

施磷量对膜下滴灌杂交棉氮磷钾养分 吸收利用及产量的影响

杨明花, 姜益娟, 聂万林, 郑德明

(塔里木大学植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 通过新疆膜下滴灌田间小区试验, 研究了施磷量分别为 0(P0)、75(P1)、150(P2)、225(P3) kg/hm² 对膜下滴灌杂交棉氮、磷、钾素的吸收、利用及产量的影响, 以明确该区合理施磷量。结果表明: 施用磷肥可以显著提高杂交棉的生物产量、经济产量及杂交棉整株总吸氮、磷、钾量; 在不同施磷量处理之间的籽棉产量、氮磷钾吸收、利用率均呈 P2 > P3 > P1 > P0 的趋势。在本实验条件下, 综合考虑磷肥利用率、籽棉产量、氮磷钾吸收的因素, 杂交棉的合理施磷量应控制在 150 kg/hm² 左右。

关键词: 杂交棉; 磷素; 吸收; 利用; 产量

中图分类号: S147.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0075-04

磷是自然生态系统中生命存在的必需元素之一。20 世纪 80 年代初第二次土壤普查的结果显示, 新疆农田土壤缺氮、少磷、富钾, 因此在化肥的施用上重视氮、磷肥, 尤其是磷肥, 这对当时提高农作物的产量起到了积极的作用^[1-3]。近年来, 随着施磷量不断增加, 土壤全磷和速效磷含量也在不断增加, 但由于石灰性土壤的强固磷作用, 导致棉花对磷肥的利用率不高^[3-6]。然而连续多年大量的施用磷肥, 在农田土壤中已出现了磷的积累, 土壤速效磷含量有较大幅度的增加^[3]。常此以往导致土壤磷素水平大大超过临界值, 土壤磷素大量积累, 而且土壤养分自然供给能力上升, 肥料的当季利用率不断下降, 农业生产成本持续增加。

滴灌作为一种新型的灌溉技术, 以其明显的省水、增产等特点, 且容易实现计算机自动控制而成为世界上主要的精确灌溉技术^[7]。滴灌引入新疆后又与作物薄膜覆盖栽培技术相结合, 发展成为膜下滴灌技术^[8]。通过滴灌施肥, 也可有效地调节施用肥料的种类、比例、数量及时期, 可将肥料施于根区, 保证根区养分的供应, 减少养分的淋失, 可显著地提高肥料养分的利用率^[9,10]。

研究滴灌条件下, 杂交棉磷素养分吸收利用规律, 有助于了解和调控其生长发育, 根据作物生长需求施用磷肥, 在实现高产的同时, 显著地提高作物的氮磷钾肥利用率。本研究旨在揭示膜下滴灌条件下, 杂交棉对氮磷钾素的吸收、累积规律, 为该地区

科学施用磷肥及提高杂交棉产量提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验区概况

试验设在新疆农一师十团塔里木大学教学实验农场试验地, 前茬作物为棉花。实验区属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候, 太阳辐射年均 559.78 ~ 612.53 kJ/cm²。年均日照 2 556.3 ~ 2 991.8 h, 日照率为 58.69%。雨量稀少, 冬季少雪, 地表蒸发强烈, 年均降水量为 40.1 ~ 82.5 mm, 年均蒸发量 1 876.6 ~ 2 558.9 mm。以灌溉为主, 年日照时数 2 778 h, ≥10℃ 的积温 4 252.2℃, 无霜期 205 d, 适宜于杂交棉生产。供试土壤为荒漠林灌草甸土, 质地砂壤, 2007 年进行了秋翻, 翻耕深度为 60 cm, 其基本理化性状见表 1。

表 1 土壤理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the test soil

取样层次 Sample layer (cm)	碱解氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)
0-20	43.9	12.0	170	9.59
20-40	49.4	15.4	190	10.74
40-60	34.3	6.1	230	8.17

1.2 试验设计

(1) 试验设 4 个处理, 施磷量分别为 P0: 0 kg/hm²、P1: 75 kg/hm²、P2: 150 kg/hm²、P3: 225

收稿日期: 2010-03-27

基金项目: 新疆自治区教委重点研究项目(XJEDU2007142)

作者简介: 杨明花(1983—), 女, 新疆昭苏人, 在读硕士研究生, 研究方向为植物营养。E-mail: xjmuhua_332005@163.com。

通讯作者: 郑德明。E-mail: zdmzky@163.com。

kg/hm²,各处理的 92% 作为底肥在播种前施入,8% 作为追肥(蕾期和花铃期各占追肥总量 22.4% 和 77.6%) 随水施入。各小区施肥 N:360 kg/hm²,氮肥的 30% 作为基肥在播种前施入,70% 作为追肥分 8 次随水施入;K₂O:120 kg/hm²,以基肥施入。各处理重复 3 次,随机区组排列,小区面积为 10 m × 20 m = 200 m²。氮肥(尿素含 N 46%)、磷肥(重过磷酸钙含 P₂O₅ 44%)、钾肥(硫酸钾含 K₂O 40%)。

(2) 供试棉花品种为鲁研棉 25,2008 年 4 月 16 日播种,10 月中旬收获。地膜覆盖,一膜六行。株行距配置[(30 + 50 + 30 + 50 + 30) + 60]cm × 10 cm,膜宽 230 cm,定苗后棉花密度为 123 750 株/hm²。膜下滴灌每小区的施肥由文丘里(利用外动力的施肥装置,可以实现灌溉系统施肥管理自动化)控制,全生育期灌水量为 4 375 m³/hm²,以蕾期灌水 30%,花铃期灌水 70% 的比例进行分配。

1.3 样品采集和测定

1.3.1 棉株生物量和养分的测定 在杂交棉主要生育期蕾期(2008 - 06 - 06)、初花期(2008 - 07 - 02)、花铃期(2008 - 07 - 25)、铃期(2008 - 08 - 13)、成熟期(2008 - 08 - 30),上午 10:00 ~ 12:00 之间采样,每小区随机选取有充分代表性的 6 株,将采集的植株样品洗净,编号,按根、茎、叶、蕾、铃分开,放入 105℃ 烘箱中 30 min 杀青,80℃ 烘干,称干重,然后放

入样品袋中保存,将植物样品在粉碎机上粉碎过 100 目筛,以 H₂SO₄ - H₂O₂ 法消化,用凯氏定氮法测植株全氮,用钒钼黄比色法测植株全磷,用火焰光度计法测全钾^[11]。

1.3.2 产量及产量结构的测定 10 月中旬进行实收,称量并记录小区各次收获的籽棉产量。收获期(2008 - 10 - 25)每小区选取 4 m² 长势均匀的棉株,调查其成铃数,并测定各次收获的单铃重、衣分等。

1.4 实验数据统计方法

数据使用 Excel 和 DPS 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 施磷对杂交棉产量的影响

从表 2 可以看出,施磷杂交棉的经济产量和生物学产量均有所提高。经济产量、生物学产量增加范围分别在 7.16% ~ 13.82%、9.97% ~ 26.31%,P₂、P₃ 处理达到显著的增产水平。但杂交棉的产量并不是随磷肥的用量增加而一直增加,在 P₂ 水平下经济产量、生物产量达到了最大值,分别为 6 460.2、25 245.0 kg/hm²,在 P₃ 水平时杂交棉产量略有下降,经济产量和生物学产量分别比 P₂ 水平下降了 3.69%、11.71%,不同施磷处理杂交棉产量呈 P₂ > P₃ > P₁ > P₀ 的趋势。

表 2 施磷对杂交棉产量的影响

Table 2 Effect of application of phosphorus on hybrid cotton yield

处理 Treatment	经济产量 Economic yield (kg/hm ²)	增减产量 Yield increase or decrease (kg/hm ²)	增减率 Increasing or decreasing rate (%)	生物产量 Biological yield (kg/hm ²)	增减产量 Yield increase or decrease (kg/hm ²)	增减率 Increasing or decreasing rate (%)
P ₀	5627.2b	—	—	19580.7d	—	—
P ₁	6029.9ab	402.7	7.16	21532.5c	1951.8	9.97
P ₂	6460.2a	833.0	13.82	25245.0a	5664.3	26.31
P ₃	6281.6a	654.4	10.13	23265.0b	3684.3	14.60

注:a 表示在 P = 0.05 水平下显著,下同。

Note: "a" means significance at P = 0.05 level, and it is the same in the following.

2.2 施磷对杂交棉磷素吸收利用的影响

由表 3 可知,在杂交棉不同施磷处理下,各处理总吸磷量、增减率及磷肥利用率差异显著。施磷的杂交棉总吸磷量比没有施磷杂交棉的总吸磷量增加了 5.37% ~ 37.64%。磷肥利用率在 11.16% ~ 39.10% 之间,在 P₂ 处理时达最大值,而在 P₃ 时磷肥利用率明显比 P₂ 水平下少了 26.53%,磷肥利用率不高。在本试验土壤含磷水平情况下,施磷量在 150 kg/hm² 时杂交棉对磷的利用率最高。磷肥的过

量施用,不仅使磷肥的当季利用率降低,而且使生产成本增加,还造成棉花产量下降,土壤中磷与其它养分间的比例失调,破坏农田土壤养分的供应环境条件。

2.3 施磷对杂交棉氮素吸收利用的影响

如表 4 所示,在施氮量相同,不同施磷处理下,杂交棉施磷处理总吸氮量比没施磷处理吸氮量均有增加,从 459.50 kg/hm² 增加到 648.24 kg/hm²,各处理之间总吸氮量差异显著。当施磷量在 P₂ 时,总吸

氮量达到了最大值 648.24 kg/hm², P2 比 P0 增加了 188.75 kg/hm², 但当施磷量在 P3 时, 总吸氮量比 P2 处理下降 47.22 kg/hm², 下降 7.28%, 总吸氮量呈 P2 > P3 > P1 > P0 的趋势。施磷量与总吸氮量呈二次曲线关系 $y = -0.004652x^2 + 1.7879x + 446.8825$ ($r = 0.9225^*$), 根据方程模拟可知当施磷量达到 192.17 kg/hm², 为最佳施磷量, 可以达到目标函数值为 618.67 kg/hm²; 施磷处理对杂交棉氮肥利用率的影响差异显著。当施磷量在 P2 时, 氮肥利用率达到了最大值 52.43%, 但当施磷量在 P3 时, 氮肥利用率从 P2 的 52.43% 下降至 39.31%, 下降了 13.12%。可以看出施磷量达到 P3 时, 杂交棉吸氮量、氮肥的利用率没有增加, 反而下降。

表3 施磷对杂交棉磷素吸收利用的影响

Table 3 Effect of application of phosphorus on hybrid cotton's P absorption and utilization

处理 Treatment	施磷量 (P ₂ O ₅) P rate (kg/hm ²)	总吸磷量 Total P absorption (kg/hm ²)	增减量 Change of TP (kg/hm ²)	磷肥利用率 PUE (%)
P0	0	155.81d	—	—
P1	75	164.18c	8.37c	11.16b
P2	150	214.45a	58.65a	39.10a
P3	225	184.09b	28.28b	12.57b

表4 施磷对杂交棉氮素吸收利用的影响

Table 4 Effect of application of phosphorus on hybrid cotton's N absorption and utilization

处理 Treatment	施氮量(N) N rate (kg/hm ²)	总吸氮量 Total N absorption (kg/hm ²)	增减量 Change of TN (kg/hm ²)	氮肥利用率 NUE (%)
P0	360	459.50d	—	—
P1	360	516.95c	57.46c	15.96c
P2	360	648.24a	188.75a	52.43a
P3	360	601.02b	141.52b	39.31b

2.4 施磷对杂交棉钾素吸收利用的影响

表5显示, 施磷处理杂交棉总吸钾量比没施磷处理杂交棉吸钾量均有增加, 从 518.1 kg/hm² 增加到 610.3 kg/hm², 各处理之间总吸钾量差异显著, 当施磷量在 P2 时, 总吸钾量达到了最大值 610.3 kg/hm², P2 比 P0 增加了 92.2 kg/hm², 但当施磷量在 P3 时, 总吸钾量比 P2 处理的减少了 35.2 kg/hm², 下降 7.28%, 总吸钾量 P2 > P3 > P1 > P0。各处理施磷量与总吸钾量呈二次曲线关系, $y = -0.003342x^2 + 1.0496x + 513.1200$ ($r = 0.9420^*$), 根据方程模拟可知施磷量达到 157.03 kg/hm², 为最佳施磷量, 可以

达到目标函数值 595.53 kg/hm², 各施磷处理杂交棉对钾肥利用率的影响与氮肥趋势一致, 当施磷量在 P2 时, 钾肥利用率达到了最大值 76.83%, 但当施磷量在 P3 时, 钾肥利用率比 P2 处理下降了 29.36%, 各处理间差异显著。

表5 施磷对杂交棉钾素吸收利用的影响

Table 5 Effect of application of phosphorus on hybrid cotton's K absorption and utilization

处理 Treatment	施钾量 K rate (kg/hm ²)	总吸钾量 Total K absorption (kg/hm ²)	增减量 Change of TK (kg/hm ²)	钾肥利用率 KUE (%)
P0	120	518.1c	—	—
P1	120	558.1b	40.0	33.32c
P2	120	610.3a	92.2	76.83a
P3	120	575.1b	57.0	47.47b

3 结论与讨论

1) 研究表明, 施用磷肥可以显著地提高杂交棉产量, 施磷量超过一定水平时, 磷肥的增产效率反而下降, 磷肥的当季利用率随着施肥水平的提高先增加后减小, 其利用率最高只有 39.10%, 在不同施磷量处理之间的经济产量 P2 > P3 > P1 > P0 处理, 这说明杂交棉对磷肥的需求存在一个阈值, 超过这一范围产量不但不会增加而且会减少。由此看来, 不同生育期的施磷量都应加以控制, 尽量减少无机磷的相对累积, 保证棉花有充足磷营养供应而又不因过量施磷造成浪费, 引起环境污染问题^[12]。

2) 在膜下滴灌磷肥不同量, 氮、钾肥一样的情况下, 当施磷量在 150 kg/hm² 时, 增产效果较好, 杂交棉籽棉产量达 6 460.2 kg/hm², 磷钾肥料利用率较高, 氮肥利用率、钾肥利用率可以达到 52.43%、76.83%。在不同磷处理之间植株吸收氮磷钾积累量均为 P2 > P3 > P1 > P0。其利用率的提高是因为本试验采用膜下滴灌技术, 耕层水分状况较好, 杂交棉根系在耕层分布比较集中, 施磷促进杂交棉对氮磷钾素的吸收, 氮、磷、钾养分的积累量都会有一定程度的增加, 这与前人研究一致^[13-15]。

参考文献:

- [1] 张炎, 王讲利, 刘骅. 新疆棉田土壤养分的吸附特征与有效性研究[J]. 水土保持学报, 2005, 10(5): 51-54.
- [2] 郑德明, 姜益娟, 柳维扬, 等. 新疆棉田土壤速效养分的时空变异特性研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(1): 23-26.
- [3] 张炎, 王讲利, 李警, 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.

- [4] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(3): 193—205.
- [5] 姜益娟, 郑德明, 吕双庆, 等. 新疆农田主要土壤类型磷素现状的调查研究[J]. 塔里木农垦大学学报, 2001, 13(3): 17—19.
- [6] 张炎, 史军辉, 罗广华, 等. 新疆农田土壤养分与化肥施用现状及评价[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(5): 375—379.
- [7] 姚振宪, 何松林. 滴灌设备与滴灌系统规划设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 2—3.
- [8] Ma F Y, Li J H, Li M S, et al. Increased yield mechanism Under multi-drip irrigation and main coordinated techniques[M]. Hohhot: Inner Mongolia Peoples Publishing House, 1999: 486—490.
- [9] Sneh M. The history of fertigation in Israel[A]. Hagin J. Dah lia greidinger international symposium on fertigation[C]. Haifa, Israel: Technion 2 II T, 1995: 1—10.
- [10] Bachchhav S M. Fertigation in indiana case study[A]. Hagin J. Dah lia greidinger international symposium on fertigation[C]. Haifa, Israel: Technion 2 II T, 1995: 11—24.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 264—268.
- [12] Hinsinger P, Gilkes R J. Root-induced dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of lupins grown in alkalin soil[J]. Plant and Soil, 2001, 237(2): 173.
- [13] 柳维扬, 郑德明, 姜益娟, 等. 新疆高产杂交棉生长性状及氮磷钾吸收模拟[J]. 棉花学报, 2009, 21(5): 431—433.
- [14] 王克如, 李少昆, 曹连萧, 等. 新疆高产棉田氮、磷、钾吸收动态及模式初步研究[J]. 中国农业科学, 2003, (7): 775—780.
- [15] 赵玲, 侯振安, 危常州, 等. 膜下滴灌棉花氮磷钾肥料施用效果研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(3): 307—310.

Effect of phosphorus rates on nitrogen, phosphorus and potassium uptake and utilization and yield of hybrid cotton with drip irrigation under membrane

YANG Ming-hua, JIANG Yi-juan, NIE Wan-lin, ZHENG De-ming
(College of Plant Science, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the effect of phosphorus rates (0(P0), 75(P1), 150(P2) and 225(P3) kg/hm²) on nitrogen, phosphorus and potassium uptake, utilization and yield of hybrid cotton with drip irrigation under membrane, so as to find out the reasonable phosphorus rates in this area. The results showed that: phosphorus rates could significantly increase biological yield, economic yield and total nitrogen, phosphorus and potassium uptake of hybrid cotton in maturity; The mutative trends of output of unginned cotton, nitrogen, phosphorus and potassium uptake, utilization ratio were P2 > P3 > P1 > P0 under using different phosphorus fertilizer; Under our experiment condition, the phosphorus rates of hybrid cotton should be controlled at about 150 kg/hm².

Keywords: hybrid cotton; phosphorus; uptake; utilization; yield