

不同钾肥用量对长绒棉养分吸收、分配和利用的影响

高媛^{1,2}, 张炎^{1*}, 胡伟¹, 姚银坤^{1,2}, 汤明尧^{1,2}, 祁永春³, 曾雄³

(1. 新疆农业科学院土壤肥料研究所, 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业大学资源环境学院, 乌鲁木齐 830052; 3. 新疆阿瓦提县农业技术推广中心土肥站, 阿克苏 843200)

摘要: 新疆长绒棉高产区, 不同钾肥处理下长绒棉氮、磷、钾的吸收符合 Logistic 生长函数模型。各处理棉花钾素的吸收集集中在出苗后的 60~110 d 内, 在这 50 d 左右时间内吸收钾的量占生育期总吸收量的近 60%。在一定范围内增加钾肥的用量可以促进棉株对氮、磷养分的吸收。棉株对氮、磷、钾的吸收速率均呈一单峰曲线, 钾素吸收速率在出苗后 80~85 d 达到速率最大值; 氮素的吸收速率明显高于钾和磷素吸收速率; 与氮、钾不同的是, 磷吸收峰相对平缓, 施用钾肥对磷素吸收速率没有明显影响。吐絮期棉铃中的钾、氮、磷素随施钾量的增加在一定范围内均有所增加, 施钾对棉铃的生长发育有一定的影响。氮素分配总体规律和钾素分配一致, 施用钾肥对长绒棉磷素各器官的分配影响不大。合理施用钾肥, 可以显著提高长绒棉的皮棉产量, 明显促进棉株对氮、磷养分的吸收, 过量施用钾肥会降低钾肥的利用效率。

关键词: 钾肥; 长绒棉; 养分吸收; 养分分配; 养分利用

中图分类号: S562.01 文献标识码: A

文章编号: 1002-7807(2009)01-0039-07

Effect on the Nutrient Absorption, Assignment and Efficiency of Different Potassium Fertilizer in Sea-island Cotton

GAO Yuan^{1,2}, ZHANG Yan^{1*}, HU Wei¹, YAO Yin-kun^{1,2}, TANG Ming-yao, QI Yong-chun³, ZENG Xiong³

(1. Institute of Soil and Fertilizer, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. Natural Resource and Environment College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 3. Soil and Fertilizer Station of Agricultural Technical Center of Awati County in Xinjiang, Akesu, Xinjiang 843200, China)

Abstract: In the sea-island cotton prolific of the south of Xinjiang, the N, P₂O₅ and K₂O absorption of this kind of cotton varieties could be simulated by the Logistic growth function model in different rates of potassium fertilizer. Most of K₂O was absorbed in 60~110 d after seedling. The K₂O absorption in the first 50 d accounted for 60% of total. The N and P₂O₅ absorption could be increased by using potassium in certain scope. The N, P₂O₅ and K₂O absorption accorded with a unimodal curve. The speed of K₂O absorption got maximum value in 80~85 d after seedling. The speed of N absorption was significantly higher than that of P₂O₅ and K₂O. The absorption peak of P₂O₅ is relatively gentle comparing with that of N and K₂O, and effect of potassium fertilizer on the P₂O₅ absorption was not significant. In the boll opening period, N, P₂O₅ and K₂O in the boll increased with the potassium fertilizer in certain scope. The potassium fertilizer could influence cotton boll growth. The assignment of N was coincident with that of K₂O. Effect of potassium fertilizer on assignment of P₂O₅ was not significant in different organs of cotton. The lint yield could be increased significantly and N, P₂O₅ and

收稿日期: 2008-04-01

作者简介: 高媛(1983-), 女, 硕士研究生; * 通讯作者, yzhang@ipni.ac.cn

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI)项目(BFDP-Xinjiang-2006)

K_2O absorption were also promoted in the sea-island cotton while using potassium fertilizer was used rationally. The excessive potassium fertilizer can reduce the use efficiency of potassium fertilizer.

Key words: potassium; sea-island cotton; nutrient absorption; nutrient assignment; nutrient utilization

K^+ 在植物体内是最活跃的一价阳离子之一,它起着辅酶和平衡离子的重要作用,而对于棉花来说,钾素又是影响纤维品质的重要元素^[1-2]。研究证实:施钾对棉花整个生育期的生长发育都有影响,钾还能调节棉株主茎叶的营养含量^[3-4]。因此,施用钾肥对改善棉株体内的营养有重要作用。新疆历来被认为是缺氮少磷钾丰富的地区^[5-6],但20世纪80年代以来,由于喜钾作物棉花的大面积连年种植和产量水平的不断提高,从土壤中带走了较多的钾,加之氮、磷化肥施用量的迅速增加,农家肥用量的不足,秸秆还田困难,生产中钾肥用量少,新疆棉田土壤氮、磷、钾养分的比例已发生较大变化,土壤钾素含量已有明显下降^[7]。20世纪90年代以来,由于缺钾而导致棉花早衰已成为影响新疆棉花产量的主要养分限制因素之一^[8-9]。本文主要研究钾肥对长绒棉养分吸收和分配的影响,以及施用钾肥对长绒棉产量与养分利用效率的影响,为棉花生产中钾肥合理施用提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验于2006年在新疆阿瓦提县进行。该县光照充足、热量丰富、降水稀少、蒸发强烈,年平均降雨量61.2 mm,年平均蒸发量2337.4 mm,年均日照时数2778 h, $\geq 10^\circ C$ 积温4252 $^\circ C$,无霜期205 d,属典型大陆荒漠性气候。

试验地前茬为棉花。供试品种为长绒棉新海20。宽膜覆盖高密度种植,一膜4行,行距配置方式为(50+30+55+30)cm,株距11 cm,播种密度为22.04万株 \cdot hm⁻²。于4月14日播种。

供试土壤为砂壤质潮土,0~20 cm供试土壤的营养状况:有机质17.72 g \cdot kg⁻¹,全氮0.821 g \cdot kg⁻¹,碱解氮138 mg \cdot kg⁻¹,速效磷10.9 mg \cdot kg⁻¹,速效钾168 mg \cdot kg⁻¹。土壤养分测试方法:有机质重铬酸钾法、全氮扩散吸收法、速效氮碱解扩散法、速效磷0.5 mol \cdot L⁻¹ NaHCO₃ 浸提钼锑抗比色法、速效钾醋酸铵-火焰光度法。

1.2 试验设计

试验设4个处理,3次重复。4个钾肥用量处

理K0、K1、K2、K3施 K_2O 量分别为0、35、70、105 kg \cdot hm⁻²。各处理氮肥、磷肥用量相同,分别为N 225 kg \cdot hm⁻²和P₂O₅ 140 kg \cdot hm⁻²。氮肥总量的30%和全部的磷肥、钾肥做基肥,氮肥总量的70%作追肥,分别以总量的15%、25%、20%和10%分4次随水追施。供试肥料:氮肥为尿素(46% N)、磷肥为重过磷酸钙(46% P₂O₅)、钾肥为硫酸钾(33% K₂O)。

1.3 样品的采集与测定

分别在苗期(5月11日)、蕾期(6月11日)、花期(6月28日)、盛铃期(8月4日)和吐絮期(9月9日)上午10:00—12:00之间采样。每小区随机选取有代表性的棉株3株(苗期取5株),采集棉株地上部分,按茎、叶、蕾+花、棉壳、棉纤维、种子不同器官分开,105 $^\circ C$ 杀青,杀青之后再于60~65 $^\circ C$ 烘干。烘干的植株样品粉碎后,过0.5 mm筛,分析植株不同部位氮、磷、钾养分含量。测定方法:氮用碱解扩散法,磷用钼锑抗比色法,钾用火焰光度计法。

试验数据采用Excel和DPS软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同钾肥用量棉株各生育期养分吸收量、积累模型

通过对表1中长绒棉各生育期养分吸收量结果统计分析,各处理棉株对氮、磷、钾的吸收均可以用Logistic生长函数模型来模拟^[10-12]。

不同处理棉株钾素积累速率最大的时刻(t_0)不同。处理K0、K1在出苗后80 d(7月10日);K2在出苗后85 d(7月15日),比K0推后了5 d;K3在出苗后81 d(7月11日),与K0接近。各处理棉株钾素吸收集中在出苗后的60~110 d内(蕾期到初铃期),K0、K1、K2和K3各处理在此期间分别吸收26.30 kg \cdot hm⁻²、28.52 kg \cdot hm⁻²、31.57 kg \cdot hm⁻²、32.18 kg \cdot hm⁻²,分别占全生育期的57.49%、58.61%、59.50%、58.26%。在这50 d左右时间内不同处理棉株吸收钾素量占全生育期总量的近60%,所以此阶段应特别注重钾的供应。全生育期钾素吸收量随施钾肥量的增加而增加,K0、K1、K2、K3各处理钾素总吸收量分

别为 45.7 kg · hm⁻²、48.66 kg · hm⁻²、53.06 kg · hm⁻²、55.23 kg · hm⁻²。

处理 K0、K1、K2 和 K3 棉株氮素积累速率最大的时刻(t₀)分别在出苗后 76 d(7 月 7 日)、78 d(7 月 9 日)、84 d(7 月 15 日)和 75 d(7 月 6 日)。氮素积累速率的时间特征值(Δt)与钾素的接近,说明长绒棉在氮和钾的养分吸收上时间一致。各处理氮素的吸收集中在出苗后的 58~107 d 内(蕾期到初铃期),各处理分别吸收了 95.41 kg · hm⁻²、103.30 kg · hm⁻²、126.21 kg · hm⁻²、104.61 kg · hm⁻²。分别占总生育期积累量的 57.78%、58.36%、60.13%、56.91%,说明合理的钾的施用能促进氮的吸收。全生育期 K0、K1、K2、K3 处理氮的总吸收量分别为 165.11 kg · hm⁻²、176.99 kg · hm⁻²、209.89 kg · hm⁻²、183.82 kg · hm⁻²。可见,在一定范围增加钾肥的施用量可以促进长绒棉对氮的吸收,但过量钾的施入,反而降低了棉株对氮的吸收。

处理 K0、K1、K2 和 K3 棉株磷素积累速率最

大的时刻(t₀)分别在出苗后 73 d(7 月 4 日)、74 d(7 月 5 日)、75 d(7 月 6 日)和 73 d(7 月 4 日),比钾峰值出现时间早 5~12 d,并且时间特征值(Δt)比氮和钾的时间特征值(Δt)要小很多,说明长绒棉对磷素的吸收比较集中。各处理磷素的吸收主要集中在出苗后的 62~84 d(蕾期到花期)内,各处理分别吸收了 14.84 kg · hm⁻²、16.41 kg · hm⁻²、16.51 kg · hm⁻²、15.52 kg · hm⁻²。分别占总生育期的 66.00%、65.82%、63.02%、66.45%。实际测得吐絮期 K0、K1、K2、K3 各处理磷的总吸收量分别为 22.49 kg · hm⁻²、24.92 kg · hm⁻²、26.21 kg · hm⁻²、23.36 kg · hm⁻²。可见,在一定范围增加钾肥的用量可以促进长绒棉对磷的吸收,但过量施钾,反而降低了长绒棉对磷的吸收。

2.2 不同钾肥用量棉株养分吸收积累速率

棉株对氮、磷、钾的吸收速率均呈一单峰曲线(图 1)。钾吸收速率在蕾期进入始增期,此时各处理钾吸收速率均明显增加,K2 处理的吸收速率要远远高于 K0、K1、K3 处理。当生育期进行到花

表 1 棉株各生育期养分吸收量、积累模型及其特征值

Table 1 N, P₂O₅ and K₂O accumulation, model and their characteristic value

处理	养分	养分吸收量/(kg · hm ⁻²)					时间/d				方程	R ²	F
		苗期	蕾期	花期	盛铃期	吐絮期	t ₀	t ₁	t ₂	Δt			
K0	K ₂ O	0.8	4.3	16.0	37.6	45.7	80	60	100	40	y=46.11/(1+e ^(5.182-0.0648t))	0.996	243**
K1		0.7	4.5	16.3	40.9	48.7	80	60	99	39	y=48.98/(1+e ^(5.449-0.0683t))	0.998	448**
K2		0.7	4.1	19.0	39.2	53.1	85	61	110	49	y=55.12/(1+e ^(4.553-0.0532t))	0.987	74**
K3		0.7	4.8	17.4	45.8	55.2	81	62	101	39	y=55.82/(1+e ^(5.472-0.0674t))	0.998	520**
K0	N	4.0	21.4	60.3	147.2	165.1	76	58	94	36	y=166.06/(1+e ^(5.534-0.0727t))	0.999	3338**
K1		4.1	21.5	62.0	152.2	177.0	78	59	98	39	y=178.60/(1+e ^(5.294-0.0677t))	0.999	1356**
K2		4.3	22.8	69.0	163.9	209.9	84	60	107	47	y=216.68/(1+e ^(4.746-0.0567t))	0.997	351**
K3		4.7	23.0	70.1	167.3	183.8	75	58	91	33	y=184.04/(1+e ^(5.834-0.0782t))	0.999	2082**
K0	P ₂ O ₅	0.5	3.1	7.8	29.5	22.5	73	64	82	18	y=26.06/(1+e ^(10.531-0.1438t))	0.951	19.5**
K1		0.4	3.5	8.3	30.1	24.9	74	63	84	21	y=27.66/(1+e ^(9.566-0.1300t))	0.970	32.8**
K2		0.5	3.0	7.9	29.3	26.2	75	64	85	21	y=27.98/(1+e ^(9.626-0.1292t))	0.986	70.7**
K3		0.5	3.4	8.8	29.3	23.4	73	62	83	21	y=26.46/(1+e ^(9.292-0.1281t))	0.962	25.2**

注:t 为长绒棉出苗后的天数(d);y 为棉株养分积累量(kg · hm⁻²);t₀ 为养分积累速率最大时刻;t₁ 和 t₂ 分别为 Logistic 生长函数的两个拐点;Δt=t₂-t₁,是棉株养分积累旺盛时期;F_{0.05(3,8)}=4.46,F_{0.01(3,8)}=8.65。

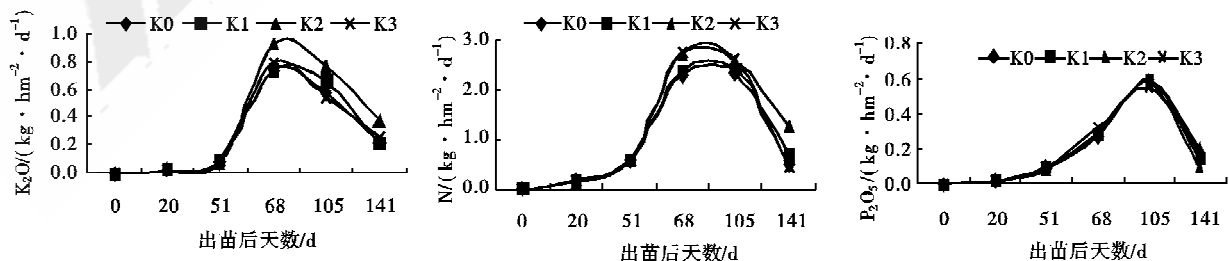


图 1 不同钾肥用量长绒棉养分积累速率

Fig. 1 Rate of nutrition accumulation of different treatments

期时,各处理均达到吸收速率最高值,K2处理的吸收最大值远远高于其它处理。此后棉株对钾的吸收速率逐渐降低。氮的吸收速率明显要高于钾和磷的吸收速率。氮吸收速率在生育期蕾期时到达速率快速增长拐点,此时,K2、K3的速率明显高于K0、K1。在生育期进行到花铃期时到达速率增长最大时期,K2和K3的速率依然明显高于K0、K1。说明施钾影响氮的吸收速率,在一定范围内提高了氮吸收速率。与氮、钾不同的是,磷吸收峰相对平缓,从蕾期开始吸收速率逐渐增大,到铃期时达到吸收速率的顶峰,但施钾各处理差异不大,说明施用钾肥对磷吸收速率没有明显影响。

2.3 不同钾肥用量对棉株养分分配的影响

2.3.1 不同钾肥用量对棉株钾素分配的影响。

苗期,分配到叶中的钾素比例要远大于茎,叶片钾素量占全株的74.05%~76.98%,施钾各处理差异不大。进入蕾期,茎中钾素分配比例较苗期有所增加,从苗期的23.01%~25.94%增加到蕾期的33.94%~39.19%;此时分配到生殖器官蕾中的钾素占总量的9.34%~10.09%,并且蕾中钾素分配比例随着施钾量的增加而增加。花期,茎中钾素的分配比例变化不大,在钾肥施用量0~70 kg·hm²范围内,随钾肥施用量的增加而增加,超过70 kg·hm²后降低;而分配到叶中的钾素由蕾期的50.72%~56.53%降低到花期的38.38%~43.65%,其中各处理叶中钾素分配量均是随着钾肥施用量的增加而增加;花期进入营养生长与生殖生长并进的时期,其中生殖器官花的钾素分配比例明显高于蕾期,占到总钾素量的16.75%~21.76%,并随着钾肥施用量的增加而增加。铃期是棉花生殖生长旺盛期,此时分配到生殖器官的钾素比例迅速增加,占总量的46.29%~50.70%,而分配到营养器官的钾素比例则有所下降,尤其是分配到叶中的钾素比例,下降到19.90%~24.94%;生殖器官中,铃壳中钾素比例随着钾肥施用量的增加而增加,子和纤维中钾素比例则在施钾量0~70 kg·hm²间随钾肥量增加而增加。吐絮期分配到生殖器官中的钾素比例占总量的56.25%~63.29%,子中钾素比例迅速增加,由铃期的5.01%~5.68%增加到13.20%~16.83%,子、铃壳、纤维中钾素比例均在施钾量0~70 kg·hm²内随用量增加逐渐增加(图2)。

2.3.2 不同钾肥用量对棉株氮素分配的影响。

氮素分配总体规律和钾素分配一致,苗期分配到叶中氮素的比比例远远高于茎,占全株氮素的

88.59%~91.02%,并随着钾肥用量的增加而增加。蕾期分配到茎的氮素比例有所增加,占到总量的15.73%~20.73%,生殖器官蕾在此期分配到的氮素比例占10.25%~10.64%,茎和蕾中氮素分配量均随钾肥用量在0~70 kg·hm²的增加而逐渐增加。花期,茎中氮素分配比例变化不大,而叶中明显下降,由蕾期占总量的68.75%~74.02%下降到花期的52.55%~55.47%,茎和叶中氮素分配量随着施钾量在0~70 kg·hm²的增加而增加;此时,花中氮素分配比例迅速提高,占总量的25.33%~29.89%,并随着钾肥施用量的增加而增加。铃期,营养器官的氮素分配比例逐渐降低,而生殖器官中氮素占总量的49.77%~51.97%,其中壳中的氮素分配量随着钾肥量在0~70 kg·hm²的增加而逐渐增加,子和纤维中氮素分配量随着钾肥量增加而增加。进入吐絮期,生殖器官中子的氮素分配量迅速增加,由铃期占总量的15.92%~17.15%增加到吐絮期的54.22%~57.04%,并且子和壳中氮素的分配量随钾肥在0~70 kg·hm²范围内的增加逐渐增加(图3)。这说明适量的钾肥施用可以影响子和壳中氮素分配。在一定范围内,随钾肥施用量的增加,子和壳中氮素的分配量也在增加。

2.3.3 不同钾肥用量对棉株磷素分配的影响。

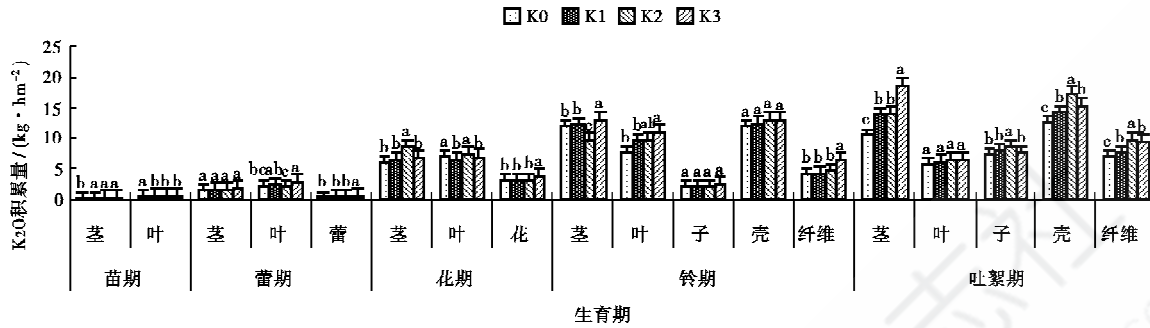
在苗期分配到叶中的磷素占到79.34%~83.60%(图4),随着生育期的进行分配到叶中的磷素占全株的比例逐渐降低,到吐絮期只占总量的6.27%~7.82%;而生殖器官的磷素从蕾期开始迅速增加,由蕾期占总量的13.73%~15.59%增加到吐絮期的80.26%~84.24%,尤其是子中磷素的分配量在吐絮期占总量的54.78%~60.44%。这和氮素的分配比较一致。在吐絮期,施钾影响壳和纤维中磷的分配,随施钾量的增加,壳和纤维中磷的分配量在一定范围内增加。但就整个生育期来看,各器官中处理间差异不大,说明施用钾肥对长绒棉磷素在各器官的分配上影响不大。

2.4 不同钾肥用量对长绒棉产量及养分利用率的影响

钾肥施用量在0~70 kg·hm²范围内,可以显著提高长绒棉的皮棉产量(表2),K2处理皮棉产量比K0、K1、K3分别增加165.5 kg·hm²、144.3 kg·hm²、32.1 kg·hm²。在0~70 kg·hm²施钾范围内,氮、磷、钾吸收量随着钾肥施用量的增加而增加,而过量的钾肥施用则会使氮、磷、钾吸收量下降。K2中钾肥利用率明显高于K1、K3处理,说明过量的钾肥不但不能被作物吸

收,反而会降低钾肥的利用效率。同样,跟 K0 处理相比,K1、K2、K3 处理中氮、磷的养分吸收量均有明显增加。其中,K2 处理的增幅最大,氮、磷养

分吸收量分别比 K0 增加 21.34%、14.20%。说明合理施用钾肥可以有效促进氮、磷养分的吸收。



注:不同小写字母表示差异达 5% 显著水平;下同。

图 2 不同钾肥用量棉株各器官中钾的分配
Fig. 2 The distribution of K₂O among organs

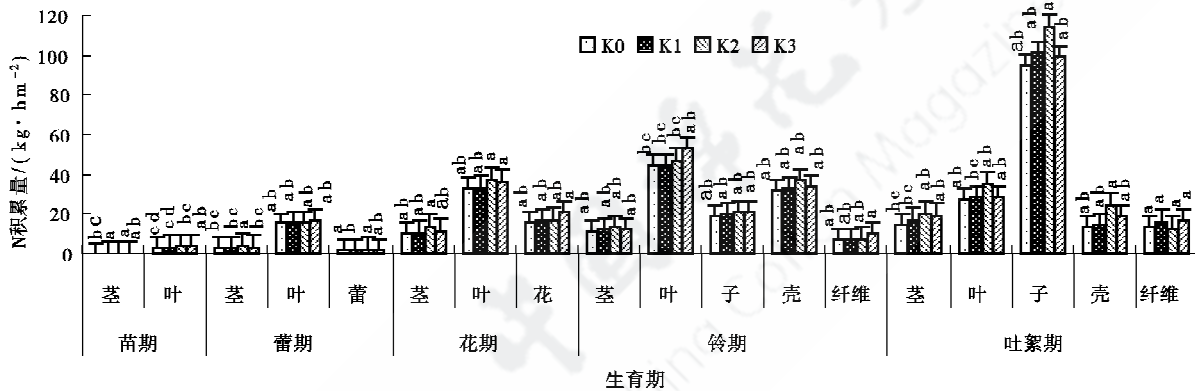


图 3 不同钾肥用量棉株各器官中氮的分配
Fig. 3 The distribution of N among organs

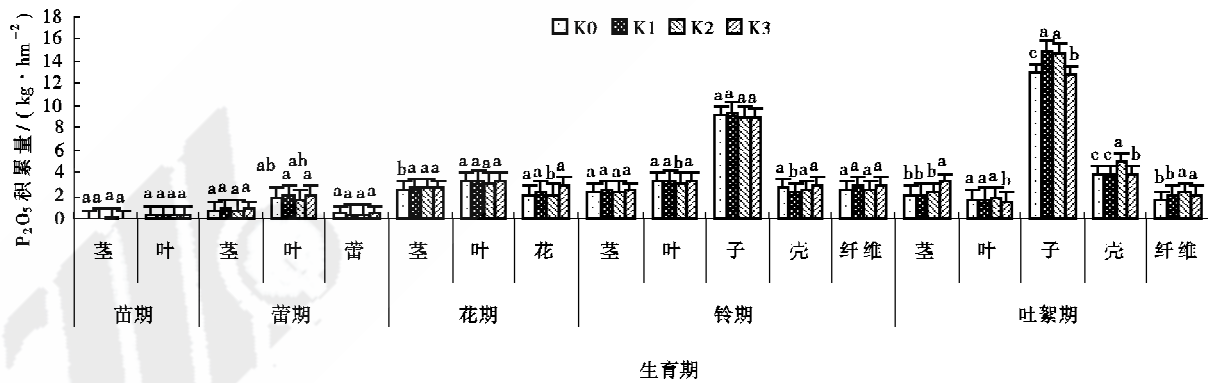


图 4 不同钾肥用量棉株各器官中磷的分配
Fig. 4 The distribution of P₂O₅ among organs

表 2 不同钾肥用量的长绒棉产量与养分利用率
Table 2 Yield and use efficiency of different treatments

处理	产量/(kg·hm ²)		K ₂ O 吸收量/ (kg·hm ²)	K ₂ O 利用率 /%	N 吸收量/ (kg·hm ²)	比 K0 增加 /%	P ₂ O ₅ 吸收量/ (kg·hm ²)	比 K0 增加 /%
	皮棉	生物量						
K0	1332.9 ^b	8090.6 ^c	43.26 ^c	—	165.11 ^c	—	22.49 ^c	—
K1	1354.1 ^{ab}	8122.9 ^b	49.63 ^b	18.18	176.99 ^b	6.71	24.92 ^{ab}	9.76
K2	1498.4 ^a	8491.0 ^a	57.12 ^a	19.80	209.89 ^a	21.34	26.21 ^a	14.20
K3	1466.3 ^{ab}	8146.5 ^b	56.21 ^a	12.33	183.82 ^b	10.18	23.36 ^b	3.72

3 小结

不同钾肥处理长绒棉对氮、磷、钾的吸收均可以较好地用 Logistic 生长函数模型来模拟。各处理钾素的吸收主要集中在出苗后的 60~110 d 内,在这 50 d 左右时间内长绒棉吸收钾的量占生育期总吸收量的近 60%,所以,此阶段应特别注重钾的供应。长绒棉在氮和钾的营养吸收上时间一致。棉株磷养分积累速率比钾峰值出现时间早 5~12 d。并且时间特征值(Δt)比氮和钾的时间特征值(Δt)要小很多,长绒棉在磷素的吸收上,吸收时期比较集中。在一定范围增加钾肥的施用量可以促进长绒棉对氮、磷的吸收,但过量钾的施入,反而降低了长绒棉对氮的吸收。

长绒棉对氮、磷、钾的吸收速率均呈一单峰曲线。钾吸收速率在蕾期时进入速率始增期,K2 处理的吸收速率要远远高于其它处理。花期时,钾吸收速率达到速率最大值,此后棉株对钾的吸收速率逐渐降低。氮的吸收速率明显要高于钾和磷的吸收速率。施钾在一定范围内提高了氮吸收速率。与氮、钾不同的是,磷吸收速率峰相对平缓,施钾各处理差异不大,施用钾肥对磷吸收速率没有明显影响。

在吐絮期分配到子和壳中的钾、氮量以及壳和纤维中的钾、磷量均随施钾量在 0~70 kg·hm⁻² 的增加而增加,施钾对棉铃的生长发育有一定影响。氮素的分配规律与钾素总体一致。在整个生育期中,对于各器官中磷素处理间差异不大,施用钾肥对长绒棉磷素各器官的分配影响不大。

合理施用钾肥,可以显著提高长绒棉的皮棉产量,有效促进棉株对氮、磷养分的吸收,但过量的钾肥施用也会降低钾的利用效率。

参考文献:

- [1] 杨佑明,徐楚年. 棉纤维发育的分子生理机制[J]. 植物学通报,2003,20(1):1-9.
YANG You-ming, Xu Chu-nian. Molecular and physiological mechanism in the development of cotton fiber [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2003, 20 (1): 1-9.
- [2] 郭英,孙学振,宋宪亮. 钾营养对棉花苗期生长和叶片生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料,2006,20(3):63-69.
GUO Ying, Sun Xue-zhen, Song Xian-liang. Effects of potassium nutrition on growth and leaf physiological characteristics at seedling stage of cotton [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 20(3): 63-69.
- [3] 郭英,孙学振,宋宪亮,等. 钾素对棉花生长发育和纤维品质形成影响的研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2006,37(1):141-144.
GUO Ying, Sun Xue-zhen, Song Xian-liang, et al. Study on the effects of potassium nutrition on growth and quality formation of cotton fiber [J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition, 2006, 37 (1): 141-144.
- [4] 范希峰,王汉霞,田晓莉,等. 钾肥对棉花产量的影响及最佳施用量研究[J]. 棉花学报,2006,18(3):175-179.
FAN Xi-feng, Wang Han-xia, Tian Xiao-li, et al. Effects of potassium on yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and optimal quantity of potassium in Huanghuaihai Plain, China [J]. Cotton Science, 2006, 18(3): 175-179.
- [5] 姜益娟,郑德明,闫志顺,等. 新疆棉花施钾效果研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,4(2):197-198.
JIANG Yi-juan, Zheng De-ming, Yan Zhi-shun, et al. Effects of potassium fertilization on cotton in Xinjiang [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 4 (2): 197-198.
- [6] 许■,段毅力,陈亚恒,等. 土壤钾素研究进展[J]. 河北农业大学学报,2002,4(1):19-22.
XU Hao, Duan Yi-li, Chen Ya-heng, et al. The advance of soil potassium [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2002, 4 (1): 19-22.
- [7] 张炎,毛端明,王讲利,等. 新疆棉花平衡施肥技术的发展现状[J]. 中国土壤与肥料,2003,43(4):375-379.
ZHANG Yan, Mao Duan-ming, Wang Jiang-li, et al. Developing status of balanced fertilization technology of cotton in Xinjiang [J]. Soils and Fertilizers Sciences in China, 2003, 43(4): 375-379.
- [8] 姜益娟,郑德明,朱朝阳,等. 新疆农田土壤的钾素现状调查[J]. 塔里木农垦大学学报,2001,13(4):1-4.
JIANG Yi-juan, Zheng De-ming, Zhu Chao-yang, et al. Investigation into the present situation of farm land soil K in Xinjiang [J]. Journal of Tarim University, 2001, 13 (4): 1-4.
- [9] 张炎,王讲利,李磐,等. 新疆棉田土壤养分限制因子的系统研究[J]. 水土保持学报,2005,12(6):58-60.
ZHANG Yan, Wang Jiang-li, Li Pan, et al. Study on limiting factors of soil nutrient in Xinjiang cotton field [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 12(6): 58-60.

- [10] 伍维模,郑德明,董合林,等. 南疆棉花干物质和氮磷钾养分积累的模拟分析[J]. 西北农业学报, 2002, 26(1):17-18.
WU Wei-mo, Zheng De-ming, Dong He-lin, et al. Simulating the dynamics of dry matter and N, P₂O₅, K₂O accumulation of cotton in South Xinjiang[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2002, 26(1):17-18.
- [11] 董合林, 闵友信, 王自强, 等. 南疆高产栽培技术模式下陆地棉干物质及生产规律的研究[J]. 西北农业学报, 2000, 8(4):37-39.
DONG He-lin, Yan You-xin, Wang Zi-qiang, et al. Study on the upland cotton dry matter production under the high-yielding cultivation techniques in south Xinjiang [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2000, 8(4):37-39.
- [12] 伍维模,郑德明,王自强,等. 南疆高产栽培技术模式下陆地棉干物质生产规律的研究[J]. 新疆农业科学, 2000, 8 (4):145-148.
WU Wei-mo, Zheng De-ming, Wang Zi-qiang, et al. Study on the upland cotton dry matter production under the high-yielding cultivation techniques in south Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2000, 8 (4):145-148. ●

中国棉花杂志
China Cotton Magazine House

