

氮磷钾元素对黑龙江不同地区大豆产量和品质的影响

魏 丹,李 艳,李玉梅,金 梁,王 伟,蔡姗姗,李 婧

(黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:氮磷钾缺乏试验实施于黑龙江省大庆市(安达)、绥化市、黑河市的耕作区,研究平衡施肥对大豆产量和品质的影响。结果表明:钾是影响大豆产量的主要养分限制因子,磷对大豆的蛋白质和油脂总和含量影响最大,氮对大豆的脂肪含量影响最大;平衡施肥下的大豆产量与不施肥和缺素处理相比,大庆、绥化、黑河试验处理分别增产 5.6%~10.7%、3.5%~12.6%、8.9%~25.5%;蛋白质含量分别增加 4.15%~10.53%、1.00%~7.71%、1.86%~9.02%;脂肪含量分别升高 2.79%~11.76%、1.66%~6.17%、3.96%~8.03%;油脂总和分别升高 3.60%~11.02%、1.28%~11.02%、3.43%~8.59%。因此,大豆平衡施肥不仅可以显著提高产量,还可以改善籽粒品质,黑龙江省大豆施肥应重视氮磷钾的配合施用,以达到高产、优质的目的。

关键词:平衡施肥;大豆;产量;品质

中图分类号:S158.3 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.01.0087

Effect of N, P, K Fertilization on Yield and Quality of Soybean in Heilongjiang Province

WEI Dan, LI Yan, LI Yu-mei, JIN Liang, WANG Wei, CAI Shan-shan, LI Jing

(Soil and Environmental Resources Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Heilongjiang Province Key Laboratory of Plant Nutrition and Soil Emiroment, Harbin 150086, China)

Abstract: The results of lack elements (NPK) experiment on different soybean carried out on the black soil at Daqing, Suihua, Suihua of Heilongjiang province showed that the main limited nutritional factor affecting soybean was K, the main limited nutritional factor affecting the fat content and the oil and protein of soybean was P and the main limited nutritional factor affecting the protein content of soybean was N. Compared with the soybean yield and non fertilization and lack treatment under balanced fertilization, in Daqing, Suihua and Heihe, the yield of soybean increased by 5.6%-10.7%, 3.5%-12.6% and 8.9%-25.5%, respectively, protein content increased by 4.15%-10.53%, 1.00%-7.71% and 1.86%-9.02%, respectively; the fat content increased by 2.79%-11.76%, 1.66%-6.17% and 3.96%-8.03%, respectively; the oil and protein increased by 3.60%-11.02%, 1.28%-11.02% and 3.43%-8.59% respectively. Therefore balanced fertilization could not only promote growth and significantly increase yield of soybean but also improved seed quality. In order to obtain the high yield and good quality of soybean in Heilongjiang, the combined application of nitrogen, phosphorus and potassium should be paid more attention.

Keywords: Balanced fertilization; Soybean; Yield; Quality

大豆营养丰富,作为营养与保健双重功能的食物而深受广大消费者的青睐。黑龙江省是我国的大粮仓,大豆是黑龙江省三大作物之一,然而随着化肥施用量的逐渐增加、利用率逐渐下降,土地质量受到了严重影响,从而导致作物产量和品质下降^[1-3]。氮、磷、钾肥是大豆维持生长发育所必需营养元素,其作用既不能相互替代,又缺一不可,而且各元素间存在交互作用。氮、磷都是大豆细胞结构的组成成分,与代谢产物有密切关系。钾在各种重要代谢过程中都起促进作用,因此,要进行大豆优质高产栽培,必须了解3种元素对产量和品质的影响,在不同地区的不同土壤实施合理的氮磷钾肥平衡施用措施^[4-5]。大豆的产量和化学品质受遗传控制,也受环境条件影响,其中环境条件包括施肥、水

分、温度、气象因素、年份和地点、地理经纬度、海拔高度等。在大豆植株体内,氮磷钾肥的吸收和利用是一个协调的生理生化过程,通过环境中的肥料转化植株中的营养元素来合成蛋白质和脂肪,并调节二者的比重^[6]。肥料对大豆籽粒中产量和品质影响的研究很多,但不同地区的结论不一致^[7]。

本试验立足黑龙江省土壤类型多样化和气候多变等特点,在黑龙江省绥化市、大庆市(安达)、黑河市种植当地主栽大豆品种,研究平衡施肥(氮磷钾)、缺素处理和不施肥对照条件下,氮磷钾肥对不同地区的大豆产量及品质含量的影响,为提高不同地区大豆产量和改善品质以及指导生产科学合理施肥提供理论依据,同时实现化肥均衡施用,提高粮豆产量及品质。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2015 年在黑龙江省黑河市 (E124°53′, N46°01′)、绥化市 (E127°27′, N50°15′)、大庆市 (E127°00′, N46°35′) 试验田进行, 土壤类型分别为

暗棕壤、黑土、盐碱土, 供试品种为当地适宜品种, 分别为黑河 35、绥 095016、安 09 – 191, 采用人工点播种植, 单行单粒, 株距 5 cm, 4 月下旬播种, 9 月下旬收获。供试氮肥为尿素 (含 N 46%), 磷肥为重过磷酸钙 (含 P₂O₅ 46%), 钾肥为氯化钾 (含 K₂O 60%)。施肥方式为底肥深施。

表 1 供试土壤基本情况

Table 1 Basic situation of tested soil

试验地点 Test site	全氮 Total N(N)/%	全磷 Total P (P ₂ O ₅)/%	全钾 Total K (K ₂ O)/%	碱解氮 Avai. N /(mg·kg ⁻¹)	有效磷 Avai. P ₂ O ₅ /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Avail. K ₂ O /(mg·kg ⁻¹)	pH (水: 土 =2.5:1)	有机质 OM /(g·kg ⁻¹)
大庆 Daqing	0.164	0.056	2.234	159.20	70.2	159.1	8.75	25.47
绥化 Suihua	0.241	0.206	2.110	221.06	74.2	203.0	6.95	43.00
黑河 Heihe	0.215	0.172	2.070	218.70	64.1	139.0	5.85	41.20

1.2 试验设计

试验设 5 个处理 (表 2), 分别为: OPT (由国际植物营养研究所北京办事处对土壤化验后, 采用土壤养分分级法与目标产量法相结合推荐施肥量);

在 OPT 基础上设 3 个缺素处理: OPT-N (不施氮肥)、OPT-P (不施磷肥)、OPT-K (不施钾肥); CK (不施肥)。试验小区面积为 30 m², 3 次重复, 4 行区, 随机排列, 试验区周边设有保护行。

表 2 不同试验地点试验处理

Table 2 Treatments in three different test sites

(kg·hm⁻²)

试验地点 Test site	处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
大庆 Daqing	OPT	60	75	61
	OPT-N	0	75	61
	OPT-P	60	0	61
	OPT-K	60	75	0
	CK	0	0	0
绥化 Suihua	OPT	56	68	61
	OPT-N	0	68	61
	OPT-P	56	0	61
	OPT-K	56	68	0
	CK	0	0	0
黑河 Heihe	OPT	43	56	46
	OPT-N	0	56	46
	OPT-P	43	0	46
	OPT-K	43	56	0
	CK	0	0	0

1.3 测定项目与方法

秋季成熟期每小区取 5 m² 考种测产。秋季收获后去除病斑粒虫食粒, 用于品质分析。在每个重复内, 取代表性籽粒 0.5 kg, 利用 PERTEN DA7200 近红外谷物分析仪测定籽蛋白质和脂肪含量。

1.4 数据分析

采用 SPSS 17.0 和 Excel 2007 进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对大豆产量的影响

平衡施肥对大庆、绥化和黑河地区大豆有明显的增产作用, 不同地区的缺素处理下大豆有明显的减产趋势 (表 3)。与其它各处理比较 OPT 处理产

量最高, 差异达到显著或极显著水平。大庆、绥化和黑河地区 OPT 分别比对照 CK 增产 10.7%、12.6% 和 25.5%。大庆试验结果表明, 与 OPT 相比, 其它处理大豆减产范围为 124 ~ 237 kg·hm⁻², 其中 CK、OPT- N 和 OPT- K 显著减产, 分别减产 10.7%、7.0% 和 8.5%。绥化试验结果显示, 各缺素处理与 OPT 处理相比产量显著降低, 降低范围为 112 ~ 397 kg·hm⁻², 其产量高低依次为 OPT > OPT-K > OPT-P > OPT-N > CK。在黑河地区, 与 OPT 相比, 缺素处理产量显著降低, 降低幅度较大庆、绥化大, 与 OPT 处理相比, 其它缺素处理大豆产量降低范围为 241 ~ 691 kg·hm⁻², 其中 OPT- P、OPT- K 和 CK 减产显著, 分别减产 14.8%、20.0% 和 25.5%。

综上所述, 氮、磷、钾在 3 种类型土壤上都是产

量的影响因子。在 3 个缺素处理中,大庆地区,OPT- P 减产效果最小;绥化地区,OPT-K 减产效果最小;黑河地区,OPT-N 处理减产效果最小。氮磷钾肥对产量的影响是通过影响其生理过程实现的,不同肥料对不同地区的大豆产量影响是不一样的,3 个试验地位于黑龙江省不同的积温带,其每个地区

的适宜作物品种也不同,导致不同地区间大豆的产量有差异;大庆地区为盐碱土壤,作物对氮、钾元素的需求比较大,所以大豆对氮肥和钾肥的需求比较大;绥化地区和黑河地区的土壤类型为黑土和暗棕壤,这两种类型的土壤含有较高的养分,所以钾肥和氮肥对两个地区的大豆产量影响比较小。

表 3 平衡施肥对大豆产量的影响
Table 3 Effects of balanced fertilization on soybean yield

地点	处理	产量	比 OPT 减少量	比 OPT 减少比例
Place	Treatment	Yield/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	Reduction ratio of OPT /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	Less than OPT/%
大庆 Daqing	OPT	2225 aA	0	0
	OPT-N	2069 bcB	156	7.0
	OPT-P	2101 bB	124	5.6
	OPT-K	2036 bcB	189	8.5
	CK	1988 cB	237	10.7
绥化 Suihua	OPT	3157 aA	0	0
	OPT-N	2949 bAB	208	6.6
	OPT-P	2978 bAB	179	5.7
	OPT-K	3045 adA	112	3.5
	CK	2760 cB	397	12.6
黑河 Heihe	OPT	2710 aA	0	0
	OPT-N	2469 bB	241	8.9
	OPT-P	2310 cC	400	14.8
	OPT-K	2168 dD	542	20.0
	CK	2019 eE	691	25.5

同列数值后不同大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 水平差异显著,下同。
Values in the same column followed by different capital and lowerease are different at 0.01 and 0.05 probability level , respectively. The same below.

2.2 平衡施肥对大豆品质性状含量的影响

2.2.1 平衡施肥对大豆蛋白质含量的影响 平衡施肥可显著提高大豆籽粒中蛋白质含量,其它 4 种处理对大豆蛋白质含量皆有不同程度的影响,而且在不同地区不同品种的反应有一定的差异。由图 1 可知,大庆、绥化和黑河 OPT 处理的大豆籽粒中蛋白质含量最高,分别为 36.62%、33.65% 和 32.74%,比对照 CK 分别提高 10.53%、7.71% 和

9.02%。与 OPT 相比,大庆、绥化、黑河 OPT-N、OPT-P、OPT-K 蛋白质含量均有所减少,减少幅度差异达到显著或极显著水平。
氮、磷、钾肥对蛋白质的影响在 3 个地区表现明显,缺素处理与平衡处理相比较,OPT-P 处理蛋白质含量最低,说明磷元素对蛋白质影响最大,氮肥次之,钾肥对蛋白质影响最小。可见,磷是影响黑龙江地区大豆蛋白质含量的最重要养分因子。

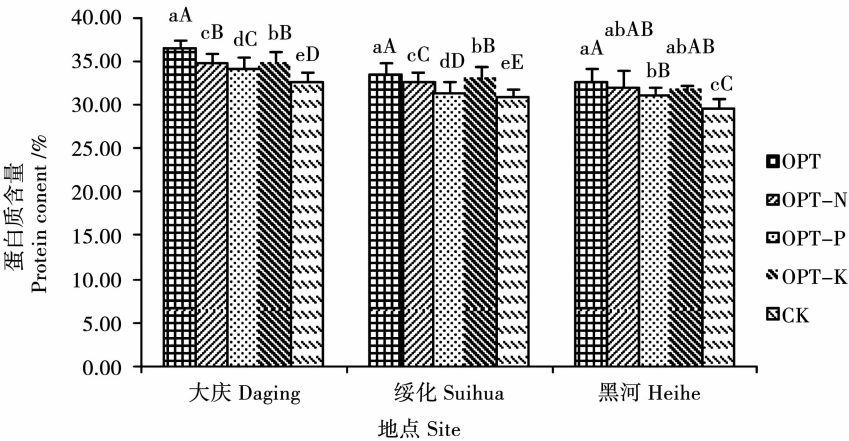


图 1 平衡施肥对大豆蛋白质含量的影响
Fig.1 Effect of balanced fertilization on soybean protein content

2.2.2 平衡施肥对大豆脂肪含量的影响 由图 2 可知,大庆、绥化和黑河大豆籽粒中脂肪含量 OPT 比对照 CK 提高明显,分别提高了 11.76%、6.17% 和 8.03%。与 OPT 相比,大庆、绥化、黑河 OPT-N 脂肪含量分别减少了 9.43%、5.95%、6.47%;OPT-P 脂肪含量分别减少了 7.04%、3.27%、3.96%;OPT-K 脂肪含量分别减少了 2.79%、1.66%、4.72%。3 个处理较 OPT 处理的差异和与 CK 处理相比的提高幅度均达到极显著水平。

平衡施肥可显著提高大豆籽粒中脂肪含量,缺素处理对大豆脂肪含量都有不同程度的影响,与对蛋白质影响相似,在不同地区不同品种的反应也有一定的差异。氮、磷、钾肥对脂肪的影响在大庆、绥化地区表现趋势相同。缺素处理与平衡处理相比较,OPT-N 处理脂肪含量最低,说明氮元素对脂肪影响最大,磷肥次之,钾肥对脂肪含量影响最小。可见,氮是影响黑龙江地区大豆脂肪含量的最重要养分因子。

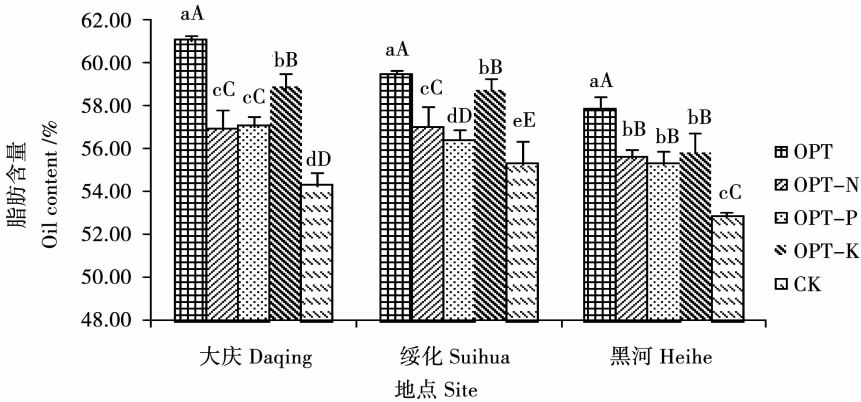


图 2 平衡施肥对大豆脂肪含量的影响

Fig.2 Effect of balanced fertilization on soybean oil content

2.2.3 平衡施肥对大豆蛋脂总和含量的影响 蛋脂总和是蛋白质和脂肪含量的和,是评价大豆品质的重要指标。从图 3 可见,大庆、绥化和黑河 OPT 处理的大豆籽粒中蛋脂总和含量比对照 CK 分别提高 11.02%、11.02% 和 8.59%。与 OPT 相比,大庆、绥化、黑河 OPT-N 蛋脂总和含量分别减少了 6.76%、4.02%、3.85%;OPT-P 蛋脂总和含量分别减少了 6.54%、5.15%、4.32%;OPT-K 蛋脂总和含量分别减少了 3.60%、1.28%、3.43%,减少含量差异达到极显著水平。

平衡施肥可显著提高大豆籽粒中蛋脂总和含量,3 个地区缺素处理下大豆蛋脂总和含量表现出不同程度的减少,其中氮肥、磷肥影响极显著。绥化、黑河地区磷肥对蛋脂总和影响最大,钾肥影响最小。总体趋势为,缺素处理与平衡处理相比较,OPT-P 处理蛋脂总和含量最低,说明磷元素对蛋脂总和影响最大,氮肥次之,钾肥对蛋脂总和影响最小。可见,磷是影响黑龙江地区大豆蛋脂总和含量的最重要养分因子。

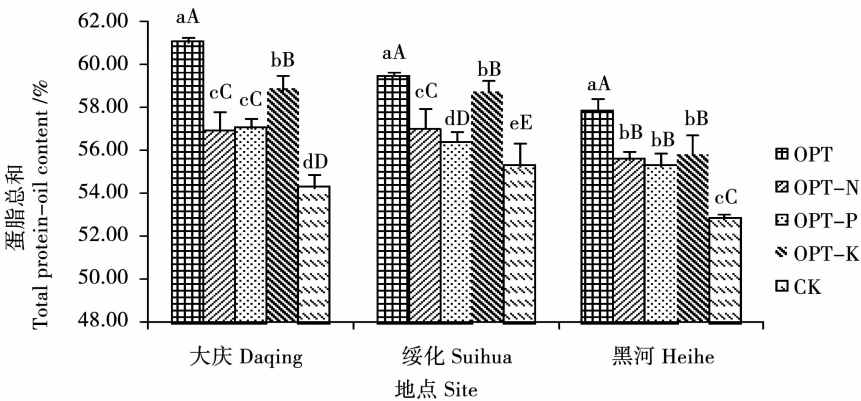


图 3 平衡施肥对大豆蛋脂总和的影响

Fig.3 Effect of balanced fertilization on total protein-oil content

氮、磷与籽粒蛋白质、脂肪和碳水化合物形成有密切关系。钾虽不参与细胞组成,但在作物整个

生育期都起到重要的运输作用。虽然 3 个试验区的土壤类型不同,但是氮、磷、钾 3 种元素对品质的影

响趋势是基本一致的。

3 结论与讨论

研究氮、磷、钾肥对大豆产量和品质的影响,进行科学平衡施肥能够保持和改善土壤的生物学特性,提高土壤肥力,促进作物生长,提高作物产量和品质,增加农田生产力^[8]。合理配施氮、磷、钾肥能使大豆产量有不同程度的增加^[1]。本研究结果表明,平衡施肥对黑龙江省大庆、绥化、黑河地区大豆产量有极显著增产作用,OPT 比 CK 平均产量提高 10.7%~25.5%。肥料组合不同的情况下,缺素处理会对产量有不同程度的影响。在本研究中,OPT-K 对产量减产影响最大。大豆是需钾较多的作物,钾对其各种重要代谢过程中都起促进作用。加之近十几年来由于偏施氮、磷肥致使土壤中缺钾现象严重,在一定程度上限制了土壤潜力,致使钾肥对作物产量影响较大^[9]。OPT-N 对产量不同地区影响不一致,尽管大豆具有根瘤固氮作用,但这只占其需要量的 30%~50%,远不能满足大豆高产栽培对氮素的需求^[10]。不同的大豆品种对氮素的需求量不同,所以根据品种和当地土壤养分情况合理的施用氮肥,能显著提高作物产量。OPT-P 对产量减产效果影响较小,但是磷同氮素一样,都是大豆细胞质、细胞核和各种酶的组成成分,与籽粒蛋白质、脂肪和碳水化合物形成有密切关系,也在提高作物品质上有重要影响。

氮、磷、钾元素对产量的影响是通过影响其生理过程实现的,蛋白质和脂肪是代谢产物,因此,氮、磷、钾肥会影响大豆的品质。平衡施肥可显著提高大豆籽粒中蛋白质、脂肪、蛋脂总和含量,缺素处理对其含量皆有不同程度的影响,不同地区不同品种的反应有一定的差异。本研究试验地选择了黑龙江省 3 个有代表性的地区,位于不同积温带,土壤类型也不同,种植的作物也分别是当地适应品种。磷肥显著提高了蛋白质含量,氮肥次之,钾肥对蛋白质影响最小。氮肥显著提高了脂肪含量,磷肥次之,钾肥对脂肪含量影响最小。磷肥显著提高了蛋脂总和含量,氮肥次之,钾肥对蛋脂总和影响最小。影响黑龙江地区大豆蛋白质和蛋脂总和含量的重要养分因子是磷,影响脂肪含量的重要养分因子是氮。在此地域环境、大豆品质不同的背景条件下,本试验结果的整体趋势仍表现为一致,3 个地区均以 OPT 处理的品质最优、产量最高,缺失氮、

磷、钾肥会严重影响大豆品质。根据本研究结果,针对土壤养分情况对作物进行合理施肥,对黑龙江地区大豆产量及品质有重要意义。

参考文献

[1] 田卫东. 氮磷钾肥不同施用量对不同土壤肥力大豆产量的影响[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(3):111-112. (Tian W D. Effects of different application amounts of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on yield of soybean in different soil fertility [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2011, 17(3): 111-112.)

[2] 孙振宁,李晶,段兴武,等. 氮磷钾施肥水平对大豆产量及性状的影响[J]. 作物杂志, 2012(5):135-139. (Sun Z N, Li J, Duan X W, et al. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on yield and characters of soybean [J]. Journal of Crop, 2012(5):135-139.)

[3] 王全富,刘丽君,孙聪姝. 大豆氮素积累及其对籽粒蛋白质含量的影响[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(5):545-548. (Wang Q F, Liu L J, Sun C S. Nitrogen accumulation and its effect on grain protein content in soybean [J]. Journal of North-east Agricultural University, 2005, 36(5):545-548.)

[4] 甘银波,涂学文,田任久. 大豆的最佳氮肥施用时期研究[J]. 大豆科学,1998,17(4): 287-291. (Gan Y B, Tu X W, Tian R J. Study on optimum nitrogen application stage of soybean [J]. Soybean Science, 1998,17(4): 287-291.)

[5] 马守富,静广利. 大豆不同品种类型与施肥效果的研究[J]. 种子科技, 2002(3): 160-161. (Ma S F, Jing G L. Study on the effect of different types and fertilization of soybean [J]. Seed Science and Technology, 2002(3): 160-161.)

[6] 朱宝国,朱凤莉,张春峰,等. 中微肥对大豆农艺性状产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2014,33(4):550-553. (Zhu B G, Zhu F L, Zhang C F, et al. Effect of trace element fertilizer on agronomic traits of the yield and quality of soybean [J]. Soybean Science, 2014,33(4): 550-553.)

[7] Haq M U, Mallarino A. Response of soybean grain oil and protein concentrations to foliar and soi fertilization [J]. Agronomy Journal, 2005, 97: 910-918.

[8] Li F S, Liang J H, Kang S Z, et al. Benefits of alternate partial rootzone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize[J]. Plant and Soil, 2007, 295:279-291.

[9] 郑淑琴. 钾对大豆生理效应及产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2001(4):1-4. (Zheng S Q. Effects of potassium on physiological effects and yield and quality of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2001(4): 1-4.)

[10] 马献发. 氮肥运筹对大豆氮素利用特性的影响[J]. 中国农学通报,2011,26(15):262-265. (Ma X F. Effects of Nitrogen application on nitrogen utilization in soybean [J]. China Agricultural Bulletin, 2011,26(15): 262-265.)