0.421	0.801	-0.283	1	0.002
	单株粒重	0.016	-0.149	0.952	0.002	1

东农 252 品种在不同密度条件下的株高、分枝数、单株粒重、百粒重对产量的相关作用的通径分析输出结果。由下表可知,百粒重对产量的直接作用最大,直接通径系数为 0.419,分枝数次之,单株粒重对产量的直接作用最小,通径系数为 0.193。通过分析各个间接通径系数发现,分枝数通过单株粒重对产

量的间接作用最大,因此百粒重对产量的增加有重要作用;单株粒重的直接途径和间接途径系数都较小,对于产量的作用较小(表 23)。

**Table 23.** Correlation analysis of Dongnong252 in different plant density

**表 23.** 东农 252 品种不同密度条件下的相关系数途径分析

		产量	株高	分枝数	百粒重	单株粒重
Pearson 相关性	产量	1	-0.204	-0.227	-0.193	-0.419
	株高	-0.204	1	-0.594	-0.204	0.412
	分枝数	-0.227	-0.594	1	0.868	-0.285
	百粒重	-0.193	-0.204	0.868	1	-0.009
	单株粒重	-0.419	0.412	-0.285	-0.009	1

东农 253 品种在不同密度条件下的株高、分枝数、百粒重、单株粒重对产量的相关性途径分析的输出数据。由下表我们可以得知,株高的直接途径系数最大,为 0.659,百粒重次之,单株粒重的直接途径系数最小;通过分析各个间接途径系数可以得知,株高通过百粒重对东农 253 品种的产量作用最大。因此,百粒重和株高对提升东农 253 品种产量有重要作用,单株粒重的直接途径系数和间接途径系数都较小,对于产量的作用也较小(表 24)。

**Table 24.** Correlation analysis of Dongnong253 in different plant density

**表 24.** 东农 253 品种不同密度条件下的相关系数途径分析

		产量	株高	分枝数	百粒重	单株粒重
Pearson 相关性	产量	1	0.659	-0.374	-0.627	-0.356
	株高	0.659	1	0.353	-0.86	0.377
	分枝数	-0.374	0.353	1	-0.478	0.758
	百粒重	-0.627	-0.86	-0.478	1	-0.235
	单株粒重	-0.356	0.377	0.758	-0.235	1

东农 42E 品系在不同密度条件下的株高、分枝数、百粒重以及单株粒重对产量的相关系数途径分析的输出结果。由下表我们可以得知,百粒重对产量的直接作用最大,直接途径系数为 0.927,株高次之,单株粒重的直接途径系数最小。通过分析各种相关数据的间接途径系数可以得知,百粒重通过株高对产量的间接影响比较大。因此,百粒重对产量的提升具有重要作用,而单株粒重对于产量的提升作用较小(表 25)。

**Table 25.** Correlation analysis of Dongnong42E in different plant density

**表 25.** 东农 42E 品系不同密度条件下的相关系数途径分析

		产量	株高	分枝数	单株粒重	百粒重
Pearson 相关性	产量	1	0.487	0.243	0.108	-0.927
	株高	0.487	1	-0.494	0.243	-0.608
	分枝数	0.243	-0.494	1	0.486	-0.006
	百粒重	0.108	0.243	0.486	1	-0.11
	单株粒重	-0.927	-0.608	-0.006	-0.11	1

东农 42 品系包衣种在不同密度条件下的株高、分枝数、单株粒重和百粒重对产量的通径分析的输出结果。由下表我们可以得知单株粒重对东农 42 品系包衣种产量的直接影响最大,直接通径系数为 0.598,分枝数次之,百粒重对其的直接影响最小。通过分析间接通径系数发现,株高通过百粒重对产量的间接作用最大。因此,通过提高单株粒重对东农 42 品系包衣种的产量提升有重要作用,百粒重对产量的作用较小(表 26)。

**Table 26.** Correlation analysis of Dongnong42E in different plant density

**表 26.** 东农 42E 品系不同密度条件下的相关系数通径分析

	产量	株高	分枝数	单株粒重	百粒重
Pearson 相关性	1	-0.308	0.468	0.598	-0.192
	产量	1	-0.308	-0.663	0.988
	株高	-0.308	1	-0.941	-0.663
	分枝数	0.468	-0.941	1	-0.933
	百粒重	0.598	-0.663	0.751	1
	单株粒重	-0.192	0.988	-0.933	-0.602
					1

小结:通过对东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种、东农 42 品系以及东农 42 品系包衣种的株高、分枝数、单株粒重、百粒重对产量的相关影响的通径分析可以得知:东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种和东农 42 品系的百粒重对产量的作用最大,而在东农 42 品系包衣种中,百粒重对产量的影响最小。在东农 251 品种、东农 252 品种、东农 253 品种和东农 42 品系的单株粒重的通径系数普遍较小,对产量的影响也较小,而东农 42 品系包衣种中,单株粒重对产量的影响最大。

## 4. 讨论

密度是作物栽培的重要因素,不同的品种有不同的最适密度,在最适密度下可以得到最高产量,从而得到最合理的种植因素。在大豆的群体种植中,作物的群体结构在很大程度上会受到作物种植密度的影响,从而影响到作物的产量和光能利用效率。

在各种密度条件下种植时,总会存在一个最适密度范围,在此密度条件下大豆的光能利用率最强,从而产量最高,超出或者达不到这个密度,都会影响到大豆的产量和各种种植系数。

## 参考文献

- [1] 孙国伟,付连舜,张凤路,张瑞朋,朱海荣. 播期及密度对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2016, 35(3): 423-427.
- [2] 安磊. 播期和密度对宁夏灌溉大豆的产量及品质影响研究[D]: [硕士学位论文]. 宁夏: 宁夏大学, 2014.
- [3] 张永强,张娜,唐江华,徐文修,胡春辉. 密度对北疆复播大豆生长动态及产量的影响研究[J]. 新疆农业大学学报, 2014, 37(1): 7-11.
- [4] 王新兵,侯海鹏,马玮,赵明. 不同生态区种植密度对大豆产量及产量构成的影响[J]. 作物杂志, 2013(5): 114-120.
- [5] 陈丽霞. 密度对黑龙江西部旱区大豆生长发育及产量鉴定效果的影响[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2009.
- [6] 田艺心,高凤菊,徐冉. 种植密度对高蛋白大豆经济性状和产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2017, 39(4): 476-482.
- [7] 张旭丽,邢宝龙,王桂梅,殷丽丽. 密度对晋北区大豆农艺性状、经济性状及产量的影响[J]. 作物杂志, 2017(3): 127-131.
- [8] 张素梅,刘玉芹,徐冉. 播种期和密度对大豆品种齐黄 34 产量的影响[J]. 作物杂志, 2016(2): 100-104.

- [9] 赵朝森, 王瑞珍, 陶国华, 赵现伟, 熊文华, 彭洋. 不同播期与种植密度对春大豆“天隆一号”农艺及产量性状的影响[J]. 农业科技通讯, 2015(12): 173-176.