

肥密互作对大豆产量和品质特性的影响

胡倩^{1,2}, 樊超^{1,3}, 邱树峰^{1,3}, 毕影东^{1,3*}, 刘森^{1,3}, 李炜^{1,3}, 来永才^{1,3}, 王玲^{1,3}, 刘建新^{1,3}, 梁文卫^{1,3}, 杨光^{1,3}, 廖艺^{1,2} (1. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 黑龙江哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学农学院, 黑龙江哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省寒地野生大豆资源利用工程技术研究中心, 黑龙江哈尔滨 150025)

摘要 为研究肥料和种植密度对大豆品质特性和产量的影响, 以中龙豆 1 号为研究对象, 设定氮肥施用量 0、90、150、210 kg/hm² 4 个水平和种植密度 24 万、30 万、36 万、42 万株/hm² 4 个水平, 研究不同氮肥施用量和种植密度对大豆产量和品质特性的影响。结果表明, 在氮肥施用量和种植密度增加下, 产量先增加后下降。不同氮肥施用量处理的产量由高到低依次为 150 kg/hm² 处理、90 kg/hm² 处理、0 处理、210 kg/hm² 处理, 不同种植密度处理的产量由高到低依次为 36 万株/hm² 处理、42 万株/hm² 处理、30 万株/hm² 处理、24 万株/hm² 处理。在氮肥施用量 150 kg/hm²、种植密度 36 万株/hm² 处理下产量最高, 达 2 829.83 kg/hm²。在氮肥施用量增加的情况下, 蛋白质和脂肪含量均呈明显的先上升后下降趋势。随着种植密度的增加, 蛋白质含量呈明显的先递增后递减的趋势, 脂肪含量呈明显的递减趋势。氮肥施用量对蛋白质和脂肪含量无显著影响, 而种植密度对蛋白质和脂肪含量有显著影响。

关键词 肥密互作; 大豆; 产量; 品质

中图分类号 S565.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)22-0023-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.22.006



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Fertilizer Dosage and Planting Density Interaction on Soybean Yield and Quality Characteristics

HU Qian^{1,2}, FAN Chao^{1,3}, QI Shu-feng^{1,3} et al (1. Cultivation and Crop Tillage Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 3. Engineering and Technology Research Center for the Use of Wild Soybean Resources in the Cold Land of Heilongjiang Province, Harbin, Heilongjiang 150025)

Abstract In order to study the effects of fertilizer and planting density on quality characteristics and yield of soybean, Zhonglongdou No. 1 was selected as the research object, and nitrogen application rates were set at four levels of 0, 90, 150, 210 kg/hm². Planting density were set at four levels of 24×10⁴, 3.0×10⁴, 36×10⁴, 42×10⁴ plants/hm². The effects of nitrogen application dosage and planting density on yield and quality characteristics of soybean were studied. Results showed that the yield increased first and then decreased with the increase of nitrogen application dosage and planting density. The yield of different nitrogen application treatments was in the order of 150 kg/hm² treatment >90 kg/hm² treatment >0 treatment >210 kg/hm² treatment, and the yield of different planting density treatments was in the order of 36×10⁴ plants/hm² treatment >42×10⁴ plants/hm² treatment >30×10⁴ plants/hm² treatment >24×10⁴ plants/hm² treatment. The highest yield was 2 829.83 kg/hm² under the treatment of 150 kg/hm² nitrogen application and 36×10⁴ plants/hm² planting density. With the increase of nitrogen application rate, protein content and fat content increased firstly and then decreased obviously. With the increase of planting density, the protein content increased firstly and then decreased, and the fat content decreased obviously. Nitrogen application had no significant effect on protein content and fat content, but planting density had significant effect on protein content and fat content.

Key words Fertilizer dosage and planting density interaction; Soybean; Yield; Quality

大豆有悠久的种植历史, 并且是重要的粮食作物、油料作物和经济作物^[1]。作为一种对肥力需求很高的作物, 肥料是大豆生长发育的主要养分供给, 在种植过程中科学合理的使用肥料能够促进大豆生长发育, 并且可以改善土壤理化性质, 提高大豆产量和品质^[2]。

氮在植物必需的很多营养元素中占重要地位。自 20 世纪 90 年代以来, 我国氮肥产量和消费量居世界第 1 位。大豆根系有固氮作用, 在大豆生长过程中获取氮素主要来源是施用一定的氮肥, 它还可以从土壤和肥料中获取^[3]。谷秋容等^[4]研究表明, 氮肥能够提高大豆的产量和品质。与照相比, 3 种氮肥处理在脂肪含量、水溶蛋白含量、氮溶解指数、粗蛋白含量、产量等方面都有不同幅度的升高。有研究表明, 品种、密度和肥料对大豆品质和产量有重要影响^[5-7]。宋喜

清等^[8]研究指出, 氮素对大豆中的脂肪和蛋白质含量有显著影响, 氮素对高油大豆中蛋白质的影响高于高蛋白大豆中蛋白质的影响。丁斌^[9]研究指出, 大豆脂肪含量与种植密度间存在不显著负相关关系, 大豆蛋白质含量与种植密度呈不显著正相关。氮肥用量和种植密度是影响大豆产量的因素之一。张彦军等^[10]研究指出, 当氮肥施用量增加到一定量后大豆产量没有显著增加, 说明氮肥引起的产量增加达到临界值, 如果氮肥施用量继续增加会造成氮肥过剩。提高作物的产量需要合理的密植, 大豆产量与种植密度密切相关。鉴于此, 笔者研究了不同氮肥施用量和不同种植密度对大豆品质特性和产量的影响, 筛选出最佳肥密组合, 旨在为黑龙江省大豆栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料大豆品种为中龙豆 1 号, 2016 年经黑龙江省审定优质的品种。

1.2 试验设计 试验于 2020 年 5 月在黑龙江省农业科学院现代农业示范区进行。采用氮肥施用量和种植密度二因素裂区设计, 主处理为氮肥施用量, 副处理为种植密度。供试肥料: 氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙, 钾肥为硫酸钾, 磷肥和

基金项目 黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZYF2020C004); 黑龙江省应用技术与开发计划项目(GA20B103); 黑龙江省农业科学院农业科技创新跨越工程项目(HNK2019CX01-8)。

作者简介 胡倩(1996—), 女, 河南信阳人, 硕士研究生, 研究方向: 作物遗传育种。*通信作者, 研究员, 博士, 从事大豆遗传育种研究。

收稿日期 2022-01-12; **修回日期** 2022-01-29

钾肥用量与常规生产田相同。主处理氮肥施用量设定 0、90、150、210 kg/hm² 共 4 个水平,依次以 F0、F1、F2、F3 表示。副处理种植密度设定 24 万、30 万、36 万、42 万株/hm² 共 4 个水平,分别以 D1、D2、D3、D4 表示。共 16 个处理,3 次重复,每个小区 10 行,每行 10 m。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 蛋白质和脂肪含量测定。大豆收获后,采用近红外谷物品质分析仪对不同处理的大豆籽粒进行测定,3 次重复,计算其平均值。

1.3.2 产量及其构成因素的测定。在大豆完熟期进行收获、考种和测定。

1.4 数据分析 采用 SPSS 26.0 及 Excel 2019 进行统计分析处理并制图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对大豆蛋白质和脂肪含量的影响

2.1.1 蛋白质含量。从图 1A 可以看出,随着种植密度的增加,蛋白质含量先增加后下降。但在同一密度下,在氮肥施用量增加的情况下蛋白质含量均为先增加后降低。密度对蛋白质含量有显著影响($P<0.05$),氮肥施用量对蛋白质含量

影响不显著。不同密度处理蛋白质含量由高到低依次为 D3 处理 > D2 处理 > D4 处理 > D1 处理,其中 D3 处理(36 万株/hm²)蛋白质含量最高,D3 处理平均蛋白质含量比 D2、D4、D1 处理分别高 3.3%、5.6%、7.3%。不同氮肥施用量处理蛋白质含量由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F3 处理 > F0 处理,其中 F2 处理的蛋白质含量最高,F2 处理平均蛋白质含量比 F1、F3、F0 处理分别高 0.9%、1.0%、2.1%。在施氮量和密度组合中,F2D3 组合处理(施氮 150 kg/hm²,密度 36 万株/hm²)的蛋白质含量最高。

2.1.2 脂肪含量。从图 1B 可以看出,不同密度处理的脂肪含量由高到低依次为 D1 处理 > D2 处理 > D3 处理 > D4 处理,其中脂肪含量在 D1 处理(24 万株/hm²)条件下最高,D1 处理平均脂肪含量比 D2、D3、D4 处理分别高 0.6%、0.8%、1.9%。不同氮肥施用量处理的脂肪含量由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F3 处理 > F0 处理,其中 F2 处理(90 kg/hm²)的脂肪含量最高,F2 处理平均脂肪含量比 F1、F3、F0 处理分别高 0.1%、0.2%、0.5%。在施氮量和密度组合中,F2D1 组合处理(施氮 150 kg/hm²,24 万株/hm²)的脂肪含量最高。

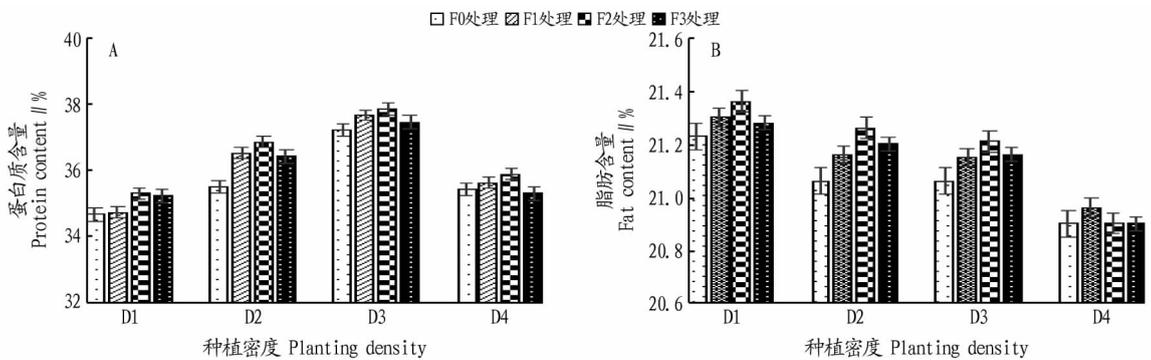


图 1 不同处理对大豆蛋白质(A)和脂肪含量(B)的影响

Fig.1 Effects of different treatments on protein and fat content of soybeans

2.2 氮肥用量和种植密度对大豆产量及其构成因素的影响 从表 1 可以看出,在不同氮肥施用量和种植密度下,大豆单株粒数、单株粒重、单株荚数、百粒重和产量均有不同程度的变化。在氮肥施用量增加的情况下,大豆单株粒数、单株荚数、单株粒重、百粒重和产量呈明显的先递增后递减的趋势。在种植密度增加的情况下,大豆单株粒数、单株荚数、单株粒重和百粒重呈递减的趋势,而大豆产量在种植密度增加的情况下呈先递增后递减的趋势。

2.2.1 单株粒重。在不同密度处理下,大豆单株粒重由高到低依次为 D1 处理 > D2 处理 > D3 处理 > D4 处理,D1 处理下大豆单株粒重最高。D1 处理比 D2、D3、D4 处理分别高 2.8%、7.6%、13.2%。不同氮肥施用量处理的大豆单株粒重由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F0 处理 > F3 处理,F2 处理比 F1、F3、F0 处理分别高 4.0%、4.3%、12.6%。在施氮量和密度组合中,F2D1(施氮 150 kg/hm²,24 万株/hm²)处理组合的大豆单株粒重最高。

2.2.2 单株粒数。在不同密度处理下,大豆单株粒数由高到低依次为 D1 处理 > D2 处理 > D3 处理 > D4 处理,在 D1 处理下

大豆单株粒数最高。D1 处理比 D2、D3、D4 处理分别高 14.3%、22.6%、47.1%。不同氮肥施用量处理下,大豆单株粒数由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F3 处理 > F0 处理,F2 处理比 F1、F3、F0 处理分别高 7.6%、11.4%、14.2%。在施氮量和密度组合中,F2D1(施氮 150 kg/hm²,24 万株/hm²)处理组合的大豆单株粒数最高。

2.2.3 单株荚数。在不同密度处理下,大豆单株荚数具体表现为 D1 处理 > D2 处理 > D3 处理 > D4 处理,D1 处理比 D2、D3、D4 处理分别高 13.9%、29.1%、58.5%。不同氮肥施用量处理由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F0 处理 > F3 处理,F2 处理比 F1、F3、F0 处理分别高 8.3%、23.8%、18.4%。在施氮量和密度组合中,F2D1 组合处理(施氮 150 kg/hm²,24 万株/hm²)的大豆单株荚数最高。

2.2.4 百粒重。在不同密度处理下,大豆百粒重具体表现为 D1 处理 > D2 处理 > D3 处理 > D4 处理,D1 处理比 D2、D3、D4 处理分别高出 2.2%、6.0%、14.1%。不同施氮量处理百粒重由高到低依次为 F2 处理 > F1 处理 > F0 处理 > F3 处理,F2 处理比 F1、F0、F3 处理分别高出 1.4%、3.3%、4.1%。在施氮量

和密度组合中, F2D1 处理组合(施氮 150 kg/hm²、24 万株/hm²)的大豆百粒重最高。

2.2.5 产量。在不同密度处理下,大豆产量具体表现为 D3 处理>D4 处理>D2 处理>D1 处理,D3 处理比 D4、D2、D1 处理

分别高 10.3%、11.2%、27.3%。不同施氮量处理大豆产量由高到低依次为 F2 处理>F1 处理>F0 处理>F3 处理,F2 处理比 F1、F0、F3 处理分别高 5.9%、9.6%、24.8%。氮肥施用量 150 kg/hm² 和种植密度 36 万株/hm² 处理组合的大豆产量最高。

表 1 不同处理对大豆产量及其构成因素的影响

Table 1 Effects of different treatments on yield and its component factors of soybean

处理编号 Treatment code	单株粒数 Number of grains per plant//个	单株荚数 Number of pods per plant//个	单株粒重 Grain weight per plant//g	百粒重 100-grain weight g/株	产量 Yield kg/hm ²
F0D1	158.00 a	70.67 a	23.63 a	18.60 a	2 019.17 d
F0D2	143.00 b	63.33 b	23.43 a	17.70 b	2 320.83 b
F0D3	132.00 c	57.67 c	21.97 b	17.09 c	2 638.19 a
F0D4	111.50 d	46.00 d	20.67 c	15.98 d	2 281.02 c
F1D1	169.67 a	77.67 a	25.62 a	18.99 a	2 121.83 b
F1D2	150.67 b	70.00 b	24.88 b	18.14 b	2 337.24 c
F1D3	141.33 c	62.33 c	23.86 c	17.34 c	2 733.50 a
F1D4	117.50 d	49.67 d	22.70 d	16.21 d	2 386.38 b
F2D1	184.00 a	87.00 a	26.63 a	19.36 a	2 181.39 d
F2D2	159.00 b	73.00 b	25.77 b	18.24 b	2 464.31 c
F2D3	147.67 c	66.67 c	24.98 c	17.72 c	2 829.83 a
F2D4	131.33 d	54.67 d	23.63 d	16.31 d	2 671.74 b
F3D1	172.67 a	71.00 a	25.73 a	18.37 a	1 795.17 c
F3D2	145.00 b	62.67 b	24.70 b	17.67 b	2 174.35 a
F3D3	136.33 c	59.33 c	23.61 c	17.00 c	2 132.87 a
F3D4	104.33 d	43.00 d	22.70 d	15.78 d	2 026.84 b
F0	136.13 c	59.42 c	22.43 c	17.34 b	2 314.80 b
F1	144.54 b	64.92 b	24.27 b	17.67 a	2 394.73 b
F2	155.50 a	70.33 a	25.25 a	17.91 a	2 536.82 a
F3	139.58 c	56.83 d	24.21 b	17.20 b	2 032.30 c
D1	170.83 a	76.58 a	25.40 a	18.33 a	2 029.39 c
D2	149.42 b	67.25 b	24.70 b	17.93 b	2 324.18 b
D3	139.33 c	59.33 c	23.61 c	17.29 c	2 583.60 a
D4	116.17 d	48.33 d	22.44 d	16.07 d	2 341.50 b

注:同列不同小写字母表示每 4 个处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences between four treatments at 0.05 level

3 结论与讨论

3.1 不同氮肥用量和种植密度对大豆品质的影响 在提高大豆高产的同时,人们越来越重视大豆的品质。大豆的种植密度和施肥水平会影响其籽粒的质量。该试验结果表明,密度增加,蛋白质含量先增加后减少,密度与脂肪含量呈负相关。在氮肥施用量增加的情况下,蛋白质含量呈 S 型变化趋势,但高氮肥施用量对蛋白质含量增加有限制。种植密度对蛋白质和脂肪含量有显著影响($P<0.05$),氮肥施用量对大豆蛋白质和脂肪含量无显著影响。丁斌^[9]认为,种植密度和 大豆脂肪含量之间存在不显著负相关,而大豆蛋白质含量与种植密度之间呈不显著正相关。张洪刚等^[11]认为,随着施氮量的增加,蛋白质含量增加,而脂肪含量减少,两者呈负相关。刘玉平等^[12]指出,密度对高油大豆蛋白质和脂肪含量有显著影响($P<0.05$),而施氮量对高油大豆的蛋白质和脂肪含量的影响不显著($P<0.05$)。该试验结果与丁斌试验结果不同,但与刘玉平、张洪刚研究结果一致,这可能与品种特性有关。不同品种的大豆对种植密度和氮肥施用量需求不同,在相同的种植密度和氮肥施用水平下,大豆响应程度不同,

产生的结果也不同^[13-14]。

3.2 不同氮肥用量和种植密度对大豆产量及其构成因素的影响 氮肥是作物生长的重要营养元素,大豆、水稻、油菜等作物对氮肥的需要很高。因为大豆和根瘤是共生关系并且大豆根部有固氮作用,所以氮肥施用对固氮能力有抑制作用^[15]。研究表明,过低或过高氮肥用量都不利于大豆植株生长发育,并且会降低土壤的肥力和增加土壤中氮素残留。因此,合适的氮肥施用量不仅能够提高大豆产量,而且还能维持土壤无机氮平衡^[16]。刘志强等^[17]研究表明,氮肥和种植密度合理互作能够提高大豆的产量。在相同种植密度处理下,大豆每株粒数、百粒重和 大豆产量呈明显的先递增后递减的趋势。陈维等^[18]研究指出,种植密度对大豆农艺性状和产量影响显著,在种植密度增加的情况下,大豆产量呈明显先递增后递减的趋势。冯丽娟^[19]研究表明,随着肥料用量不断增加,大豆每株粒数、粒重、荚数和 大豆产量均呈递增趋势。脂肪含量随着肥料用量的增加呈递增趋势,而蛋白质含量呈递减趋势。该试验结果表明,种植密度和氮肥用量对大豆产量有显著影响($P<0.05$),不同施氮量处理的产量由

高到低依次为 F2 处理>F1 处理>F0 处理>F3 处理,不同种植密度的大豆产量由高到低依次为 D3 处理>D4 处理>D2 处理>D1 处理。氮肥用量 150 kg/hm² 和种植密度 36 万株/hm² 处理的产量最高,达 2 829.83 kg/hm²。

肥料和种植密度对大豆产量有重要影响^[20-21],在大豆种植时平衡施肥和合理密植是大豆高产的重要因素。王国伟等^[22]研究指出,种植密度与产量和单株荚数呈极显著正相关,种植密度通过影响单株有效荚数来影响大豆的产量。该试验研究表明,在种植密度不断增加下,大豆每株粒重、荚数、粒数和百粒重均呈递减。在氮肥用量增加的情况下,每株粒数、荚数、粒重和大豆百粒重均呈明显的先递增后递减的变化趋势。任小俊等^[23]研究了种植密度与施肥水平对汾豆 98 产量和农艺性状的影响,结果表明高施肥水平大豆农艺性状基本优于低施肥水平。在种植密度增加的情况下,大豆产量先上升后下降;而随着施肥水平的增加,大豆产量呈明显的递增趋势。牛建光等^[24]开展了九农 33 号不同肥密处理的响应研究,结果表明九农 33 号在种植密度 20 万株/hm² 且高肥量种植时产量达到最高,肥料施用量对大豆百粒重影响不显著,在中等肥料施用量下害虫发生率较低。

不同的种植密度和施肥水平对大豆籽粒品质有不同程度上的影响^[9]。大豆高产和多种因素有关,种植密度、施肥水平和播种日期等栽培措施对同一基因下大豆产量的形成至关重要^[25]。该试验条件下,高产优质最佳组合为氮肥施用量 150 kg/hm² 和种植密度 32 万株/hm²。

参考文献

[1] 秦颖.东北寒地大豆高产栽培技术[J].农业与技术,2019,39(15):117-118.
 [2] 郑峰.科学合理施肥对大豆生产的作用研究[J].种子科技,2017,35(8):106,109.
 [3] OHWAKI Y, SUGAHARA K.Active extrusion of protons and exudation of carboxylic acids in response to iron deficiency by roots of chickpea (*Cicer arietinum* L.)[J].Plant & soil,1997,189(1):49-55.

(上接第 22 页)

[4] 王佑成,赵天瑶,茆淑敏,等.纳米硒喷施对绿豆芽生长特性、营养品质、酚类含量和抗氧化性的影响[J].中国农业大学学报,2019,24(5):39-46.
 [5] 石磊,刘超,周柏玲,等.萌发条件对绿豆芽中 γ -氨基丁酸含量的影响研究[J].粮食与油脂,2019,32(3):50-53.
 [6] 熊先清,胡广林.外源锌浸种处理对绿豆芽生长和营养品质的影响[J].食品工业科技,2017,38(4):170-174,179.
 [7] 袁云香.不同烫种条件对绿豆芽生长的影响[J].科学技术与工程,2012,28(12):7350-7353.
 [8] 丁俊霄,尹涛,余翔,等.外源赤霉素、6-苄基腺嘌呤及矿物质对水培绿豆芽生长的影响[J].植物生理学报,2011,47(5):501-504.

[4] 谷秋荣,郭鹏旭,薛晓娅,等.不同氮肥类型对大豆根瘤生长特性及籽粒产量和品质的影响[J].中国农学通报,2010,26(14):226-228.
 [5] 刘宏焱.淮北区夏大豆高产限制因子及应对措施[J].现代农业科技,2014(16):45,47.
 [6] 申晓慧.不同施肥措施下合农 63 号大豆主要叶部性状及品质与产量的关系[J].中国种业,2013(12):59-61.
 [7] 魏云山,王会才,生国利,等.影响大豆品质的因素[J].内蒙古农业科技,2008,36(5):67,117.
 [8] 宋喜清,王美玲,孙凤荣,等.氮磷钾肥对黑农 43 和黑农 41 大豆产量及品质的影响试验研究[J].科技信息,2011(23):808.
 [9] 丁斌.浅谈不同种植密度和施肥水平对大豆籽粒品质的影响[J].种子科技,2019,37(3):106,111.
 [10] 张彦军,王兴荣,李玥,等.施氮量和种植密度对甘肃省不同生态区大豆农艺性状及产量的影响[J].甘肃农业科技,2021,52(7):14-23.
 [11] 张洪刚,周琴,何小红,等.播期、密度和肥料对菜用大豆南农 9610 产量和品质的影响[J].江苏农业学报,2008,34(5):662-667.
 [12] 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,2011,30(1):79-82,88.
 [13] 邱强,张伟,马桂云,等.吉林中南部不同类型大豆品种的适宜密度研究[J].湖北农业科学,2011,50(4):671-673.
 [14] 魏丹,李艳,李玉梅,等.氮磷钾元素对黑龙江不同地区大豆产量和品质的影响[J].大豆科学,2017,36(1):87-91.
 [15] 褚孝莹,汪洋,张磊.不同施肥水平对大豆产量和品质的影响[J].现代化农业,2019(5):19-20.
 [16] 郭天财,宋晓,冯伟,等.高产麦田氮素利用、氮平衡及适宜施氮量[J].作物学报,2008,38(5):886-892.
 [17] 刘志强,王建立,赵景云,等.氮肥用量和种植密度对大豆产量及品质的影响[J].农业工程技术,2021,41(32):17,21.
 [18] 陈维,金月龄,何大智,等.种植密度对安豆 9 号农艺性状及产量的影响[J].中国种业,2021(8):72-74.
 [19] 冯丽娟.不同种肥施用量对高油大豆产量及品质的影响[J].黑龙江农业科学,2013(3):28-30.
 [20] 杨继学,黄珊珊,杨明亮,等.密度和施肥量对不同分枝类型大豆产量的影响[J].大豆科学,2012,31(3):381-384.
 [21] 曾新宇,宗洪霞,张莉,等.施肥·密度与播期对鲜食大豆主要农艺性状及倒伏性状的影响[J].安徽农业科学,2020,48(13):23-26.
 [22] 王国伟,张兆峰.科学施肥提高大豆产量[J].吉林农业,2011(9):93.
 [23] 任小俊,吕新云,马俊奎.种植密度与施肥水平对山西早熟夏大豆产量与主要农艺性状的影响[J].大豆科学,2019,38(6):921-927.
 [24] 牛建光,王兴远,曲晓晶,等.不同肥密处理对大豆品种九农 33 号的影响分析[J].农业科技通讯,2012(11):85-87,150.
 [25] 朱其佳,陈晶,闫中帅,等.施肥水平对春大豆产量性状的影响[J].新农业,2019(5):6-8.

[9] 王俊甫,师学珍,蒋福稳,等.茶乙酸对绿豆芽形态和品质的影响[J].北方园艺,2013(9):37-39.
 [10] 刘瑞,郝建雄,刘海杰,等.电生功能水对绿豆芽生长促进效果的研究[J].食品工业科技,2011,32(3):175-177.
 [11] 黄六容,蔡梅红,仲元华,等.发芽温度对绿豆芽抗氧化成分和抗氧化能力的影响[J].安徽农业大学学报,2011,38(1):31-34.
 [12] 徐忠传,杨铭,蔡国超,等.培育温度模式对绿豆芽生长的影响[J].江苏农业科学,2013,41(6):222-224.
 [13] 林源,卜海东,高芳.不同培养温度对绿豆芽生长发育动态的影响[J].北方园艺,2011(13):36-38.
 [14] 尹涛,丁俊霄,陈芸,等.发芽条件对绿豆芽生长特性和营养品质的影响[J].华中农业大学学报,2015,34(4):120-124.