DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2010.04.014
河南农业科学

豫东平原夏玉米平衡施钾效应研究

王宜伦,李祥剑,张　许,王　瑾,赵秋芳,谭金芳*
(河南农业大学 资源与环境学院 农业部玉米区域技术创新中心,河南 郑州 450002)

摘要:为实现平衡施肥,提高豫东平原夏玉米产量,在3个试验点采用大田试验研究了土壤养分状况系统研究法(ASI)推荐平衡施钾对潮土夏玉米产量、钾素积累及钾肥效率的影响。结果表明:不同肥料配施较不施肥显著提高夏玉米产量,增产率为22.61%~49.95%,氮磷钾平衡施肥比农民习惯施肥平均增产7.06%,施用钾肥平均增产10.11%,施用硫肥没有增产效果。施用钾肥增加了植株钾素积累量,钾肥利用率、农学效率和偏生产力平均分别为33.47%、5.98kg/kg和61.22kg/kg。在豫东平原夏玉米上平衡施钾具有较好的效应,但应注意合理施用钾肥。

关键词:夏玉米;产量;平衡施肥;钾肥效率
中图分类号:S143　S513　　文献标识码:A　　文章编号:1004-3268(2010)04-0039-04

Effects of Balanced Fertilization on Summer Maize in the Eastern Plains of Henan Province

WANG Yi-lun, LI Xiang-jian, ZHANG Xu, WANG Jin, ZHAO Qiu-fang, TAN Jin-fang*
(College of Resources and Environment, Henan Agricultural University/ Regional Center for New Technology Creation of Corn of Department of Agriculture, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to achieve balanced fertilization, increase yield of summer maize in the eastern plains of Henan, three field experiments was conducted to study the effects of recommended fertilization by ASI (a systematic approach for determining soil nutrient contents) on yield of summer maize and potassium fertilizer efficiency. The results showed that fertilization can significantly increase the yield of summer maize, and the increased rate is 22.6%—49.95%. Balanced fertilization(N, P_2O_5 and K_2O) could increase grain yield significantly with a mean of 7.06% compared with famer habits fertilization. The average increase rate is 10.11% by potassium fertilizer application. But sulfur fertilizer showed no effect on yield increasing. Potassium fertilizer application could increase potassium accumulation of summer maize plant. The average recovery efficiency of applied K was 33.47%, the agronomic efficiency was 5.98 kg/kg and the partial factor productivity was 61.22kg/kg. The effect was good of potassium balanced application in the eastern plains of Henan, and the peasants should apply rationally potassium fertilizer to summer maize.

Key words: Summer maize; Yield; Balanced fertilization; Potassium fertilizer recovery rate

玉米是重要的粮、饲、经和工业原料作物,在国民经济中占有重要地位[1]。玉米是河南省第二大粮食作物[2],河南省玉米生产直接影响到国家粮食安全。豫东平原是河南省重要的农业生产基地,是黄淮海平原的典型农业代表区域[3],该区夏玉米种植广泛,但与豫北地区相比,夏玉米产量水平较低。调查表明,在该地区生产中,农民普遍重视氮肥和磷肥的施用,忽视钾肥和中微量元素肥料的施用,夏玉米

收稿日期:2009-10-18
基金项目:中国-国际植物营养研究所(IPNI)合作项目(30200108);河南省教育厅科技攻关项目(30200251)
作者简介:王宜伦(1976-),男,山东郓城人,讲师,在读博士研究生,主要从事植物营养与施肥研究。
E-mail:wangyilunrl@163.com
*通讯作者:谭金芳(1958-),男,河南内乡人,教授,博士,博士生导师,主要从事土壤与植物营养研究。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

施肥存在施肥不平衡、施肥方法和施肥时期不合理等问题。

科学施肥是玉米增产的重要措施[4]。农业科技工作者在各地区不同土壤类型上围绕夏玉米氮肥效应及平衡施肥技术等进行过较多研究[5-13]，而有关豫东平原夏玉米平衡施钾效应未见详细报道。目前豫东平原农民不合理的习惯施肥没有得到根本改变，在该区，钾素和硫素可能成为土壤养分限制因素，影响作物产量的进一步提高。针对这些问题，本试验根据土壤养分状况和目标产量，采用土壤养分状况系统研究法(ASI)推荐施肥量，研究了钾肥和硫肥对夏玉米的产量效应和钾肥效率，明确平衡施肥效应，以起到示范带动作用，并改变农民不合理的施肥习惯，推动该地区夏玉米平衡施肥。

1 材料和方法

1.1 试验地点

试验于 2008 年 6—9 月分别在河南省夏邑县业庙乡冯阁村、会亭镇焦桥村、李集镇前王村 3 个点进行，土壤类型为潮土，质地为砂壤，前茬作物为冬小麦，土壤农化性状见表 1。

表 1 供试土壤农化性状

试验地点	有机质/(g/kg)	有效氮/(mg/kg)	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	有效硫/(mg/L)
业庙乡冯阁村	17.6	82.9	19.4	91.8	0.4
会亭镇焦桥村	13.2	64.0	11.0	107.1	0.9
李集镇前王村	13.9	57.2	9.8	86.7	1.3

注：表中有效硫为 ASI 法测得，其他指标为常规方法测得

1.2 试验设计

试验设 5 个处理：CK(不施任何肥料)、OPT(氮、磷、钾肥配施，施肥量由中加合作实验室测土推荐，N 为 240 kg/hm^2，P_2O_5 为 90 kg/hm^2，K_2O 为 120 kg/hm^2，磷肥在夏玉米的 5 叶期开沟一次施入，氮、钾肥的 50%在夏玉米 5 叶期施入，50%在大喇叭口期施入，施肥方法下同)、OPT－K(氮、磷肥配施)、OPT＋S(氮、磷、钾肥和硫肥配施，施 SO_4^{2-} 量为 50 kg/hm^2，硫肥在夏玉米的 5 叶期开沟一次施入)和 FP(农民习惯施肥，施 240 kg/hm^2 复合肥(30－5－5)，拔节期一次施入)。

供试玉米品种为郑单 958，小区面积 30 m^2，3 次重复，随机区组排列。田间管理措施同当地大田生产。

1.3 样品采集与分析

土壤样品：在玉米播种前采集 0~20 cm 土壤样品，用碱解扩散法分析测定土壤碱解氮，用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 浸提－钼蓝比色法测定土壤速效磷，用 NH_4OAc 浸提－火焰光度法测定土壤速效钾，用重铬酸钾容量法－外加热法测定土壤有机质[4]，同时送中国农业科学院中加合作实验室分析测定以获得推荐施肥量。

植株样品：夏玉米收获时，每小区取 3 株，分器官擦洗净，在 105 ℃下杀青 15 min，再于 65 ℃下烘干至恒定质量，粉碎后分析植株钾含量，采用浓 H_2SO_4－H_2O_2 消煮－火焰光度计法测定植株全钾[10]。

1.4 计产与考种

收获中间 2 行夏玉米晒干称质量，作为小区产量；另取 10 穗夏玉米进行考种，调查穗长、穗粒数和百粒重等。

1.5 相关计算和统计方法

$$\text{增产率}=\frac{(\text{施肥处理产量}-\text{不施肥处理产量})}{\text{不施肥处理产量}}\times 100\%,$$

穗位叶面积＝长×宽×0.75，

钾素积累量＝非收获物干质量×非收获物钾素含量＋收获物干质量×收获物钾素含量，

$$\text{钾肥利用率}=\frac{(\text{施肥植株钾素积累量}-\text{不施肥植株钾素积累量})}{\text{钾肥施用量}}\times 100\%,$$

钾肥农学效率＝施钾肥玉米增产量/施钾肥量，

钾肥偏生产力＝玉米经济产量/施钾肥量。

采用 Excel 和 DPS 软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对夏玉米产量及构成因子的影响

从表 2 可以看出，3 个试验点的夏玉米产量，各施肥处理显著高于 CK 处理，增产率为 22.61%~49.95%。冯阁村 OPT 处理比 FP 处理增产 7.45%，比 OPT－K 处理增产 12.56%；焦桥村 OPT 处理比 FP 处理增产 1.40%，比 OPT－K 处理增产 13.76%；前王村 OPT 处理比 FP 处理增产 12.32%，比 OPT－K 处理增产 4.01%。3 点氮磷钾平衡施肥(OPT)比农民习惯施肥(FP)平均增产 7.06%，施用钾肥平均增产 10.11%。冯阁村、焦桥村、前王村 3 个试验点的 OPT＋S 处理分别较 OPT 处理增产－1.79%、1.38%和－13.05%，表现出负效应，说明施用硫肥没有增产效果。从 3 个试验点情况看，焦桥村的产量最高，其次是冯阁村，前王村由于地势低洼，生育期间雨水长时间聚积影响了玉米的生长发育，导致产量最低。可见，在该地区施用化肥能显著增加夏玉米产量，该地区平衡施用钾肥具有明显的增产效果，农业生产中应注意施用钾肥。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2还表明，施肥主要影响夏玉米的穗粒数，不同试验地由于基础肥力的差异，百粒重相差较大。焦桥村的穗粒数和百粒重普遍高于其他两地，与产量水平相一致。

表2 不同施肥处理对夏玉米产量及其构成因子的影响

试验地点	处理	穗粒数/个	百粒重/g	平均产量/(kg/hm²)	相对OPT产量/%	较CK增产/%
业庙乡冯阁村	OPT	537.77a	29.79a	7540.83a	100	45.49
	OPT－K	486.56b	29.11a	6699.10b	88.84	29.25
	OPT＋S	517.14a	29.62a	7406.15a	98.21	42.89
	FP	505.16ab	30.72a	7018.23ab	93.07	35.40
	CK	417.17c	28.12ab	5183.20c	68.74	—
会亭镇焦桥村	OPT	538.97a	32.24a	9143.25a	100	47.91
	OPT－K	482.49b	31.82ab	8037.30b	87.90	30.02
	OPT＋S	543.06a	33.38a	9269.18a	101.38	49.95
	FP	480.67b	32.28a	9017.33a	98.62	45.88
	CK	394.32c	29.19b	6181.28c	67.60	—
李集镇前王村	OPT	488.37a	27.17a	5355.27a	100	41.01
	OPT－K	491.38a	26.75a	5149.05a	96.15	35.58
	OPT＋S	446.03b	27.77a	4656.20b	86.95	22.61
	FP	439.25b	25.69a	4767.80b	89.03	25.55
	CK	338.49c	22.65b	3797.67c	70.91	—

2.2 不同施肥处理对夏玉米农艺性状的影响

功能叶面积、株高、茎粗等农艺性状是夏玉米生长发育的基础，农艺性状的好坏直接影响玉米的产量。从表3可以看出，各施肥处理对夏玉米的穗位叶面积影响较大，OPT、OPT－K、OPT＋S和FP处理的穗位叶面积比CK分别平均增加了10.87%、12.24%、12.54%和10.29%。冯阁村和焦桥村2个点的施肥处理对夏玉米的株高影响较大，施肥处理比CK的株高分别增加了8.62%～13.98%、12.18%～15.53%；由于受渍水的影响，前王村夏玉米株高差异不大。茎粗、穗长和穗粗均与叶面积和株高表现出相同的规律。

表3 不同施肥处理对夏玉米农艺性状的影响

试验地点	处理	穗位叶面积/cm²	株高/cm	茎粗/cm	穗长/cm	穗粗/cm
业庙乡冯阁村	OPT	603.68	228.6	6.64	15.34	15.01
	OPT－K	598.67	226.8	6.90	15.22	15.10
	OPT＋S	564.17	232.1	7.40	15.25	15.00
	FP	585.50	238.0	7.70	15.92	15.50
	CK	555.27	208.8	6.22	13.53	14.18
会亭镇焦桥村	OPT	605.60	237.2	5.80	16.43	15.79
	OPT－K	611.86	241.0	5.74	15.48	15.30
	OPT＋S	596.12	235.1	6.12	16.54	15.57
	FP	600.13	234.0	5.44	15.59	15.29
	CK	525.86	208.6	5.38	13.43	14.60
李集镇前王村	OPT	603.68	216.8	6.28	15.48	14.17
	OPT－K	598.67	216.4	6.24	15.25	14.05
	OPT＋S	564.17	212.1	6.02	14.42	14.03
	FP	541.87	211.4	5.37	13.82	13.05
	CK	555.27	210.9	5.09	11.17	14.31

2.3 夏玉米钾素积累量及钾肥效率

表4表明，冯阁村、焦桥村和前王村OPT处理钾素积累量比OPT－K处理分别增加了21.96%、21.73%和34.16%，焦桥村夏玉米植株钾素积累量最高，其次是冯阁村，与产量水平一致。可见，施用钾肥能提高夏玉米植株钾素积累量，有利于夏玉米的生长发育及产量形成。

肥料利用率、农学效率和肥料偏生产力等参数通常用来表示钾肥效率。本试验中，钾肥利用率平均为33.47%，钾肥农学效率平均为5.98kg/kg，钾肥偏生产力平均为61.22kg/kg。焦桥村钾肥农学效率相对较高，而前王村的积水影响玉米生长发育和产量，肥料效应没有得到充分发挥，钾肥偏生产力和农学效率最低。

表4 夏玉米钾素积累量与钾肥效率

试验地点	OPT钾积累量/(kg/hm²)	OPT－K钾积累量/(kg/hm²)	钾肥当季回收率/%	钾肥农学效率/(kg/kg)	钾肥偏生产力/(kg/kg)
业庙乡冯阁村	195.25	160.09	29.29	7.01	62.84
会亭镇焦桥村	231.15	189.88	34.39	9.22	76.19
李集镇前王村	173.03	128.97	36.72	1.72	44.63

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 小结与讨论

试验表明，在豫东平原潮土区，不同肥料配施能增加夏玉米穗位叶面积、株高、茎粗等，氮磷钾平衡施肥能显著提高夏玉米产量，采用 ASI 法推荐施肥比农民习惯施肥平均增产 7.06%，施钾平均增产 10.11%，因此，在该区应注意宣传和推广施用钾肥。

笔者曾在豫中潮土上研究了不同钾肥用量对夏玉米的增产效应，每千克 K_2O 增产 7.09 kg 夏玉米，钾肥利用率为 37.26%[15]，与张翔等[16]在郑州潮土区和驻马店砂姜黑土区研究的钾肥农学效率和当季回收率基本一致。本试验条件下钾肥利用率亦较低，平均仅为 33.47%，钾肥农学效率为 5.98 kg/kg，钾肥偏生产力为 61.22 kg/kg，与张福锁等[17]报道的钾肥效率（农学效率为 5.7kg/kg、钾肥利用率为 31.9%、钾肥偏生产力为 64.7 kg/kg）基本一致，如何进一步提高钾肥利用效率有待于深入研究。

施硫肥处理在 3 个试验点均没有表现出增产效果，而 ASI 法推荐施肥配方中显示土壤中硫素含量极低，与预期结果不符，有待于检验测试方法或试验验证。

参考文献：

[1] 董树亭，张吉旺. 建立玉米现代产业技术体系，加快玉米生产发展[J]. 玉米科学，2008，16(4)：18-20，25.

[2] 赵霞. 河南省玉米栽培研究进展[J]. 河南农业科学，2009(9)：53-56.

[3] 武继承，龚子同，郑惠玲，等. 豫东平原不同利用方式土壤养分特征[J]. 河南农业科学，2001(8)：25-28.

[4] 陆景陵. 植物营养学[M]. 2 版. 北京：中国农业大学出版社，2003：1-3.

[5] 李丙奇，孙克刚，和爱玲，等. 潮土区氮肥不同基追比和种类对玉米产量和氮肥利用率的影响[J]. 河南农业科学，2009(10)：83-85.

[6] 易镇邪，王璞，张红芳，等. 氮肥类型与施用量对夏玉米生长发育及氮肥利用的影响[J]. 华北农学报，2006，21(1)：115-120.

[7] 夏来坤，陶洪斌，朱金城，等. 施氮时期对夏玉米碳氮运转及氮肥利用的影响[J]. 华北农学报，2009，24(3)：208-211.

[8] 郑惠玲，姬变英，武继承，等. 氮肥分期施用对夏玉米生长发育和产量的影响[J]. 河南农业科学，2007(10)：67-69.

[9] 韩宝文，秦文利，李春杰，等. 平衡施肥对夏玉米的增产效果研究[J]. 河北农业科学，2005，9(3)：49-51.

[10] 陈祥，同延安，杨倩. 氮磷钾平衡施肥对夏玉米产量及养分吸收和累积的影响[J]. 中国土壤与肥料，2008(6)：19-22.

[11] 邢月华，韩晓日，汪仁，等. 平衡施肥对玉米养分吸收、产量及效益的影响[J]. 中国土壤与肥料，2009(2)：27-29.

[12] 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.

[13] 张德平，古雁滨，尹迪信，等. 平衡施肥在玉米生产中的增产效果[J]. 贵州农业科学，2004，32(1)：58-59.

[14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京：中国农业出版社，2000：30-33，56-57，81-83，106-107.

[15] 王宜伦，谭金芳，韩燕来，等. 不同施钾量对潮土夏玉米产量、钾素积累及钾肥效率的影响[J]. 西南农业学报，2009，22(1)：110-113.

[16] 张翔，毛家伟，王守刚，等. 河南主要土类玉米小麦轮作制下施用钾肥效应研究[J]. 中国土壤与肥料，2009(1)：20-22.

[17] 张福锁，王激清，张卫峰，等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报，2008，45(5)：915-924.

（上接第 27 页） 到目前为止，还没有发现高效或简单易行的有效防治措施，给棉花生产造成巨大损失，植棉成本显著提高，严重挫伤了棉农的植棉积极性，近 2 年我国黄河流域棉区和长江流域棉区的棉花面积较大幅度下降，明显影响了我国棉花产业的稳定。

在少数黄萎病轻发生年份，麦后移栽棉花由于晚播可能比麦棉套种减产 10%左右。但是在河南省南阳市的多数年份，黄萎病属于中度发生或重度发生，麦后移栽棉花由于晚播种、晚移栽，避开了棉花黄萎病、枯萎病的适发期。汇总多年的调查结果，麦后移栽田的棉花黄萎病都表现为轻度发生至不发生，也不早衰，棉花产量比较稳定。笔者从 2000 年开始，用标杂 A_1 杂交棉在长江流域棉区的南阳市进行麦棉套种与麦后移栽的试验示范，2008 年开始在黄河流域棉区的周口市和商丘市进行麦后移栽试验示范，从小麦及棉花产量、用工、机械化管理、防病等多方面比较，麦后移栽比麦棉套种增加效益 4500 元/hm^2 左右。说明棉花麦后移栽既是预防棉花枯黄萎病的有效措施，也是有效解决粮棉争地矛盾，保证我国粮食总产稳定，发展高效农业的有效措施，是长江流域棉区南襄亚区和黄河流域棉区南部麦棉套作区有推广价值的轻简化实用技术。

3.2 棉花麦后移栽的技术要点

麦后移栽棉花应选择比当地麦棉套种品种生育期短 7～10d，生育进程快，增产潜力大的抗虫杂交棉品种，以避免霜后花比例过高。栽培管理上力争一个“早”字，保证栽早茬、促早发、坐早桃、争早熟，使最佳结铃期与当地光能富照期同步，在有限的开花结铃期内多结桃、结大桃、创高产。科学施肥，普施基肥，早施发棵肥，重施花铃肥，补施盖顶肥。注意棉盲蝽等病虫害防治和合理化控。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net