

氮磷钾营养对高油大豆含氮化合物积累及产量的影响

刘颖¹, 李玉影¹, 刘凤阁², 史绪梅², 刘双全¹, 张明怡¹

(¹ 黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; ² 庆安县农业技术推广中心, 黑龙江 庆安 152400)

摘要:为研究高油大豆优质、高产的氮、磷、钾最佳配比, 采用高油品种黑农41, 按照二次饱和D-最优设计设置氮、磷、钾肥的盆栽试验。结果表明: 平衡施肥对高油大豆含氮化合物积累有显著的促进作用。在氮磷钾三要素中, 氮素对可溶蛋白质、游离氨基酸含量、硝酸还原酶活性及硝态氮含量积累的贡献最大。其中, 平衡施肥各处理与不施肥处理相比可溶蛋白质、游离氨基酸含量、硝酸还原酶活性及硝态氮含量平均增加了51.7%, 110.42%, 185.48%和278.52%。从产量上看, 不施氮、磷、钾肥与最佳产量处理相比分别减产27.4%, 23.0%和14.6%。综合生理指标与产量结果, 氮磷钾肥的适宜用量分别为0.34, 0.8, 0.18 g·kg⁻¹土。

关键词:氮磷钾; 高油大豆; 含氮化合物

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2008)04-0645-03

Balanced Fertilization of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Enhanced Accumulation of Nitrogen Compound and Yield of High-oil Soybean

LIU Ying¹, LI Yu-ying¹, LIU Feng-ge², SHI Xu-mei², LIU Shuang-quan¹, ZHANG ming-yi¹

(¹ Soil Environment and Plant Nutrition Key Lab of Heilongjiang Province, Soil and Fertilizer and Environment Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; ² Agricultural Technology Extension Center, Qingan 152400, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to achieve high quality and yield of soybean by optimal application of nitrogen, phosphorus and potassium, we set pot examination of nitrogen, phosphorus and potassium according to the project of quadric saturation-D optimization design with soybean cultivar Heinong 41 as material. The result showed that balanced fertilization had positive effect on the accumulation of nitrogenous compound in high oil soybean. Nitrogen affected the content of soluble protein, free amino acid, NR and NO₃⁻-N most among the fertilizers of nitrogen, phosphorus and potassium. Comparing with CK, the content of soluble protein, free amino acid, nitrate reductase (NR) and NO₃⁻-N of the treatments of balanced fertilization increased 51.7%, 110.42%, 185.48% and 278.52%. The yield of treatment without nitrogen, phosphorus and potassium decreased 27.4%, 23.0% and 14.6% comparing with the optimal yield treatment. According to the physiological indices and the yield performance, it suggested that the fitting amount of nitrogen, phosphorus and potassium were 0.34, 0.8 and 0.18 g·kg⁻¹ soil.

Key words: Nitrogen; Phosphorus; Potassium; High oil soybean; Nitrogenous compound

大豆是世界上植物油和植物蛋白质最重要的来源, 而大豆油消费是世界植物油消费之首。我国是继美国、巴西、阿根廷之后世界第四大大豆生产国。随着国民经济以及油脂与饲料加工企业的迅速发展, 我国对高油大豆的需求迅速增加。黑龙江省是我国优质大豆的重要种植区域, 农业部已把黑龙江省的高油大豆列入国家优先发展的优势农产品之一^[1]。而目前由于栽培措施不当及品种自身特性,

高油大豆在生产过程中品质退化严重, 含油量降低。“良种”必须有“良法”作保障才能发挥优良品种的最佳潜力。大豆产量的形成和籽粒品质的改善受诸多因素的影响, 其产量和品质形成与氮素代谢有更为密切的关系。通过对不同氮磷钾配比的肥料试验, 探索施肥调控对高油大豆含氮化合物积累动向的影响, 明确最佳因子组合, 为高油大豆优质高产栽培及技术配套提供理论依据。

收稿日期: 2007-12-07

基金项目: 农业部植物营养与养分循环重点开放实验室和国际植物研究所 (IPNI) 资助项目。

作者简介: 刘颖 (1979-), 女, 研究实习员, 硕士, 从事土壤肥料与植物营养研究工作。E-mail: ly8090@sina.com。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006 年在黑龙江省农科院盆栽场进行。供试品种为黑农 41。供试土壤为黑土,肥力中等,土壤有机质 2.73%,速效氮 146.3 mg·kg⁻¹,速效磷 82 mg·kg⁻¹,速效钾 205.52 mg·kg⁻¹,pH6.57。试验设计采用二次饱和 D- 最优设计(311-B 方案)。设 12 个处理,6 次重复。栽培容器为塑料盆,每桶装风干、过筛底土 11 kg,覆土 1 kg,每盆播种 16 粒,定苗 3 株,常规管理。试验处理见表 1。

表 1 大豆肥料试验处理
Table 1 Fertilizer treatment of soybean/g·kg⁻¹ soil

处理号 Treatment	码值方案 Project			施肥量 Quantity of fertilizer		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	2.45	0.25	0.40	0.60
2	0	0	-2.45	0.25	0.40	0
3	-0.751	2.106	1	0.16	0.80	0.42
4	2.106	0.751	1	0.50	0.54	0.42
5	0.751	-2.106	1	0.34	0	0.42
6	-2.106	-0.751	1	0	0.26	0.42
7	0.751	2.106	-1	0.34	0.8	0.18
8	2.106	-0.751	-1	0.50	0.26	0.18
9	-0.751	2.106	-1	0.16	0.80	0.18
10	-2.106	0.751	-1	0	0.54	0.18
11	0	0	0	0.25	0.40	0.30
12	-2.106	-2.106	-2.45	0	0	0

1.2 测定内容及方法

分别于大豆生长的开花期和鼓粒期取第 2 枚三出复叶进行硝酸还原酶(NR)、可溶性蛋白质、游离

氨基酸和硝态氮含量的测定。
NR 测定采用磺胺比色活体法;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法;游离氨基酸测定采用茚三酮溶液显色法;硝态氮含量的测定采用水杨酸比色法^[2]。

2 结果与分析

2.1 不同氮磷钾配比对高油大豆含氮化合物的影响

2.1.1 可溶蛋白质和游离氨基酸 从表 2 可以看出,随着生育时期的推进,从开花期到鼓粒期,大豆叶片中的可溶蛋白质与游离氨基酸含量都明显减少,这符合这两种物质对叶片老化的指示作用。在 7 月 6 日(开花期),从不同肥料配方上可以看出,这两种物质的含量相对较高的都是 T7 和 T9,与不施肥处理相比可溶蛋白质与游离氨基酸平均增加了 33.9% 和 139.4%。说明平衡施肥能够增加叶片可溶蛋白质和游离氨基酸含量,延缓衰老。而施用氮肥的量较多的 T7 较 T9 效果要好些。因此,在平衡施肥的基础上,适量增加氮肥的用量有利于作物体内含氮化合物的积累。

2.1.2 硝酸还原酶活性和硝态氮含量 NR 是植物氮素同化的限速酶,催化硝态氮生成亚硝态氮,直接影响了作物的氮素同化速度^[3]。从表 2 中可以看出,不同施肥处理的硝酸还原酶活性以及硝态氮含量差异很大。不施氮肥处理 T6、T10、T12 的硝酸还原酶活性与硝态氮含量相对较低,这说明了氮素对大豆品质形成具有重要作用。比较各处理的 NR 与硝态氮含量,最佳处理也是 T7。

表 2 不同肥料配比对高油大豆含氮化合物的影响

Table 2 Effect of different fertilizer on nitrogen compound of high oil soybean

生育时期 Growth stage	处理 Treatment	可溶蛋白质 SP/%	游离氨基酸 FAA/ $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	硝酸还原酶 $\text{NR}/\mu\text{gNO}_2^-\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	硝态氮 $\text{NO}_3^--\text{N}/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
开花期 Blooming	1	38.1F	3718.63B	191.54C	1187.8G
	2	45.9BC	3386.61C	153.07E	1753.8CD
	3	48.5AB	2702.74EF	151.85E	1954.3B
	4	42.5DE	2830.60DE	155.09E	1857.6BC
	5	45.7BC	3766.80B	234.06B	588.6HI
	6	33.6G	3203.69C	72.49G	717.8H
	7	49.3A	4363.71A	264.34A	2668.4A
	8	28.7H	2255.50G	183.84CD	647.3HI
	9	40.7EF	4320.39A	179.39D	1659.1DE
	10	32.8G	2993.77D	53.86H	1528.6EF
	11	43.8CD	2613.60F	94.76F	1354.8FG
	12	25.1I	1813.40H	64.39GH	472.9I

续表 2

生育时期 Growth stage	处理 Treatment	可溶蛋白质 SP/%	游离氨基酸 FAA/ $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$	硝酸还原酶 NR/ $\mu\text{gNO}_2^{-} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	硝态氮 $\text{NO}_3^{-} - \text{N}/\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
鼓粒期 Pod filling	1	19.6C	1719.96BC	52.24BC	1032.5D
	2	23.7AB	1132.66EF	41.71CD	1548.9BC
	3	13.2F	1316.19DE	30.54CD	1657.4B
	4	15.3DEF	1407.96CDE	53.45BC	1679.1B
	5	17.4CDE	2545.86A	74.51AB	495.3EF
	6	18.2CD	1297.84DEF	19.84D	691.0E
	7	26.8A	2793.38A	89.09A	2018.7A
	8	20.4BC	1554.78CD	42.11CD	637.2E
	9	25.4A	2527.51A	38.06CD	1549.7BC
	10	18.5CD	1903.50B	27.13CD	1322.8CD
	11	20.7BC	985.83FG	34.83CD	1259.6CD
	12	14.7EF	728.88G	16.20D	338.7F

SP 代表可溶蛋白质;FAA 代表游离氨基酸;NR 代表硝酸还原酶; $\text{NO}_3^{-} - \text{N}$ 代表硝态氮

SP:soluble protein;FAA:free amino acid;NR:nitrate reductase; $\text{NO}_3^{-} - \text{N}$:nitrate nitrogen

2.2 不同氮磷钾配比对大豆产量的影响

从表 3 中看出,不施肥 T12 的产量最低。其次是不施氮、磷、钾肥的处理。而各施肥处理的产量均比不施肥处理高,几个不完全施肥处理的产量为:不施肥处理 < 不施氮肥 < 不施磷肥 < 不施钾肥。并且从产量上可以看出,最佳施肥处理为 T7。不施氮、磷、钾肥与最佳产量处理相比分别减产 27.4%, 23.0% 和 14.6%。各不施肥处理与最佳处理相比较,产量差异均达到了极显著水平。

表 3 不同肥料配比对高油大豆产量的影响
Table 3 Effect of different fertilizer on yield of high oil soybean

处理 Treatment	产量 Yield	相对产量 Relative yield		差异显著性 Difference significance	
	$/\text{g} \cdot \text{pot}^{-1}$	$/\text{g} \cdot \text{pot}^{-1}$	$\%$	0.05	0.01
1	221	-5	-2.2	ab	A
2	193	-33	-14.6	bcd	ABCD
3	190	-36	-15.9	bcd	ABCD
4	204	-22	-9.7	abc	ABC
5	174	-52	-23.0	cde	BCD
6	164	-62	-27.4	de	CD
7	226	-	-	a	A
8	207	-19	-8.4	abc	ABC
9	197	-29	-12.8	abcd	ABCD
10	189	-37	-16.4	bcd	ABCD
11	214	-12	-5.3	ab	AB
12	149	-77	-34.1	e	D

3 结论与讨论

施用氮磷钾肥是大豆的主要栽培措施之一,对产量具有提高作用^[4]。氮磷钾肥对产量的影响是通过其生理过程实现的^[5]。在作物成熟时期功能

叶片的寿命延长 1 d,则可增产 2%^[6]。在作物生长过程中,施肥是调控作物叶片生长发育的主要措施之一,施肥量和施肥时期直接影响作物叶片的衰老和籽粒产量。叶片中的可溶蛋白质含量变化是叶片功能及衰老的可靠性指标之一。游离氨基酸是肽酶作用的产物,既是结构蛋白和功能蛋白的合成前体又是其分解产物,并可直接作为蛋白质合成和细胞生长的建筑材料。

通过研究不同肥料配比对可溶蛋白质、游离氨基酸、硝酸还原酶以及硝态氮含量的影响的试验结果中可以看出,平衡施肥对高油大豆各生理指标都产生了明显的正效应。其中,不同施肥处理对高油大豆含氮化合物积累影响很大。在氮、磷、钾三要素中,氮素对各生理指标的影响都是最大的。即不施氮肥各指标的含量都是最低的。氮肥对作物各生理指标的影响非常重要,但是也不能忽视磷钾肥的作用。在各处理中,不施磷钾肥只施氮肥的效果也远远不如平衡施肥效果好。与最佳处理(平衡施肥)相比,不施磷肥在开花期游离氨基酸含量减少了 13.7%,而不施钾肥其硝态氮含量减少了 34.3%。说明氮磷钾对作物含氮化合物的积累都有一定的作用。

平衡施肥各处理与不施肥处理相比可溶蛋白质、游离氨基酸含量、硝酸还原酶活性及硝态氮含量平均增加了 51.7%, 110.42%, 185.48% 和 278.52%。不施氮、磷、钾肥与最佳产量处理相比分别减产 27.4%, 23.0% 和 14.6%。

乳的测定表明,酵母菌 SCY1 凝固的豆乳中乳酸和醋酸含量分别为 0.099% 和 0.098%。内肽酶测定结果表明酵母菌 SCY1 的蛋白酶活力不高,表明酵母菌 SCY1 凝固豆乳的机理主要是产酸凝乳,但内肽酶对促进豆乳风味形成可能起到促进作用。

参考文献

- [1] Silvana P, Anon M C. Soy protein isolation components and their interactions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43:1762-1767.
- [2] Fukushima D. Internal structure of 7S & 11S globulin molecules in soy protein[J]. Cereal Chemistry, 1968, 45:203-244.
- [3] Li L, Yang Z Y, Yang X Q, et al. Debittering effect of *Actinomucor elegans* peptidases on soybean protein hydrolysates[J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2008, 35(1), 41-47.
- [4] Park Y W, Kusakabe I, Kobayashi H, et al. Production and properties of a soymilk - clotting enzyme system from a microorganism [J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1985, 49 (11) : 3215-3219.
- [5] Yasuda M, Aoyama M, Sakaguchi M, et al. Purification and characterization of a soybean- milk- coagulating enzyme from *Bacillus pumilus* TYO- 67 [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1999, 51 (4) : 474-479.
- [6] 蒋咏梅, 章文贤. 豆乳凝固酶的研究概况[J]. 微生物学通报, 2003, 30(2): 78-81. (Jiang Y M, Zhang W X. The survey on the research of soymilk- clotting enzyme [J]. Microbiology, 2003, 30 (2) : 78-81.)
- [7] Enikő T, Victor G M, Boglárka K, et al. Determination of organic acids and their role in nickel transport within cucumber plants[J]. Microchemical Journal, 2000, 67:73-81.
- [8] Bradford M M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye-binding [J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72:248-254.
- [9] Baankreis R, Schalkwijk S, Altling A C, et al. The occurrence of two intracellular oligoendopeptidases in *Lactococcus lactis* and their significance for peptide conversion in cheese[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1995, 44 (3) : 386-392.
- [10] Macedo A C, Vieira M, Poças R, et al. Peptide hydrolase system of lactic acid bacteria isolated from Serra da Estrela cheese[J]. International Dairy Journal, 2000, 10:769-774.
- [11] Lortal S, Chapot- Chartier M P. Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese[J]. International Dairy Journal, 2005, 15:857-871.

(上接第 647 页)

综合各生理指标及产量结果,对高油大豆来说,氮磷钾肥的适宜用量分别为 0.34, 0.80, 0.18 g · kg⁻¹ 土。

参考文献

- [1] 任红玉, 付薇, 崔振才, 等. 大豆品质与水分动态变化的关系 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(1): 1-5 (Ren H Y, Fu W, Cui Z C, et al. Study on the relationship between quality and water at growth stages of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(1): 1-5.)
- [2] 李合生, 孙群, 赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. (Li H S, Sun Q, Zhao S J. Experiment theory and technology of plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.)
- [3] 陈煜, 朱保葛, 张敬, 等. 不同氮源对大豆硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性及蛋白质含量的影响 [J], 大豆科学, 2004, 23 (2) : 143-146. (Chen Y, Zhu B G, Zhang J, et al. Effects of different nitrogens on activities of nitrate reductase, glutamine synthetase and seed protein contents in soybean cultivars [J]. Soybean Science, 2004, 23(2): 143-146.)
- [4] 刘鹏, 杨玉爱. 氮、磷、钾配施及其与钼硼配施对大豆产量的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2003, 30(2): 117-122. (Liu B, Yang Y A. Effect of N, P, K combined application and N, P, K, Bor Mo combined application on yield of soybean [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2003, 30(2): 117-122.)
- [5] 许海涛, 王友华, 许波, 等. 氮磷钾优化施肥对高蛋白大豆籽粒及蛋白质产量的影响 [J]. 土壤通报, 2008, 39(1): 195-196. (Xu H T, Wang Y H, Xu B, et al. Effects of optimum N, P and K combination fertilization on grain yield and grain protein of a high protein content soybean [J]. Chinese Journal of Soil Science, 39 (1) : 195-196.)
- [6] 曲建东, 高玉红, 牛俊义, 等. 施氮时期对地膜春小麦叶片衰老的影响 [J]. 麦类作物学报, 2007, 27(2): 323-326. (Qu J D, Gao Y H, Niu J Y, et al. Effect of nitrogen application stage on the index of leave senescence for spring wheat mulched with plastic films [J]. Journal of Triticeae Crops, 27(2): 323-326.)