

平衡施肥对松嫩平原黑土玉米产量效益的影响

佟玉欣,李玉影,刘双全,姬景红

(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:研究了平衡施肥对松嫩平原黑土区玉米生长发育状况和产量效益的影响。结果表明:平衡施肥对双城、海伦和依安玉米生长发育及产量、效益有明显的正效应。黑龙江省黑土玉米产量限制因子依次为氮、磷、钾。与最佳施肥处理(OPT)相比,不施氮肥平均减产 23.4%,少收入 2 514 元·hm²;不施磷肥平均减产 15.9%,少收入 1 699 元·hm²;不施钾肥平均减产 16.3%,少收入 1 646 元·hm²;不施肥处理平均减产 35.3%,少收入 2 762 元·hm²;农民习惯施肥(FP)平均减产 4.9%,少收入 458 元·hm²。说明最佳施肥处理设计合理。双城氮磷钾肥农学效率分别为 23.9、48.2 和 31.5 kg·kg⁻¹;海伦氮磷钾肥农学效率分别为 11.4、16.9 和 21.7 kg·kg⁻¹;依安氮磷钾肥农学效率分别为 13.1、29.6 和 13.1 kg·kg⁻¹。从肥料农学效率方面考虑,应该在所设定的最佳处理氮钾肥的基础上适当提高磷肥和钾肥用量,以使最佳处理不断优化,达到玉米高产、优质和高效的目的。

关键词:平衡施肥;农学效率;玉米;产量

中图分类号:S155.2⁺7;S513.062

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2010)09-0134-04

我国黑土有 100~300 a 的开垦历史,大部分已开垦的黑土位于我国第二大平原——松嫩平原^[1-2]。东北黑土区是我国重要的粮食主产区,已形成 300 亿 kg 粮食生产能力和 200 亿 kg 商品粮的供应能力,是国家重要的商品粮基地^[3]。平衡施肥是当今世界作物生产中施肥技术的发展趋势,是提高作物产量的良好措施,其特点是根据作物的需肥规律、土壤的供肥特性与肥料效应,合理地利用农业资源^[4]。双城市、海伦市和依安县位于黑龙江省松嫩平原腹地,也是黑龙江省玉米主产区。然而,由于近些年来农民不科学的施肥,这些地区土壤养分供应状况已经出现不平衡现象,不但造成肥料资源的大量浪费,同时也导致玉米产量不高,品质下降。为此,根据李比希最小养分率原理,施肥效果受土壤养分限制因子的影响,设计了最佳处理(OPT),在 OPT 的基础上,做减素处理,来确定土壤养分限制因子,以使最佳处理更加合理,为黑龙江省黑土区玉米生产中养分资源合理利用与高效管理提供科学的理论依据。

1 材料与方法

采用土壤养分系统研究法(ASI 法),在开展

玉米平衡施肥具有代表性和示范作用的双城市、海伦市和依安县进行玉米试验,双城试验设在双城市农业技术推广中心试验地,土壤类型为薄层黑土。土壤 pH 7.01、有机质 22.1 g·kg⁻¹、铵态氮 7.5 mg·L⁻¹、速效磷 3.3 mg·L⁻¹、速效钾 68.2 mg·L⁻¹;依安试验设在依安县先锋乡长山村。供试土壤为黑土,地势平坦,土壤肥力中等。pH 6.23、有机质 42.9 g·kg⁻¹、铵态氮 8.5 mg·L⁻¹、速效磷 9.6 mg·L⁻¹、速效钾 71.9 mg·L⁻¹。海伦试验设在海伦市东林乡长荣村某农户玉米生产田。供试土壤为黑土,土壤肥力中等。土壤 pH 6.11、有机质 74.3 g·kg⁻¹、铵态氮 8.5 mg·L⁻¹、速效磷 50.3 mg·L⁻¹、速效钾 53.2 mg·L⁻¹。

采用田间小区试验方法,设 6 个处理,分别为 OPT(最佳处理)、O-N(减氮处理)、O-P(减磷处理)、O-K(减钾处理)、CK(不施肥对照处理)、FP(农民习惯施肥处理)。小区面积 30 m²,3 次重复,随机区组排列。氮肥用尿素(含氮 46%)、磷肥用重过磷酸钙(含 P₂O₅ 46%)、钾肥用氯化钾(含 K₂O 60%),氮肥 40%作基肥,60%作追肥,磷、钾肥料全部作基肥。前茬作物玉米。玉米品种为久龙 13,密度为 5.1 万株·hm²。2009 年 5 月 15 日播种,9 月 25 日收获。玉米成熟后每小区采 3 点,每点 2 m²,测量籽粒产量和秸秆产量(见表 1)。

收稿日期:2010-04-21

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BAD96B02), (2008BADA4B06);国际植物营养研究所资助项目(IPNI)

第一作者简介:佟玉欣(1983-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,研究实习员,从事土壤肥料与植物营养研究。E-mail:tyxin0451@126.com。

表 1 玉米平衡施肥小区试验养分用量及施肥成本

处 理	N/kg·hm ²	P ₂ O ₅ /kg·hm ²	K ₂ O/kg·hm ²	施肥成本/元·hm ²
OPT	150	52.5	75	1410
O-N	0	52.5	75	758
O-P	150	0	75	1102
O-K	150	52.5	0	1060
CK	0	0	0	0
FP	160	50	45	1260

注:尿素含 N46%,2 000 元·t⁻¹;重过磷酸钙含 P₂O₅ 46%,2 700 元·t⁻¹;氯化钾含 K₂O 60%,3 600 元·t⁻¹。

2 结果与分析

2.1 平衡施肥对玉米生长发育的影响

双城、依安、海伦地区试验结果表明,平衡施肥对玉米生长发育有明显的促进作用(见表 2)。最佳处理(OPT)与农民习惯施肥和其它减素处

理相比,玉米株高、穗长和百粒重等各项指标均有显著提高,秃尖长度降低,为玉米高产打下良好物质基础。与农民习惯施肥(FP)相比,玉米株高增高 9.8 cm;穗长增长 0.9 cm;百粒重增加 1.1 g;秃尖长度减少 0.4 cm。说明农民习惯施肥存在一定的不合理性。

表 2 不同施肥处理对玉米生长发育的影响

地点	处理	株高/cm	穗长/cm	秃尖长度/cm	百粒重/g
双城	1. OPT	266.3	22.6	1.5	28.1
	2. O-N	257.9	21.1	1.6	25.2
	3. O-P	262.8	21.2	1.7	24.7
	4. O-K	263.5	21.4	1.8	26.6
	5. CK	263.3	22.4	1.6	26.2
	6. FP	262.3	21.7	1.6	27.6
海伦	1. OPT	208.3	21.2	1.3	32.1
	2. O-N	198.2	19.9	1.9	30.0
	3. O-P	203.2	20.7	1.4	30.8
	4. O-K	205.4	20.1	1.5	28.9
	5. CK	208.1	21.3	1.0	27.6
	6. FP	197.3	19.9	2.1	31.0
依安	1. OPT	276.8	20.0	0.8	24.3
	2. O-N	256.2	18.7	1.5	20.1
	3. O-P	276.4	19.8	1.0	23.4
	4. O-K	272.4	19.8	1.0	23.1
	5. CK	258.8	17.4	1.0	18.8
	6. FP	262.4	19.7	1.2	22.8
平均	1. OPT	250.4	21.3	1.2	28.2
	2. O-N	237.4	19.9	1.7	25.1
	3. O-P	247.4	20.6	1.4	26.3
	4. O-K	247.0	20.4	1.4	26.2
	5. CK	243.4	20.4	1.2	24.2
	6. FP	240.6	20.4	1.6	27.1

2.2 平衡施肥对玉米产量及效益的影响

双城、海伦、依安试验结果表明,各减素处理和农民习惯施肥处理的玉米产量均低于最佳处理 OPT,说明最佳处理设计合理(见表 3)。与最佳施肥处理(OPT)相比,不施氮肥玉米平均减产 2 419 kg·hm⁻²,减产 23.4%,少收入 2 514 元·hm⁻²;不施磷肥平均减产 1 657 kg·hm⁻²,减产 15.9%,少收入 1 699 元·hm⁻²;不施钾肥平均减

产 1 658 kg·hm⁻²,减产 16.3%,少收入 1 646 元·hm⁻²;不施肥处理平均减产 3 393 kg·hm⁻²,减产 35.3%,少收入 2 762 元·hm⁻²;农民习惯施肥(FP)平均减产 498 kg·ha⁻¹,减产 4.9%,少收入 458 元·hm⁻²。可见,这些地区不施肥严重影响玉米产量和效益,农民习惯施肥也存在一定的不合理性,采取平衡施肥措施可以更大程度地发挥玉米的增产潜力。另外,由于 2009 年黑龙江省气

候异常,玉米种植初期干旱少雨,6~7 月份则低温多雨,光照强度弱,部分地区产生涝灾,严重影响了玉米的产量。在这种情况下 OPT 处理显示出更强的优势。

表 3 各试验点玉米产量结果比较

地点	处理	产量 /kg·hm ⁻²	减产 /kg·hm ⁻²	减产率 /%	差异显著性		效益降低 /元·hm ⁻²
					0.05	0.01	
双城	1. OPT	12640	—	—	a	A	—
	6. FP	12012	628	5.0	a	A	381
	4. O-K	10280	2360	18.7	b	B	2528
	3. O-P	10110	2530	20.0	b	B	2673
	2. O-N	9060	3580	28.3	b	B	4067
	5. CK	9840	2800	22.2	b	B	1897
海伦	1. OPT	8460	—	—	a	A	—
	6. FP	8068	392	4.6	b	AB	666
	3. O-P	7575	885	10.5	c	B	711
	4. O-K	6830	1630	19.3	d	C	1579
	2. O-N	6747	1713	20.2	d	C	1575
	5. CK	5468	2992	35.4	e	D	2258
依安	1. OPT	9078	—	—	a	A	—
	6. FP	8605	473	5.2	b	AB	326
	4. O-K	8094	985	10.8	c	B	830
	3. O-P	7523	1556	17.1	d	C	1714
	2. O-N	7115	1964	21.6	e	C	1901
	5. CK	4692	4386	48.3	g	E	4131
平均	1. OPT	10059	—	—	—	—	—
	6. FP	9562	498	4.9	—	—	458
	3. O-P	8403	1657	15.9	—	—	1699
	4. O-K	8401	1658	16.3	—	—	1646
	2. O-N	7641	2419	23.4	—	—	2514
	5. CK	6667	3393	35.3	—	—	2762

注:玉米价格 1.30 元·kg⁻¹。

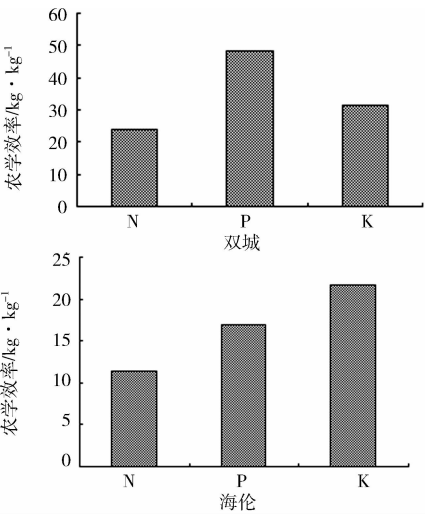
2.3 平衡施肥对玉米氮磷钾农学效率的影响

农学效率可以描述作物对肥料吸收、利用的程度。

氮农学效率/%=(施氮区作物产量-无氮区作物产量)/肥料纯养分施用量×100;磷农学效率/%=(施磷区作物产量-无磷区作物产量)/肥料纯养分施用量×100;钾农学效率/%=(施钾区作物产量-无钾区作物产量)/肥料纯养分施用量×100

双城地区试验结果表明,磷肥的农学效率最高(见图 1),为 48.2 kg·kg⁻¹;其次为钾肥的农学效率,为 31.5 kg·kg⁻¹;氮肥的农学效率最低,为 23.9 kg·kg⁻¹。海伦地区试验结果表明,钾肥的农学效率最高,为 27.1 kg·kg⁻¹;其次为磷肥的农学效率,为 16.9 kg·kg⁻¹;氮肥的农学效率最低,为 11.4 kg·kg⁻¹。依安地区试验结果表明,磷肥的农学效率最高,为 29.6 kg·kg⁻¹;钾肥和氮肥的农学效率相同,均为 13.1 kg·kg⁻¹。说明,在双城、依安黑土区,相同施肥量下,磷肥对玉米增产的贡献率最大,其次是钾肥,然后是氮肥。而在海伦地区

钾肥的贡献率最大;其中双城、依安地区氮磷钾肥的农学效率均较高,尤其是磷肥农学效率更高,主要是由于供试土壤氮磷钾均缺乏,以磷缺乏最为明显,且试验施入的磷肥也较低所致。而海伦地区钾肥农学效率最高,主要是由于海伦地区土壤



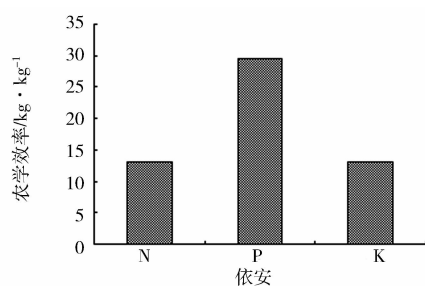


图1 双城、海伦、依安氮磷钾肥农学效率

氮磷含量较高,而钾含量相对较低所致。同时,与双城、海伦两地相比,依安地区的氮磷钾农学效率均较低,可能是由于依安地区土壤自然肥力较高造成的。

3 结论与讨论

通过对黑龙江省松嫩平原双城市、海伦市和依安县玉米主产区平衡施肥条件下,玉米产量、效益及肥料农学效率的研究,认为:平衡施肥对玉米生长发育有明显的促进作用。最佳处理(OPT)与农民习惯施肥和其它减素处理相比,玉米株高、穗长和百粒重等各项指标均有显著提高,秃尖长度降低,为玉米高产打下良好物质基础。平衡施肥可显著提高玉米产量和经济效益。以 OPT 处理玉米产量、效益最高,其它减素处理较 OPT 均有不同程度的减产、减效,说明最佳处理设计较为合理。氮、磷、钾是限制该地区玉米产量提高的养分限制因子。OPT 中磷肥农学效率最高;其次为钾肥、氮肥。

营养元素缺乏和不均衡供给会成为土壤养分限制因子和潜在限制因子,影响土壤-作物系统养分收支平衡,对作物高产、稳产构成严重威胁,应

该引起足够重视^[9-10]。该试验研究结果为:黑龙江省黑土玉米产量限制因子依次为氮、磷、钾,这与许多研究结果相一致^[5-8],为黑龙江省松嫩平原黑土地地区肥料的合理施用提供了理论依据。但由于玉米产量及肥料的利用率还受土壤类型、气候、施肥及品种等因素的影响,还有待于进一步研究。因此,应根据不同地区的具体情况,采取平衡施肥措施,尤其要注意氮磷钾肥的合理施用,使最佳施肥处理不断优化,避免肥料浪费,达到玉米高产、优质和高效的目的。

参考文献:

- [1] 孟凯,张兴义. 松嫩平原黑土退化的机理及其生态复原[J]. 土壤通报,1998,29(3):100-1022.
- [2] 衣保中. 近代以来东北平原黑土开发的生态环境代价[J]. 吉林大学社会科学学报,2003,9(5):62-68.
- [3] 魏丹,杨谦,迟凤琴. 东北黑土区土壤资源现状与存在问题[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):69-72.
- [4] Alyokhin A, Porterg, Groden E, et al. Colorado potato bee the response to soil amendments: A case in support of the mineral balance hypothesis [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 109: 234-244.
- [5] 刘恩科,赵秉强,胡昌浩,等. 长期施氮、磷、钾化肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5):789-794.
- [6] 赖丽芳,吕军峰,郭天文,等. 平衡施肥对春玉米产量和养分利用率的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(2):130-132.
- [7] 薛鸿雁,张文成,李宝玉,等. 平衡施肥对玉米产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2004(3):4-5.
- [8] 郑福丽,刘兆辉,张文君,等. 优化施用钾肥对夏玉米产量及养分平衡的影响[J]. 土壤通报, 2009, 40(4):864-866.
- [9] 孙文涛,汪仁,安景文,等. 平衡施肥技术对玉米产量影响的研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(3):109-111.
- [10] 王振华,张林. 黑龙江省松嫩平原中南部玉米生产限制因素及对策[J]. 玉米科学, 2008, 16(5):147-149.

Effect of Balanced Fertilization on Yield, Benefit of Maize in the Blackland of Songnen Plain

TONG Yu-xin, LI Yu-ying, LIU Shuang-quan, JI Jing-hong

(Soil Fertilizer and Environment Resource Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/The Key Lab of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjian, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: Experiment was conducted to evaluate the effects of balanced fertilization on yield and benefit of maize in the black soil of Songnen Plain. The results showed that balanced fertilization had a significant positive effect to maize yield and benefit of Shuangcheng and Hailun and Yi'an. Limiting factor on yield of maize in the black soil of Heilongjiang province was N P K. Compared with optimum treatment, the maize yield and profit of no nitrogen fertilization treatment were decreased by 23.4% and 2 514 yuan·hm⁻²; no phosphate fertilization treatment by 15.9% and 1 699 yuan·hm⁻²; no potassium fertilization treatment by 16.3% and 1 646 yuan·hm⁻²; no fertilization treatment by 35.5% and 2 762 yuan·hm⁻²; farmer fertilization treatment by 4.9% and 458 yuan·hm⁻². The yield and benefit of optimum treatment was better than any other treatments, it means that the design of optimum treatment was reasonable. Nitrogen, phosphate and potassium agronomic efficiency of Shuangcheng was 23.9, 48.2 and 31.5 kg·kg⁻¹ and Hailun was 11.4, 16.9 and 21.7 kg·kg⁻¹ and Yi'an was 13.1, 29.6 and 13.1 kg·kg⁻¹, respectively. Considering nutrient's balance and fertilizer utilization, the amount of phosphate and phosphate fertilizer should be improved on the basis of the amount of nitrogen fertilizer, which would make the optimum treatment more reasonable to reach maize high-yield, high-quality and efficiency.

Key words: balanced fertilization; agronomic efficiency; maize; yield