

Effects of Different Densities and Different Cultivars on the Quality of Soybean

Xue Han¹, Zhongqiu Ni², Zhaoming Qi^{2*}, Qingshan Chen²

¹Beidahuang Kenfeng Seed Company LTD, Harbin Heilongjiang

²Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang

Email: qizhaoming1860@126.com

Received: Jul. 7th, 2018; accepted: Jul. 23rd, 2018; published: Jul. 30th, 2018

Abstract

Soybean is an important food and oil crop. It is widely planted in China as one of the most important sources of plant protein. Therefore, it is of great value and application prospects to study the influence factors of soybean quality. This experiment set the different planting density and different soybean varieties to discuss the impact of on soybean quality. We used the Split field trial design in the experimental farm of Northeast Agricultural University from 2016 to 2017, applied 100,000 plants/ha, 120,000 plants/ha, 140,000 plants/ha, 160,000 plants/ha and 180,000 plants/ha as main area which are dominated by five different crops: Dongnongdou251, Dongnongdou252, Dongnongdou253, Dongnong42E and coated seeds as secondary area. The soybean variety was tested as a sub-region. Multiple comparisons of protein content and oil content were made by using Duncan's method. The test results showed that different planting densities and different varieties had significant effects on the differences in protein content and oil content of soybeans. The variety was the main factor affecting the protein and oil content, and the influence of density on protein and oil content was opposite. There is a negative correlation between the two, and it is difficult to increase both at the same time under the same cultivation measures. The content of protein in Dongdongdou251 was the highest among different tested varieties, while that in 42E was the highest. The protein content was the highest at a planting density of 160,000 plants/ha and the oil content reached a maximum at a density of 180,000 plants/ha.

Keywords

Soybean, Planting Density, Protein Content, Oil Content

基不同密度与不同品种间对大豆品质的影响

韩 雪¹, 倪忠秋², 齐照明^{2*}, 陈庆山²

¹北大荒垦丰种业股份有限公司, 黑龙江 哈尔滨

²东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨

*通讯作者。

Email: qizhaoming1860@126.com

收稿日期: 2018年7月7日; 录用日期: 2018年7月23日; 发布日期: 2018年7月30日

摘要

大豆是粮油加工利用中非常重要的作物, 广泛种植于中国各地, 是最主要的植物蛋白获取来源之一, 因此对大豆品质影响因子进行研究具有重要价值和前景。本试验设置了种植密度、不同大豆品种来探讨密度与品种对大豆品质的影响, 采用裂区田间试验设计, 2016~2017年于东北农业大学试验农场, 应用10万株/公顷、12万株/公顷、14万株/公顷、16万株/公顷和18万株/公顷的种植密度为主区, 以东农豆251、东农豆252、东农豆253、东农品系42E和东农42E包衣处理五个不同供试大豆品种为副区, 利用Duncan法进行蛋白质含量、脂肪含量均值的分析比较, 对大豆品质进行了研究。试验结果表明: 不同的种植密度和不同的品种对大豆蛋白质含量、脂肪含量的差异影响是显著的, 品种是影响蛋白质和脂肪含量的主要因素, 蛋白质和脂肪含量在不同的种植密度条件约束下呈现截然不同的方向, 二者之间存在着负相关($P < 0.05$), 同一栽培措施下二者很难同时提高。不同的供试品种间以东农豆251蛋白质含量最高, 东农品系42E脂肪含量最高。蛋白质含量在种植密度为16万株/公顷时最高, 密度为18万株/公顷时脂肪含量达到最高值。

关键词

大豆, 种植密度, 蛋白质含量, 脂肪含量

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

大豆作为重要的粮食和油料作物, 其种植面积在第二次世界大战后稳步增加[1], 从1961年全球2381.7万公顷种植面积到2015年的1.13亿公顷, 增加了9000多万公顷。世界大豆5大主产国中巴西、阿根廷种植面积发展势头很强, 且大豆单产水平升高趋势明显, 而美国、印度和中国相比而言种植面积变化不大, 单产水平升高趋势平缓。随着大豆种植面积与单产水平的提高, 世界大豆总产量从1961年的2688.2万吨, 到2015年的3.5亿吨以上[2], 上升势头强劲, 生产趋势增幅十分明显。同时大豆常常作为重要的食品加工原料, 保健功能和营养性很高。如大豆分离蛋白含具有极高的营养价值和保健功能[3] [4] [5]。极性脂质结合蛋白对降低血液胆固醇含量效果显著[6] [7] [8]。小分子肽具有氨基酸补给、抗辐射氧化、保护心脑血管等功能[9] [10] [11]。胰蛋白酶抑制剂、大豆凝集素、露那辛具有营养拮抗作用和抗肿瘤等药理活性功能[12]-[19]。

随着经济水平的快速发展和人们不断提升的生活质量, 对于大豆的需求不单单是产量, 对品质的要求也达到了更高的层次。许多科学工作者曾针对大豆品质进行过各方面的研究, 如播期[20]、收获期[21]、土壤和肥料[22]、重迎茬[23] [24]、除草剂[25]、间作[26]等。群体结构和单株会影响大豆产量, 而种植密度在群体结构和单株形态占有极大的地位, 合理的种植密度会保证作物整体与个体之间达到一个新的平衡关系, 保证单株作物可以获取足够的光照, 水分和养分供应, 大豆是具有分支的作物, 叶片彼此遮蔽, 叶片功用得不到充分发挥, 致使零落结实器官和养分器官徒长, 光能利用率不高, 所以为了使大豆生殖

生长与营养生长达到共赢,确保足够的光照和正常的光合作用,合理密植显得尤为重要[27]。因此许多学者针对密度展开了研究,但其研究热点大多局限于其对产量的影响,而密度对大豆品质影响的探究较少[28]。本文通过设置不同的种植密度探讨密度对不同大豆品种品质的影响,从而得出适宜东北地区的种植密度,提供该地区大豆高产、优质栽培的理论指导。

本试验利用东北农业大学大豆遗传改良团队培育的五个高蛋白大豆稳定品系于 2017 年进行单年试验,分别在香坊试验农场以 10 万株/公顷、12 万株/公顷、14 万株/公顷、16 万株/公顷和 18 万株/公顷的密度种植,并在成熟收货后调查其蛋白质、脂肪含量情况,得到了完整的试验数据,进行统计分析。

2. 材料与方

2.1. 试验地概况

本研究在东北农业大学香坊试验农场进行,试验地位于我国中温带大陆性季风气候的哈尔滨市香坊区境内,北纬 45°44',东经 126°43',海拔 145~175 米,积温 2700℃以上,全年平均降水量 569.1 毫米,年均日照 26,410 小时。试验农场面积较大,长期流水侵蚀,微起伏,土层扎实,土质沃腴,灌排方便。

2.2. 试验材料

供试品种为东北农业大学大豆遗传改良团队培育的高蛋白大豆稳定品系,东农豆 251、东农豆 252、东农豆 253、东农 42E(东农 42 的后代品系)以及东农 42E 包衣处理,各品系的生物学特性见表 1。

2.3. 试验设计

采用种植密度与品种二因素裂区试验,主区为种植密度,以 5 种密度(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)作为参试密度[29],分别以 A1、A2、A3、A4、A5 表示;上面所提的五个品种(东农豆 251、东农豆 252、东农豆 253、东农 42E、东农 42E 包衣处理)作为副区,依次以 B1、B2、B3、B4、B5 表示,共 25 个处理,三次重复,二行区,5 m 行长,行距 0.65 m(见表 2)。生育

Table 1. Biological characteristics of experiment lines

表 1. 供试品系生物学特性

品系名称	结荚习性	叶形	花色	蛋白质含量(%)	脂肪含量(%)
东农豆 251	亚有限	圆叶	紫花	41	21
东农豆 252	亚有限	圆叶	紫花	43	20
东农豆 253	亚有限	圆叶	紫花	43	21
东农 42E	亚有限	圆叶	紫花	43	21
品系 42E 包衣处理	亚有限	圆叶	紫花	43	21

Table 2. Experiment design and block number

表 2. 试验设计各处理及编号

品种	密度				
	A1	A2	A3	A4	A5
B1	1	2	3	4	5
B2	6	7	8	9	10
B3	11	12	13	14	15
B4	16	17	18	19	20
B5	21	22	23	24	25

期内田间管理与常规生产田相同。所有小区统一施肥,底肥和种肥配比施肥,肥料配比 N:P:K = 13:18:(9~15), 亩施肥量 20 kg。不浇水。

2.4. 大豆品质指标的测定

籽粒中蛋白质和脂肪的含量选用 FOSS 公司生产的 Infratec1225 型近红外整粒谷物快速测定仪测定[30]。

2.5. 数据统计分析

试验数据统计利用 Microsoft Excel 和 SPSS Statistics 进行处理分析,采用 Duncan 法进行相关指标的数值比较分析[31]。

3. 结果与分析

3.1. 描述性分析

3.1.1. 东农豆 251 的描述性分析

表 3 和表 4 分别是不同密度下东农豆 251 蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 3 可以看出,251 在密度为 16 万株/公顷种植的大豆蛋白质平均值和变异系数均高于其他密度,即在密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 10、12、14 和 18 万株/公顷。密度为 18 万株/公顷的大豆蛋白质极差高于其他密度,说明前者变异幅度显著,数据普遍性较低,参考性不高。14 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质最大值、变异系数和极差均低于其余密度,即密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 10、12、16 和 18 万株/公顷,14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小,数值集中。

从表 4 可以看出,该品种在密度为 18 万株/公顷种植的大豆脂肪含量极差和变异系数均高于其他密度,即在密度为 18 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 10、12、14 和 16 万株/公顷,变异范围较大,数值分散,其平均数的代表性较差。10 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪最大值和变异系数均低于其余密度,表明其变异范围较小,数据较为集中,其平均数具有代表性。

Table 3. Protein content of Dongnongdou251 under different planting density

表 3. 东农豆 251 不同播种条件下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	42.1	45.3	3.2	43.42432	0.470225	0.685730	1.579138
12	50	42.4	45.5	3.1	43.50968	0.574903	0.758224	1.742655
14	50	42.6	45.3	2.7	43.59423	0.393103	0.626980	1.438218
16	50	42.5	45.9	3.4	44.22927	0.665122	0.815550	1.843915
18	50	42.4	47.5	5.1	43.75625	0.622939	0.789265	1.803777

Table 4. Oil content of Dongnongdou251 under different planting density

表 4. 东农豆 251 不同播种条件下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	19.9	21.3	1.4	20.91579	0.062987	0.250973	1.199919
12	50	20.0	21.3	1.3	20.84839	0.065247	0.255436	1.225205
14	50	20.0	21.4	1.4	20.83077	0.088446	0.297399	1.427693
16	50	19.7	21.2	1.5	20.73902	0.113439	0.336807	1.624026
18	50	19.1	21.3	2.2	20.75417	0.148493	0.385348	1.856725

3.1.2. 东农豆 252 的描述性分析

表 5 和表 6 分别是不同密度下东农豆 252 蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 5 可以看出, 252 在密度为 16 万株/公顷种植的大豆蛋白质平均值和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 10、12、14 和 18 万株/公顷。密度为 18 万株/公顷的大豆蛋白质极差高于其他密度, 说明其变异幅度显著, 数据普遍性较低, 参考性不高。14 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质最大值、变异系数和极差均低于其余密度, 即密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 10、12、16 和 18 万株/公顷, 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小, 数值集中。

从表 6 可以看出, 该品种在密度为 18 万株/公顷种植的大豆脂肪含量极差和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 18 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 10、12、14 和 16 万株/公顷, 变异范围较大, 数值分散, 其平均数的代表性较差。10 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪最大值和变异系数均低于其余密度, 表明其变异范围较小, 数据较为集中, 其平均数具有代表性。

3.1.3. 东农豆 253 的描述性分析

表 7 和表 8 分别是不同密度下东农豆 253 蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 7 可以看出, 253 在密度为 14 万株/公顷种植的大豆蛋白质极差、最大值、平均值和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 10、12、16 和 18 万株/公顷, 变异幅度显著, 数据普遍性较低, 参考性不高。10 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质变异系数和极差均低于其余密度, 即密度为 10 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 12、14、16 和 18 万株/公顷, 10 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小, 数值较为集中。

从表 8 可以看出, 该品种在密度为 14 万株/公顷种植的大豆脂肪含量最大值、极差和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 18 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 10、12、14 和 16 万株/公顷, 变异范围较大, 数值分散, 其平均数的代表性较差。10 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪最大值和变异系数均低于其余密度, 表明其变异范围较小, 数据较为集中, 其平均数具有代表性。

Table 5. Protein content of Dongnongdou252 under different planting density

表 5. 东农豆 252 不同播种条件下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	41.3	43.8	2.5	42.55862	0.341084	0.584024	1.372281
12	50	42.2	44.9	2.7	43.07949	0.317989	0.563905	1.308988
14	50	41.0	44.4	3.4	42.77561	0.524390	0.724148	1.692899
16	50	41.6	44.6	3.0	42.97347	0.356990	0.597486	1.390361
18	50	40.9	44.3	3.4	42.65400	0.442127	0.664926	1.558883

Table 6. Oil content of Dongnongdou252 under different planting density

表 6. 东农豆 252 不同播种条件下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	20.7	21.6	0.9	21.11034	0.036675	0.191507	0.907171
12	50	20.8	21.4	0.6	21.12051	0.022200	0.148996	0.705455
14	50	20.6	21.7	1.1	21.08780	0.050098	0.223825	1.061395
16	50	20.4	21.5	1.1	21.07143	0.046250	0.215058	1.020615
18	50	20.7	21.7	1.0	21.19600	0.042024	0.204999	0.967158

Table 7. Protein content of Dongnongdou253 under different planting density**表 7.** 东农豆 253 不同种植密度下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	41.7	43.8	2.1	42.93214	0.243743	0.493704	1.149963
12	50	41.9	44.1	2.2	42.85588	0.31648	0.562565	1.312691
14	50	42.0	46.7	4.7	43.64146	0.818488	0.904703	2.073036
16	50	41.7	45.2	3.5	42.98333	0.549078	0.740998	1.723919
18	50	41.4	45.0	3.6	43.18810	0.643026	0.801889	1.856736

Table 8. Oil content of Dongnongdou253 under different planting density**表 8.** 东农豆 253 不同种植密度下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	20.7	21.3	0.6	21.02143	0.018783	0.137051	0.651960
12	50	20.7	21.6	0.9	21.13235	0.049528	0.222548	1.053115
14	50	20.2	21.7	1.5	21.17317	0.109512	0.330926	1.562951
16	50	20.4	21.5	1.1	21.10000	0.062979	0.250956	1.189363
18	50	20.3	21.4	1.1	21.04048	0.049297	0.222030	1.055252

3.1.4. 东农品系 42E 的描述性分析

表 9 和表 10 分别是不同密度下东农品系 42E 蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 3~表 7 可以看出, 品系 42E 在密度为 10 万株/公顷种植的大豆蛋白质最大值、平均值和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 10 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 12、14、16 和 18 万株/公顷。密度为 18 万株/公顷的大豆蛋白质极差高于其他密度, 说明其变异幅度显著, 数据普遍性较低, 参考性不高。12 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质最大和极差均低于其余密度, 即密度为 12 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 10、14、16 和 18 万株/公顷, 12 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小, 数值集中。

从表 3~表 8 可以看出, 该品种在密度为 10 万株/公顷种植的大豆脂肪含量最大值和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 10 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 12、14、16 和 18 万株/公顷, 变异范围较大, 数值分散, 其平均数的代表性较差。10 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪最大值、极差和变异系数几乎均均低于其余密度, 表明其变异范围较小, 数据较为集中, 其平均数具有代表性。

3.1.5. 东农 42E 包衣处理的描述性分析

表 11 和表 12 分别是不同密度下东农 42E 包衣处理蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 11 可以看出, 在密度为 14 万株/公顷种植的大豆蛋白质平均值和最大值均高于其他密度, 即在密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 10、12、16 和 18 万株/公顷。密度为 10 万株/公顷的大豆蛋白质极差高于其他密度, 变异幅度显著, 数据普遍性较低, 参考性不高。16 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质最大值、变异系数和极差均低于其余密度, 即密度为 16 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 10、12、14 和 18 万株/公顷, 16 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小, 数值集中。

从表 12 可以看出, 该品种在密度为 10 万株/公顷种植的大豆脂肪含量极差和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 10 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 12、14、16 和 18 万株/公顷, 变异范围较大, 数值分散, 其平均数的代表性较差。16 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪极差、最大值和变异系数

几乎均低于其余密度, 表明其变异范围较小, 数据较为集中, 其平均数具有代表性。

3.1.6. 综合统计分析

表 13 和表 14 分别是不同密度下试验品种蛋白质和脂肪的表型数据的 Min、Max、Range、Mean、Var、Std 以及 CV。从表 13 可以看出, 在密度为 14 万株/公顷种植的大豆蛋白质变异系数高于其他密度, 即在密度为 14 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度高于密度为 10、12、16 和 18 万株/公顷。密度为 18 万株/公顷的大豆蛋白质最大值和极差高于其他密度, 其变异幅度显著, 数据普遍性较低, 参考性不高。

Table 9. Protein content of Dongnong42E under different planting density

表 9. 东农 42E 不同种植密度下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	41.9	45.2	3.3	43.53704	0.699345	0.836268	1.920821
12	50	42.1	44.6	2.5	43.42571	0.491966	0.701403	1.615179
14	50	41.7	44.7	3.0	42.79524	0.474611	0.688920	1.609806
16	50	42.0	45.2	3.2	43.40870	0.387923	0.622834	1.434815
18	50	41.7	45.2	3.5	43.42500	0.432500	0.657647	1.514444

Table 10. Oil content of Dongnong42E under different planting density

表 10. 东农 42E 不同种植密度下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	20.8	22	1.2	21.21852	0.073875	0.271799	1.280951
12	50	20.7	21.8	1.1	21.25143	0.065513	0.255954	1.204410
14	50	20.6	21.5	0.9	21.10476	0.035099	0.187347	0.887698
16	50	20.6	21.8	1.2	21.23478	0.056541	0.237784	1.119784
18	50	20.7	21.7	1.0	21.31923	0.034133	0.184750	0.866591

Table 11. Protein content of Dongnong42E (Seed coating) under different planting density

表 11. 东农 42E 包衣处理不同种植密度条件下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	42.0	45.1	3.1	43.34643	0.446283	0.668044	1.541175
12	50	40.4	45.1	4.7	43.38788	1.082973	1.040660	2.398504
14	50	42.5	45.2	2.7	43.44878	0.321061	0.566622	1.304116
16	50	41.8	44.4	2.6	43.39318	0.277394	0.526682	1.213744
18	50	41.9	44.8	2.9	43.32593	0.403843	0.635487	1.466759

Table 12. Oil content of Dongnong42E (seed coating) under different planting density

表 12. 东农 42E 包衣处理不同种植密度条件下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	20.2	21.7	1.5	21.3500	0.096667	0.310913	1.456265
12	50	20.9	22.1	1.2	21.3697	0.085928	0.293135	1.371731
14	50	20.6	21.6	1.0	21.29024	0.044902	0.211902	0.995301
16	50	20.9	21.7	0.8	21.29773	0.035111	0.187379	0.879809
18	50	20.6	21.7	1.1	21.27037	0.045898	0.214238	1.007214

10 万株/公顷为密度种植的大豆蛋白质最大值、变异系数和极差均低于其余密度, 即密度为 10 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异度低于 12、14、16 和 18 万株/公顷, 10 万株/公顷的大豆蛋白质含量变异范围较小, 数值集中。

从表 14 可以看出, 在密度为 18 万株/公顷种植的大豆脂肪含量极差和变异系数均高于其他密度, 即在密度为 18 万株/公顷的大豆脂肪含量变异度高于密度为 10、12、14 和 16 万株/公顷, 变异范围较大, 数值分散, 其平均数的代表性较差。14 万株/公顷为密度种植的大豆脂肪极差、最大值和变异系数几乎均低于其余密度, 表明其变异范围较小, 数据较为集中, 其平均数具有代表性。

3.2. 均值的多重比较分析

t 检验法适用于较少的样本之间的比较, 而本试验设置比较的样本均数组数要高于两组, 这种情况下采用 t 检验势必增加两类错误的可能性(如原先 α 设定为 0.05, 这样做多次的 t 检验将使最终推断时的 $\alpha > 0.05$), 因此分析采用 SPSS Statistics 软件中 Duncan 法进行均值的多重比较。

3.2.1. 种植密度间蛋白质、脂肪含量的多重比较

方差分析表明, 在五种不同种植密度下, 供试大豆品种的蛋白质和脂肪含量均达到显著性差异(表 15)。

Table 13. Protein content under different planting density

表 13. 不同种植密度条件下蛋白质的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	41.3	45.3	4.0	43.16800	0.554674	0.744764	1.725269
12	50	40.4	45.5	5.1	43.24162	0.589421	0.767737	1.775459
14	50	41.0	46.7	5.7	43.26713	0.641659	0.801036	1.851373
16	50	41.6	45.9	4.3	43.37018	0.635142	0.796958	1.837571
18	50	40.9	47.5	6.6	43.27073	0.623630	0.789702	1.825026

Table 14. Oil content under different planting density

表 14. 不同种植密度条件下脂肪的表型数据

密度(万株/公顷)	N	Min	Max	Range	Mean	Var	Std	CV (%)
10	50	19.9	22.0	2.1	21.10867	0.080394	0.283539	1.343233
12	50	20.0	22.1	2.1	21.14740	0.082857	0.287848	1.361152
14	50	20.0	21.7	1.7	21.08426	0.090914	0.301519	1.430068
16	50	19.7	21.8	2.1	21.09430	0.095606	0.309202	1.465810
18	50	19.1	21.7	2.6	21.12561	0.104035	0.322545	1.526797

Table 15. Multiple comparisons of seed protein and oil content under different planting density

表 15. 不同种植密度间蛋白质、脂肪含量的多重比较(%)

处理	蛋白质含量	脂肪含量
A1	43.17b	21.11a
A2	43.24a	21.15a
A3	43.28a	20.08b
A4	43.37a	21.09a
A5	43.27a	21.13a

注: abcd 代表在 SPSS 软件分析时的差异达显著水平($P < 0.05$)。

在 A4 处理(16 万株/公顷)栽培时蛋白质含量达到最高, 当设置的种植密度高于此值时, 蛋白质含量随种植密度上升而下降。蛋白质含量的变化方差分析结果表明: 不同种植密度处理间显著性差异表现为 $A4 > A3 > A5 > A2 > A1$, 其中在均值的 95%置信区间, A1 处理的下限为 43.05, 上限为 43.29, A2 处理的下限和上限分别为 43.13 和 43.36, A3 处理的下限为 43.16, 上限为 43.37, A4 处理的下限和上限分别为 43.27 和 43.47, A5 处理的下限为 43.17, 上限为 43.37。其中 A2、A3、A4、A5 处理蛋白质含量均值在 43.24%~43.37% 之间变化, 相对来说浮动较小, 不存在显著性差异, 而 A1 与 A2、A3、A4、A5 相比, 蛋白质含量均值相差较大, 浮动较大, 存在显著性差异。

脂肪含量的变化方差分析结果表明: 在 A3 处理(14 万株/公顷)栽培时脂肪含量最低, A2 处理(12 万株/公顷)栽培时脂肪含量达最高, 密度介于 14 万株/公顷~18 万株/公顷时, 脂肪含量随栽培密度的增加而提高。不同种植密度处理间显著性差异表现为 $A2 > A5 > A1 > A4 > A3$, 其中 A1 处理的脂肪含量标准差为 0.28, 标准误为 0.02, 在均值的 95%置信区间, 下限为 21.06, 上限为 21.15; A2 处理的脂肪含量标准差为 0.29, 标准误为 0.02, 在均值的 95%置信区间, 下限为 21.10, 上限为 21.19; A3 处理的脂肪含量标准差为 0.30, 标准误为 0.02, 在均值的 95%置信区间, 下限和上限分别为 21.04 和 21.12; A4 处理的脂肪含量标准差为 0.31, 标准误为 0.02, 在均值的 95%置信区间, 下限和上限分别为 21.05 和 21.13; A5 处理的脂肪含量标准差为 0.32, 标准误为 0.02, 在均值的 95%置信区间, 下限为 21.09, 下限为 21.17。其中 A1、A2、A4 和 A5 处理脂肪含量均值在 21.09~21.15 之间变化, 数值波动较小, 不存在显著性差异, 而 A3 与 A1, A3 与 A2, A3 与 A4, A3 与 A5 相比, 脂肪含量均值相差较大, 浮动较大, 存在显著性差异。

3.2.2. 不同品种间蛋白质、脂肪含量的多重比较

方差分析表明, 五种不同供试大豆品种在相同的田间管理及种植方式下, 蛋白质和脂肪含量均达到显著性差异(表 16)。不用处理下蛋白质含量的显著性差异表现为 $B1 > B5 > B4 > B3 > B2$, B1 与 B2、B3、B4、B5 均达到显著差异水平, B4 与 B5 未达到显著差异水平。五个品种中, B1 蛋白质含量最高为 43.71, 比 B2、B3、B4 和 B5 分别高出 0.89、0.58、0.40、0.33。B1 处理的蛋白质含量标准差为 0.78, 标准误为 0.05, 均值的 95%置信区间下限为 43.60, 上限为 43.82; B2 处理的蛋白质含量标准差为 0.65, 标准误为 0.05, 均值的 95%置信区间下限为 42.73, 上限为 42.91; B3 处理的蛋白质含量标准差为 0.78, 标准误为 0.06, 均值的 95%置信区间下限为 43.03, 上限为 43.25; B4 处理的蛋白质含量标准差为 0.73, 标准误为 0.05, 均值的 95%置信区间下限为 43.20, 上限为 43.41; B5 处理的蛋白质含量标准差和标准误分别为 0.68、0.05, 均值的 95%置信区间下限为 43.28, 上限为 43.47。

不同处理下的脂肪含量的显著性差异表现为 $B5 > B4 > B2 > B3 > B1$, B5 与 B1、B2、B3、B4 均达到显著差异水平, B2 与 B3 未达到显著差异水平。五个品种中, B5 脂肪含量最高为 21.31, 比 B1、B2、B3 和 B4 分别高出 0.5、0.19、0.21、0.08。B1 处理的脂肪含量标准差为 0.32, 标准误为 0.02, 均值的 95%置信区间下限为 20.77, 上限为 20.86; B2 处理的蛋白质含量标准差为 0.20, 标准误为 0.01, 均值的 95%置信区间下限为 21.09, 上限为 21.15; B3 处理的蛋白质含量标准差为 0.25, 标准误为 0.02, 均值的 95%置信区间下限为 21.06, 上限为 21.13; B4 处理的蛋白质含量标准差为 0.23, 标准误为 0.02, 均值的 95%置信区间下限为 21.20, 上限为 21.26; B5 处理的蛋白质含量标准差和标准误分别为 0.24、0.02, 均值的 95%置信区间下限为 21.27, 上限为 21.34。

3.2.3. 各因素水平对蛋白质、脂肪含量的多重比较

从表 17 结果可以看出, 影响蛋白质含量的主要因素是品种, 其次是密度, 不同因素间蛋白质含量不同, 表明大豆蛋白质的含量不仅受制于品种自身, 也受种植密度的影响。不同品种间以 B1 (东农豆 251) 蛋白质含量最高, 随着密度的上升, 蛋白质含量整体呈现逐渐增加趋势, 当密度达到 A4 (16 万株/公顷)时,

Table 16. Multiple comparisons of seed protein and oil content for different experimental lines
表 16. 不同品种间蛋白质、脂肪含量的多重比较

处理	蛋白质含量(%)	脂肪含量(%)
B1	43.71a	20.81d
B2	42.82d	21.12c
B3	43.13c	21.10c
B4	43.31b	21.23b
B5	43.38b	21.31a

注: abcd 代表在 SPSS 软件分析时的差异达显著水平($P < 0.05$)。

Table 17. Multiple comparisons of seed protein and oil content under different factors
表 17. 各因素水平对蛋白质、脂肪含量的多重比较

处理	蛋白质含量(%)	脂肪含量(%)
A1	43.17c	21.11c
A2	43.24b	21.15c
A3	43.27b	21.10c
A4	43.37b	21.10c
A5	43.27b	21.13c
B1	43.71a	20.81d
B2	42.82d	21.12c
B3	43.17c	21.10c
B4	43.31b	21.23b
B5	43.38b	21.31a

注: abcd 代表在 SPSS 软件分析时的差异达显著水平($P < 0.05$)。

蛋白质含量达到峰值。脂肪含量的变化与蛋白质有共通之处, 品种自身遗传效应要高于种植密度效应, 不同供试品种间存在显著差异, 表明遗传因素在影响脂肪含量的因素中占有很大比重, 其中 B5 (品系 42E 包衣处理)脂肪含量高于其他供试品种。脂肪含量大致呈现先上升后下降的表象, 密度为 A2 (12 万株/公顷)时, 脂肪含量达到最大值。

4. 讨论

优质大豆的获得主要包含以下三个方面: 首先是品种, 获得优质的前提需要高品质的品种, 当品种自身生物学特性达不到比较高水平, 靠外界条件进行提升尤为困难, 遗传因素和环境因素对大豆品质含量的高低影响是不同的, 分别约为 70%~80%和 20%~30%, 因此加强高品质育种是得到优质大豆的重要方法[32]。其次是环境条件, 环境条件优越, 能满足大豆对外部环境的要求, 品种才会在这种生态环境下优质的表达。最后是栽培措施, 栽培措施的实质是通过改变与改善生态环境中某些不符合大豆高产优质的生态因子来达到高产优质的目的。栽培密度在栽培措施中占有重要的地位, 合理的密度能够使大豆品质含量显著的上升。因此本试验对不同种植密度、不同品种间大豆蛋白质、脂肪含量差异进行分析研究。

为了解大豆品质的影响因素, 本试验采用裂区试验设计方法。裂区试验设计是把一个或多个完全随机设计、随机区组设计结合起来的试验方法[33]。先选定种植密度作为主区, 将 5 种密度作为参试密度; 再将参试的五个品种作为副区, 接受不同种植密度的处理。在试验中, 每一次均是随机抽取 150 个大豆植株进行蛋白质、脂肪含量测定, 整理数据后, 利用 Microsoft Excel 和 SPSS Statistics 进行处理分析, 采

用 Duncan 法进行均值的多重比较[29]。

与前人研究相比较[34] [35], 本试验中采用的将密度和品种作为主区和副区试验因素的方法较为少见, 而且通过分析得知: 种植密度、品种间对大豆蛋白质、脂肪含量的影响都有显著差异, 密度对大豆蛋白质、脂肪含量显著的作用效果的结论与前人基本一致。不足之处是参试密度和参试品种数量较少, 可以进一步设计梯度试验, 来探究在不同密度和品种间二者的变化。

5. 结论

对本试验所得数据经 Duncan 法进行均值多重比较可以得到下列结论: 不同的种植密度和不同的品种对大豆蛋白质含量、脂肪含量的差异影响是显著的。品种对大豆品质的影响较显著, 是影响蛋白质和脂肪含量的主要因素, 这与章建新[36]等人的研究结果一致。不同的供试品种间以东农豆 251 蛋白质含量最高, 东农品系 42E 脂肪含量最高。密度对蛋白质和脂肪含量的影响呈现截然不同的趋势, 表明两者之间存在着负相关, 蛋白质含量在种植密度为 16 万株/公顷时最高, 密度为 18 万株/公顷时脂肪含量达到最高值, 蛋白质和脂肪之间存在着消长关系, 相同栽培措施下二者同时提高很困难。

参考文献

- [1] 杨春燕, 姚利波, 刘兵强, 等. 国内外大豆品质育种研究方法与最新进展[J]. 华北农报, 2009(24): 75-78.
- [2] 宁海龙. 东北三省大豆品质生态差异及遗传效应分析[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2005.
- [3] 赵光明, 蔡淑萍, 高红岩. 改善大豆分离蛋白功能性质的方法[J]. 食品科技, 2001(5): 21-22.
- [4] 李玉珍, 兰立新, 肖怀秋, 等. 大豆分离蛋白功能特性及其在食品工业中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2008(1): 121-124.
- [5] 董怀海. 分离蛋白的提取及其改性方法[J]. 西部粮油科技, 2001(23): 84-86
- [6] Bata, T., Ueda, A. and Kohno, M. (2004) Effects of Soybean Beta-Conglycinin on Body Fat Ratio and Serum Lipid Levels in Healthy Volunteers of Female University Students. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **50**, 26-31. <https://doi.org/10.3177/jnsv.50.26>
- [7] Moriyama, T., Kishimoto, K. and Nagai, K. (2001) Soybean Beta-Conglycinin Diet Suppress Serum Triglyceride Levels in Normal and Genetically Obese Mice by Introduction of Beta-Oxidation, Down Regulation of Fatty Acid Synthase, and Inhibition of Triglyceride Absorption. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **65**, 2249-2258.
- [8] Aoyama, T., Kohno, M. and Saito, T. (2001) Reduction by Phytate-Reduced Soybean Beta-Conglycinin of Plasma Triglyceride Levels of Young and Adult Rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **65**, 1071-1075. <https://doi.org/10.1271/bbb.65.1071>
- [9] 高春霞. 大豆多肽生理活性、应用与前景分析[J]. 大豆通报, 2006(4): 18-22
- [10] 荣建华. 大豆多肽及其生物活性的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2001.
- [11] 胡可心, 陈光, 孙旸. 大豆肽的功能特性的研究[J]. 酿酒, 2004, 31(6): 33-34.
- [12] 焦万洪. 大豆中胰蛋白酶抑制剂的去方法[J]. 四川畜牧兽医, 2005, 32(2): 40-42.
- [13] Kennedy, A.R., Billings, P.C. and Wan, X.S. (2002) Effects of Bowman-Birk Inhibitor on Rat Colon Carcinogenesis. *Nutrition and Cancer*, **43**, 174-186. https://doi.org/10.1207/S15327914NC432_8
- [14] Wan, X.S., Ware, J.H. and Zhang, L. (1999) Treatment with Soybean Derived Bowman-Brik Inhibitor Increases Serum Prostate-Specific Antigen Concentration While Suppressing Growth of Human Prostate Cancer Xenografts in Nude Mice. *Prostate*, **41**, 243-252. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0045\(19991201\)41:4<243::AID-PROS4>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0045(19991201)41:4<243::AID-PROS4>3.0.CO;2-F)
- [15] Stonelake, P.S., Jones, C.E. and Neoptolemos, J.P. (1997) Proteinase Inhibitors Reduce Basement Membrane Degradation by Human Breast Cancer Cell Lines. *British Journal of Cancer*, **75**, 951-959. <https://doi.org/10.1038/bjc.1997.166>
- [16] Dittmann, K., Löffler, H. and Bamberg, M. (1995) Bowman-Brik Proteinase Inhibitor (BBI) Modulates Radio Sensitivity and Radiation-Induced Differentiation of Human Fibroblasts in Culture. *Radiotherapy and Oncology*, **34**, 137-143. [https://doi.org/10.1016/0167-8140\(94\)01494-N](https://doi.org/10.1016/0167-8140(94)01494-N)
- [17] Dittmann, K.H., Gueven, N. and Mayer, C. (1998) The Presence of Wildtype TP 53 Is Necessary for the Radioprotective Effect of the Bowmn-Brik Proteinase Inhibitor in Nortad Fibroblasta. *Radiation Research*, **150**, 648-655.

- [18] Qin, G.X., Versteegen, M.W.A. and Bosch, M.W. (1996) Effect of Steam Toasting on the Digestibility and Nitrogen Utilization Argentine and Chinese Soybeans in Growing Pigs. *Animal Nutrition*, **78**, 1-5.
- [19] Abdullaev, F.I. and de Mejia, E.G. (1997) Antitumor Effect of Plant Lectins. *Natural Toxins*, **5**, 157-163.
<https://doi.org/10.1002/19970504NT6>
- [20] 宋启建, 盖钧镒, 马育华. 大豆蛋白质和油分含量生态特点研究[J]. 大豆科学, 1990, 9(2): 121-128.
- [21] 王继安, 孙志强. 大豆籽粒油分、蛋白质产量的适宜收获期[J]. 中国油料, 1991(4): 33-35.
- [22] 宁海龙, 杨庆凯, 等. 不同肥料对大豆蛋白质含量、脂肪含量及蛋白质和脂肪总量影响[J]. 黑龙江农业科学, 2001(6): 16-18.
- [23] 徐永华, 何志鸿, 刘忠堂, 等. 迎茬大豆对大豆化学品质的影响[J]. 大豆科学, 1997, 16(4): 319-327.
- [24] 苗保河, 李增顺. 除草剂对大豆籽粒油分及蛋白质的影响[J]. 中国油料, 1993(4): 66.
- [25] 梁幕勤, 朱园适. 大豆耐荫性研究 II 大豆、玉米间作对蛋白质含量、脂肪酸组分的影响[J]. 贵州农业科学, 1989(3): 17-21.
- [26] 杨庆凯, 宁海龙, 许艳丽, 等. 不同生态条件重迎茬对大豆化学品质的影响[J]. 大豆科学, 2001, 20(3): 187-190.
- [27] 闫秀荣, 杨喜俊. 合理密植提高大豆产量[J]. 吉林农业, 2011(7): 120-121.
- [28] 刘玉平, 李志刚, 李瑞平. 不同密度与施氮水平对高油大豆产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2011, 2(1): 80-82.
- [29] 朱洪德, 冯丽娟, 于洪久, 等. 种植密度和施肥水平对高油大豆品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 232-236.
- [30] 孙国福. 黑龙江北部地区干旱胁迫对大豆品质的影响[J]. 现代农业科技, 2012(10): 65-66.
- [31] 宁静如. 青贮方法对饲用型四倍体刺槐叶青贮饲料发酵品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [32] 孙钊. 大豆(*Glycine max* (L.) Merr.)品质与环境因素关系的研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2006.
- [33] 毛晖. 试验用精量排种控制单元的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [34] 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]. 银川: 宁夏大学, 2014.
- [35] 张正翼. 不同密度和田间配置对套作大豆产量和品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川农业大学, 2008.
- [36] 章建新, 翟云龙, 薛丽华. 密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J]. 大豆科学, 2006(25): 1-5.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org