

钾肥对棉花产量的影响及最佳施用量研究

范希峰¹, 王汉霞², 田晓莉^{1*}, 段留生¹, 王保民¹, 何钟佩¹, 李召虎¹

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 山东莱阳农学院, 莱阳 265200)

摘要:为了明确钾肥对黄淮海地区抗虫棉和常规棉的产量及其构成因素的影响以及该地区的最佳钾肥施用量,在山东省夏津县、河北省吴桥县进行了大田试验。结果表明,钾肥可以显著提高棉花产量,吴桥和夏津的增产幅度分别达到 20.4%、6.4%;钾肥主要增加上部(≥ 10)果枝和外围节位(≥ 3 节位)的成铃数和铃重;转基因抗虫棉品种和常规品种对钾肥的反应在本试验条件下没有显著差异。当土壤速效钾含量为 100~130 mg·kg⁻¹时,黄淮海地区棉田比较适宜的氯化钾施用量为 150 kg·hm⁻²左右。

关键词:棉花;转基因抗虫棉;钾肥;产量

中图分类号:S562.06 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2006)03-0175-05

Effects of Potassium on Yield of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Optimal Quantity of Potassium in Huanghuaihai Plain, China

FAN Xi-feng¹, WANG Han-xia², TIAN Xiao-li^{1*}, DUAN Liu-sheng¹, WANG Bao-min¹, HE Zhong-pei¹, LI Zhao-hu¹

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Laiyang Agricultural College, Laiyang, Shandong Province 265200, China)

Abstract: Recently, premature senescence caused by potassium deficiency has become an important problem in cotton production throughout the Huanghuaihai Plain, China. Therefore, field experiments were conducted in Wuqiao, Hebei Province and Xiajin, Shandong Province in 2004. These were carried out to investigate the effects of K fertilizers on yield and yield components of transgenic insect-resistant cotton and conventional cotton. The content of exchangeable potassium in the soil of Wuqiao and Xiajin were 100 and 130 mg·kg⁻¹, respectively. The varieties of transgenic insect-resistant cotton used in Wuqiao included DP99B, Jimian668, CCRI 41 and Handan284, in Xiajin included DP99B, Jimian668, Lumianyan21 and Lumianyan22. The varieties of conventional cotton used at the two sites were all CCRI 12 and CCRI 35. By applying 600 kg·hm⁻² KCl before sowing, the results showed that seed cotton yield averaged across all varieties was increased 20.4% and 6.4% in Wuqiao site and Xiajin site respectively. The number and weight of bolls located in the top sympodial branches (≥ 10) and the outer nodes (≥ 3) were enhanced by potassium fertilizer more greatly than those located in the bottom (1~5) and medium (6~10) sympodial branches and inner nodes (1~2). It's noteworthy that there weren't any significant differences between transgenic insect-resistant cotton varieties and conventional cotton varieties in their sensitivity to potassium fertilizer under conditions of this research. Because the content of exchangeable potassium in the soil of the two sites exceeded 90 mg·kg⁻¹, the lowest value of potassium supply normally in general soil, there was a need to study further the sensitivity to potassium fertilizer of transgenic insect-resistant cotton varieties under potassium deficiency conditions. Furthermore, this research screened the optimal quantity of potassium fertilizer in Huang-

收稿日期:2005-07-13 作者简介:范希峰(1979-),男,在读硕士;*通讯作者,tian_xiaoli@163.com

基金项目:国家自然科学基金(30100111)

huaihai Plain, and found that applying $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ KCl could get a great benefit while the exchangeable potassium in soil was $100 \sim 130 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Key words: cotton; transgenic insect-resistant cotton; K fertilizers; yield

棉花属于喜钾作物,适宜的钾营养是其高产、优质的保证。大量研究证明,棉花在进入大量结铃期后,如果土壤速效钾供应不足或根系的吸收功能急剧衰退,均会导致产量和纤维品质的下降^[1-2],敏感型品种的减产幅度达 $29\% \sim 35\%$,主要由成铃率降低所致^[3]。增施钾肥可以显著提高棉花产量、改善纤维品质^[1,3-5],但关于钾肥对不同部位棉铃的影响报道不多。

近年来,随着转基因抗虫棉种植面积的不间断扩大,生产上因缺钾而导致的早衰已成为影响我国棉花产量的主要限制因素之一^[6-9]。因此,急需加强棉花的钾素营养和钾肥施用研究。试验于2004年在黄淮海棉区的山东省夏津县和河北省吴桥县研究了钾肥对转基因抗虫棉和常规棉的产量及其构成因素的影响,比较了抗虫棉和常规棉对钾肥的敏感性,并初步探索了两地棉花的最佳钾肥施用量,以期判明当前棉花生产中日益突出的早衰问题是否与抗虫棉的推广有关,同时为当前棉花生产中的钾肥施用提供试验依据。

1 材料和方法

试验在山东省夏津县、河北省吴桥县进行。吴桥和夏津两地试验田均为轻壤土,速效钾含量分别为 100 和 $130 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。吴桥试验地播种前施磷酸氢二铵 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 作底肥,花铃期追施尿素 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;夏津试验地施磷酸氢二铵 $375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、鸡粪 $30 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 作底肥,花铃期追施尿素 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。其它管理措施同当地。小区为6行区,行长 10 m ,面积 45 m^2 ,大小行种植,大行 1 m ,小行 0.5 m ,种植密度为 $6 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表1 钾肥对吴桥、夏津两地棉花产量及产量构成因素的影响

Table 1 Potassium effects on yield and yield components of cotton in Wuqiao and Xiajin

地点	处理 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	产量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	株铃数 /个	铃重 /g	饱满种子数 /($\text{g} \cdot \text{铃}^{-1}$)	纤维重 /($\text{g} \cdot \text{铃}^{-1}$)	衣分 /%
吴桥	0	2981.49	12.33	4.23	24.19	1.59	37.51
	600	3588.46	15.98	4.43	24.75	1.69	38.20
	LSD(0.05)	324.61	1.19	0.07	0.39	0.03	0.24
夏津	0	2819.19	13.54	4.57	25.36	1.78	38.97
	600	2999.28	17.07	4.67	25.99	1.84	39.52
	LSD(0.05)	140.07	1.15	0.63	0.46	0.03	0.20

1.1 钾肥对棉花产量及产量构成因素的影响

钾肥处理为每公顷施 600 kg 氯化钾,以不施钾肥为对照。吴桥供试品种为转基因抗虫棉新棉99B、冀棉668、中棉所41、邯鄹284和常规棉中棉所12、中棉所35,夏津供试品种为转基因抗虫棉新棉99B、冀棉668、鲁棉研21、鲁棉研22和常规棉中棉所12、中棉所35。试验采用裂区设计,钾肥处理为主区,品种为副区,各品种在主区内随机排列,每处理重复4次。

1.2 最佳钾肥施用量试验

钾肥(氯化钾)处理设 $0, 150, 300, 450, 600, 750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 5个水平,吴桥、夏津两地的供试品种均为转基因抗虫棉新棉99B和冀棉668,试验采用完全随机区组设计,每处理重复4次。

两个试验均于吐絮前在各小区随机选取10棵棉株,按株号、果枝和节位进行编号,收获后称铃重,用皮辊轧花机轧花后称纤维重、数饱满种子数。

各小区单独收获,经校正后(加上取样株产量)计小区实产。所有数据用sas. 8.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 钾肥对棉花产量及产量构成因素的影响

从表1可以看出,每公顷施用 600 kg 氯化钾后,吴桥、夏津两地的棉花产量较对照分别增加了 20.4% 和 6.4% ,且均达到差异显著水平。两试验点的铃数、铃重和衣分均显著提高,其中吴桥试验点的提高幅度分别为 29.6% 、 4.7% 和 1.8% ,夏津试验点的提高幅度分别为 26.1% 、 2.2% 和 1.4% 。两地的饱满种子数分别增加 2.3% 和 2.5% ,这是铃重提高的重要原因。

2.2 钾肥对棉花不同部位果枝产量构成因素的影响

表 2 数据表明,吴桥、夏津两地施用钾肥以后,棉花上(≥ 10 果枝)、中(6~10 果枝)、下部(1~5 果枝)果枝的产量构成因素均有不同程度的提高,其中下部和中部果枝上的铃数稍有增加,但未达到显著水平,而上部果枝的铃数增加了 30% 以上,且达到了显著水平。

吴桥试验点施钾处理各部位果枝上的铃重均

显著提高,提高幅度分别为 6.81%、6.57% 和 15.69%;夏津试验点仅上部果枝的铃重显著增加,幅度为 13.42%,下部和中部未达到显著水平。

除夏津试验点的下部果枝外,施钾处理各部位果枝棉铃的衣分均显著增加。吴桥试验点下、中、上部果枝上棉铃的衣分分别增加了 1.39%、1.58% 和 1.58%,夏津试验点分别增加了 0.57%、1.69% 和 2.90%。

表 2 钾肥对不同部位果枝铃数、铃重和衣分的影响

Table 2 Potassium effects on number of bolls, boll weight and lint percentage of different branches

项目	处理 /(kg·hm ²)	吴桥			夏津		
		下部	中部	上部	下部	中部	上部
单株铃数	0	15.25	12.19	3.56	16.58	11.32	2.97
	600	16.14	12.28	4.74	17.56	11.36	4.02
	LSD(0.05)	NS*	NS	1.12	NS	NS	0.78
铃重 /g	0	4.26	4.11	3.57	4.34	4.93	4.32
	600	4.55	4.38	4.13	4.38	5.00	4.90
	LSD(0.05)	0.13	0.16	0.37	NS	NS	0.32
衣分 /%	0	37.39	37.90	37.46	38.65	39.60	38.92
	600	37.91	38.50	38.05	38.87	40.27	40.05
	LSD(0.05)	0.45	0.60	0.31	NS	0.38	0.96

NS*, 在 0.05 水平上差异不显著。

2.3 钾肥对棉花不同部位果节产量构成因素的影响

由表 3 可以看出,施钾处理对外围铃的影响大于内围铃,如两试验点第 1、2 果节的铃数、铃重和衣分与不施钾的对照相比虽有增加,但均未达到显著水平(吴桥试验点第 2 果节的铃重除外),

而第 3 及以上果节的各项产量构成因素显著增加,且提高幅度较大。吴桥试验点第 3 及以上果节的铃数、铃重和衣分分别增加了 26.17%、10.00% 和 3.24%,夏津试验点的增加幅度分别为 35.41%、5.72% 和 3.36%。

表 3 钾肥对不同节位铃数、铃重和衣分的影响

Table 3 Potassium effects on number of bolls, boll weight and lint percentage of different fruiting position

项目	处理 /(kg·hm ²)	吴桥			夏津		
		1 节	2 节	≥ 3 节	1 节	2 节	≥ 3 节
株铃/个	0	6.22	4.81	3.00	7.70	5.06	1.96
	600	6.34	4.97	3.78	8.30	5.07	2.65
	LSD(0.05)	NS*	NS	0.58	NS	NS	0.59
铃重 /g	0	4.69	4.02	3.50	4.88	4.34	4.02
	600	4.96	4.27	3.85	4.92	4.43	4.25
	LSD(0.05)	NS	0.21	0.35	NS	NS	0.24
衣分 /%	0	37.80	37.71	37.32	38.85	39.25	39.03
	600	38.05	38.18	38.53	39.10	39.49	40.34
	LSD(0.05)	NS	NS	1.02	NS	NS	1.08

NS*, 在 0.05 水平上差异不显著。

2.4 不同品种对施用钾肥的反应

有报道指出,目前棉花生产上后期早衰问题愈来愈严重与转基因抗虫棉的推广普及有关^[10-11]。本试验结果表明(表4),虽然吴桥和夏津两试验点个别参试品种的铃数、铃重和衣分在施用钾肥后增加不显著,但所有参试品种的产量均显著提高。从表4还可看出,同一试验点各参试品种的增产幅度不同,而且相同品种在不同地点的增产幅度也有差异,如吴桥试验点常规棉中棉所12和中棉所35在施钾后的增产幅度大于转基因抗虫棉新棉99B和

冀棉668,而夏津试验点的结果相反。但统计分析结果表明,各参试品种对钾肥的敏感程度(施钾后产量及其构成因素的提高幅度)没有显著性差异,两试验点的结果一致。

2.5 最佳钾肥施用量的筛选

从表5可以看出,吴桥、夏津两试验点不同水平的施钾处理均显著提高了棉花的产量及其构成因素,虽然随着钾肥用量的增加提高幅度有逐渐增加的趋势,但是不同水平钾肥处理之间的差异未达到显著水平。

表4 施用钾肥后不同品种产量及产量构成因素的增加率

地点	品种	产量	铃数	铃重	饱满种子数	纤维重	衣分
吴桥	邯鄹284	19.40*	16.83*	6.81*	5.90*	9.54*	4.57*
	冀棉668	9.74*	19.95*	1.98	1.08	2.01	0.64
	99B	7.48*	20.08*	8.14*	4.48*	9.12*	1.40*
	中棉所12	35.72*	38.71*	5.73*	3.33*	9.33*	6.29*
	中棉所35	36.77*	23.98*	1.07	2.78*	1.68	1.77*
	中棉所41	10.12*	49.18*	5.06*	1.72	4.91*	1.95*
	LSD(0.05)	NS*	NS	NS	NS	NS	NS
夏津	99B	9.42*	49.20*	4.40*	4.63*	6.21*	0.30
	冀棉668	8.94*	44.79*	4.67*	2.09*	6.75*	1.61*
	鲁棉研21	9.32*	11.83*	0.42	1.60*	1.98	1.39*
	鲁棉研22	6.48*	12.16*	2.52*	0.79	2.82*	0.15
	中棉所12	1.51*	16.68*	2.92*	2.59*	5.68*	2.37*
	中棉所35	0.32*	12.14	1.29*	3.98*	4.71*	0.80*
	LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

, 在0.05水平上同一品种不同钾肥处理间差异显著;NS, 在0.05水平上品种间差异不显著。

表5 不同钾肥施用量对吴桥、夏津两地棉花产量及产量构成因素的影响

处理 /(kg·hm ²)	吴桥				夏津			
	产量 /(kg·hm ²)	株铃/个	铃重/g	衣分/%	小区产量 /(kg·hm ²)	株铃/个	铃重/g	衣分/%
0	2791.40	14.72	3.97	38.09	3355.01	18.67	4.03	37.55
150	3506.75	17.28	4.28	39.08	3746.87	20.64	4.20	37.86
300	3785.23	18.17	4.22	38.31	3998.67	26.07	4.26	37.81
450	3791.90	18.37	4.31	38.12	3776.89	22.58	4.36	37.89
600	3600.13	17.63	4.36	39.29	3725.20	21.08	4.29	38.06
750	4010.34	17.77	4.14	38.34	3903.62	25.82	4.25	38.01
LSD(0.05)	570.29	1.91	0.13	0.40	323.50	1.87	0.16	NS*

NS*, 在0.05水平上差异不显著。

3 讨论

吴桥和夏津两试验点的结果均表明,钾肥对棉花铃数的影响最大(表1~3),其次是铃重,对衣分的影响最小。两试验点各产量构成因素的增加幅度基本相当,但产量增加的幅度却相差较大(表1),这主要是由于产量构成因素来自于各小

区10棵标记棉株的考种结果,而产量则为各小区的实际收获产量,二者之间存在取样误差。

本文通过对不同部位棉铃的分析,明确了钾肥对上部果枝(≥10果枝)棉铃的影响大于中、下部,对外围铃的影响大于内围铃,这一结果对棉花的钾营养研究是一个有益的补充。究其原因,是因为棉株进入盛花期以后如果处于缺钾状态,则

上部功能叶及外围铃果枝叶的叶面积系数下降^[12],且其合成的碳水化合物不能及时运往棉铃,导致上位铃和外围铃的铃数减少、铃重降低^[13],而施用适量的钾肥可以解决这一问题。

不同棉花品种对钾肥的反应是否存在差异尚未得到一致的结论。Cassman 等^[3]曾指出,不同棉花品种对钾肥的反应存在差异,敏感型品种对钾肥的反应比不敏感型品种大得多,生长后期缺钾可使敏感型品种减产 29%~35%;不同品种对钾肥的需求量也不同,施用钾肥后品种间的产量差距变小^[5]。但 Pettigrew 等^[2]的试验结果表明,不同品种对缺钾的反应相似,熟性不同的品种对钾的反应没有差异^[1]。本试验在河北省吴桥县和山东省夏津县各选用了 4 个抗虫棉品种和 2 个常规棉品种,结果发现两个地点所有参试的转基因抗虫棉品种和常规棉品种在施用钾肥后的产量均显著提高,但品种间产量提高幅度的差异并不显著,说明在本试验条件下(土壤速效钾 > 90 mg · kg⁻¹,不属于缺钾土壤)转基因抗虫棉对钾肥的敏感性与常规棉相当。已有的报道认为,转基因抗虫棉对缺钾比较敏感,需要增施钾肥^[14-17]。因此,目前棉花生产上因缺钾而导致的后期易早衰问题与转基因抗虫棉推广之间的关系尚需进一步研究,尤其需要在土壤缺钾条件下进行深入研究。

关于棉田钾肥用量的研究结果具有地区差异性,如河南省中低产棉区的土壤速效钾含量为 84~110 mg · kg⁻¹,每公顷施 K₂O 75~150 kg 对棉花有显著的增产作用,纤维品质也得到明显的改善^[18];江苏省南通市一般缺钾地区以每公顷施 375 kg 氯化钾为宜,严重缺钾地区每公顷施 487.5 kg 氯化钾效果较好^[19];通州市棉田速效钾含量约为 70 mg · kg⁻¹,每公顷施 180 kg 氯化钾经济效益最高^[20]。本试验结果表明,在黄淮海地区当土壤速效钾含量为 100~130 mg · kg⁻¹时,每公顷施用 150 kg 氯化钾(做底肥)就可以达到理想的增产效果。

由于棉花生产的缺钾问题逐渐突出,可以预见关于棉花钾营养的研究将会不断加强,本试验在此方面进行了初步的探讨,虽然取得了有意义的结果,但还需要进行系统的深入研究。

参考文献:

- [1] PETTIGREW W T, Heitholt J J, Meredith W R. Genotypic interactions with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88: 89-93.
- [2] PETTIGREW W T. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton[J]. *Agronomy Journal*, 2003, 95: 1323-1329.
- [3] CASSMAN K G, Kerbu T A, Roberts B A, et al. Differential response to two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium[J]. *Agronomy Journal*, 1989, 81: 870-876.
- [4] MULLINS G L, Burmester C H, Reeves D W. Cotton response to in-row subsoiling and potassium fertilizer placement in Alabama [J]. *Soil & Tillage Research*, 1997, 40: 145-154.
- [5] CASSMAN K G, Kerbu T A, Roberts B A, et al. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of Acala cotton[J]. *Crop Science*, 1990, 30: 672-677.
- [6] 周青,周桂生,封超年,等. 氮磷钾配比对转基因抗虫棉生育特性、产量及品质的影响[J]. *棉花学报*, 2005, 17(4): 253-255.
- [7] 姜存仓,王运华,鲁剑巍,等. 不同棉花品种苗期钾效率差异的初步探讨[J]. *棉花学报*, 2004, 16(3): 162-165.
- [8] 张志勇,王刚卫,田晓莉,等. 棉花钾吸收动力学的初步研究和应用[J]. *棉花学报*, 2005, 17(3): 165-170.
- [9] 田晓莉,杨培珠,王保民,等. 转 Bt 基因抗虫棉源器官的建成及其功能[J]. *棉花学报*, 2003, 15(2): 91-96.
- [10] 沙安勤,王宝银,屠美英,等. 2002 年兴化市棉花大面积早衰原因及防治措施[J]. *中国棉花*, 2003, (9): 38-39.
- [11] 王振华,陈汝涌,尹洪俊. 滨州市预防棉花早衰的几项措施[J]. *中国棉花*, 2002, (10): 43.
- [12] PETTIGREW W T, Meredith W R. Dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by potassium fertilization[J]. *Plant Nutrition*, 1997, 20: 531-548.
- [13] PETTIGREW W T. Potassium deficiency increase specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton [J]. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 962-968.
- [14] 张战备,段国琪,王晓民,等. 棉花品种和土壤营养对红叶茎枯病影响的研究[J]. *中国棉花*, 2005, 32(1): 13-14.
- [15] 于凤铃,秦新敏,蒋晓茹,等. 美国保铃抗虫棉 33B 的生育特点及栽培技术要点[J]. *中国棉花*, 1999, 26(8): 42-43.
- [16] 李燕娥,陈志贤. 转基因棉晋棉 26 号简介[J]. *中国棉花*, 1999, 26(10): 25.
- [17] 张宏东,孔祥陆. 抗虫棉新品系 GK-12[J]. *河北农业科技*, 1999(3): 13.
- [18] 张学斌,汪立刚,王继印,等. 河南省中低产棉区施用钾肥的效果研究[J]. *中国棉花*, 2001, 29(4): 7-9.
- [19] 彭泽兵. 移栽地膜棉钾肥不同用量试验研究[J]. *上海农业科技*, 2001(6): 42-43.
- [20] 陈小梅. 棉花不同钾肥施用量与效果试验[J]. *上海农业科技*, 2002(4): 40-41. ●