

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.20484

## 土壤钾水平对不同熟性棉花光合作用及产量的影响

靳一南<sup>1,2</sup>, 郑苍松<sup>2#</sup>, 张 宸<sup>1,2</sup>, 刘爱忠<sup>2</sup>, 李鹏程<sup>2</sup>, 孙 森<sup>2</sup>, 徐文修<sup>1\*</sup>, 董合林<sup>2\*</sup>

(1. 新疆农业大学农学院 / 棉花教育部工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830052;  
2. 中国农业科学院棉花研究所 / 棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000)

**摘 要:** 钾素是棉花生长所必需的营养元素, 通过田间试验探讨不同土壤钾水平对棉花光合作用及产量的影响, 为棉田钾素养分管理提供理论支撑。田间试验在河南省安阳县中国农业科学院棉花研究所试验农场进行, 裂区设计, 主区设置了高(速效钾 135.6 mg/kg)、中(速效钾 123.37 mg/kg)、低(速效钾 109.73 mg/kg) 3个土壤钾水平, 副区为早熟(中棉所 50号)、中早熟(鲁棉研 28号)、中熟(新棉 99B) 3个棉花品种; 分别在苗期、蕾期和花铃期选择 10株棉花进行叶片净光合速率、叶绿素含量、叶面积和钾浓度的测定, 在成熟期进行实收籽棉产量的测定。结果表明: 在苗期, 3个品种棉花叶面积在不同钾水平下无显著差异; 但在花铃期, 高钾处理的棉花叶面积显著高于低钾, 与中钾无显著差异。在苗期和蕾期, 土壤钾水平对 3个品种棉花功能叶片的叶绿素含量(SPAD值)和净光合效率影响不显著, 但在花铃期差异显著, 均表现为高钾>中钾>低钾。在苗期、蕾期和花铃期, 3个品种棉花不同器官钾含量在不同钾水平下差异显著, 表现为高钾>中钾>低钾。土壤高钾处理下, 3个棉花品种的籽棉产量显著大于中钾和低钾处理, 中钾和低钾处理的棉花产量差异不显著。综上, 土壤供钾不足主要影响棉株各器官钾含量、叶面积、叶绿素含量和净光合速率, 导致籽棉产量下降, 但生育期较短的棉花品种能够较好地协调营养生长和生殖生长以保障低钾条件下的产量形成。

**关键词:** 陆地棉; 钾; 光合作用; 产量

我国是世界上最大的产棉国, 2018年全国棉花总产 609.6万 t, 播种面积 335.2万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。棉花作为纤维作物, 生理上需要吸收大量的钾元素以保障棉花产量和纤维品质的形成<sup>[2-4]</sup>, 生长过程中缺钾可导致棉株生长异常<sup>[5]</sup>, 蕾期会出现旺长趋势, 叶片在伏旱中午出现明显的萎蔫<sup>[6]</sup>, 棉花进入吐絮期以后, 长势开始减弱, 出现早衰。长期重视氮磷肥的施用而忽视钾肥, 在一定程度上提高了农田土壤中的氮磷养分含量, 但土壤速效钾含量却呈降低趋势<sup>[7-9]</sup>。研究发现, 增加钾肥用量可以有效改善棉花功能叶片碳代谢, 显著促进棉花叶片的蔗糖代谢, 提高了棉花产量<sup>[10-11]</sup>, 并且

籽棉产量随着施钾量的增加而线性增加<sup>[12]</sup>。充足的钾营养还能增加棉花根系面积<sup>[13]</sup>, 促进根系生长<sup>[14]</sup>, 改善叶绿体结构, 降低暗呼吸, 适量施钾可增强气孔导度和蒸腾强度, 提高净光合速率, 并能避免早衰<sup>[15-16]</sup>。但是, 由于棉花品种熟性不同, 其对钾元素的需求和积累也存在差异<sup>[17]</sup>, 我们需要了解不同熟性的棉花品种在不同土壤钾水平上的生长特征和差异, 才能更合理地应用钾肥和指导生产。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试土壤

试验地点为河南省安阳县白壁镇中国农业科学院棉花研究所试验农场, 土壤类型为潮土。田间南北方向设置宽度一致的 LK、MK、HK 共 3个试验区, 每个试验区 573.362 m<sup>2</sup>, 南北区间距 1 m、东西边界 2 m, 各区氮、磷肥施用及田间栽培管理等均相同, 2014 ~ 2016 连续 3 年于试验区进行差异施钾 [以 K<sub>2</sub>O 计施用农用硫酸钾 (K<sub>2</sub>O 50%) 0、150、300 kg/hm<sup>2</sup>] 下的棉花种植并移除秸秆以形成 3个钾水平梯度的试验区。2016 年各区实收产

收稿日期: 2020-08-13; 录用日期: 2020-11-28

基金项目: 现代农业产业技术体系国家棉花产业技术体系 (CARS-15-11); 中国农业科学院科技创新工程。

作者简介: 靳一南 (1995-), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生, 研究方向为棉花高产栽培, E-mail: 3066358839@qq.com。郑苍松 (1986-), 男, 吉林人, 副研究员, 博士, 研究方向为棉花营养与施肥, E-mail: zhengcangsong@caas.cn。靳一南和郑苍松为共同第一作者。

通讯作者: 徐文修, E-mail: xjwx@sina.com; 董合林, E-mail: donghl668@sina.com。

量 LK: 3216 kg/hm<sup>2</sup>、MK: 3355.5 kg/hm<sup>2</sup>、MK: 3489 kg/hm<sup>2</sup>。2017 年播种前测定 3 个钾素水平试验

大区 0 ~ 20 cm 的土壤养分, 见表 1。

表 1 试验区耕层土壤养分状况

钾水平 (处理编号)	全氮 (%)	有效磷 (mg/kg)	有机质 (%)	缓效钾 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
低钾 (LK)	0.067	11.6	0.91	589.64	109.73
中钾 (MK)	0.064	11.1	0.96	622.88	123.37
高钾 (HK)	0.070	12.0	1.02	674.35	135.60

## 1.2 供试棉花品种

选取熟性不同的 3 个品种进行试验, 中棉所 50 号 (简称中 50, 早熟棉, 生育期 110 d 左右)、鲁棉研 28 号 (简称鲁 28, 中早熟棉, 生育期 120 d 左右)、新棉 99B (简称 99B, 中熟棉, 生育期 130 d 左右)。

## 1.3 试验设计

试验采用裂区设计, 主区为 3 个土壤钾水平: 低钾 (LK, 速效钾 109.73 mg/kg)、中钾 (MK, 速效钾 123.37 mg/kg) 和高钾 (MK, 速效钾 135.60 mg/kg), 副区为 3 个棉花品种。小区随机排列。

试验棉花南北行向种植, 每个品种棉花播种 4 行 (3.2 m), 行长 9 m, 同一品种在不同钾水平间行向一致, 重复 3 次。每公顷周年氮肥 (以 N 计) 用量 225 kg, 分 2 次施用, 基追比例 4:6; 每公顷周年磷肥 (以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 计) 90 kg; 每公顷施用钾肥 (以 K<sub>2</sub>O 计) 0、150、300 kg, 钾肥为农用硫酸钾 (K<sub>2</sub>O 50%)。磷钾肥一次性基施。试验于 2017 年 4 月 10 日播种, 每公顷定植密度 52500 株, 其他栽培管理同大田生产管理。

## 1.4 测定项目及方法

### 1.4.1 棉花功能叶净光合速率及 SPAD 值的测定

使用光合作用分析仪 LI-6400 (LicorInc, USA) 测量棉花功能叶片 (倒数第 3 片完全展开叶) 的净光合速率 (P<sub>n</sub>)。每行选择 5 株具有代表性的棉株在叶片的上、中、下取 3 个点进行测量, 得出的平均值为该叶片的净光合速率。测量日期为苗期 5 月 26 日、蕾期 6 月 16 日、花铃期 7 月 13 日, 测量时间段为 9:00 ~ 12:00 或 16:00 ~ 18:00。在测量棉花净光合速率后, 使用 SPAD-502 测量植株功能叶片的 SPAD 值。

### 1.4.2 棉花叶面积的测定

在田间对每个品种随机取样, 取样日期为苗期 5 月 25 日、蕾期 6 月 12 日、花铃期 7 月 14 日。每个小区取 3 株棉花试样, 在实验室剪下样株的叶片,

把叶片均匀平铺于中晶 9800XL 扫描仪之上, 扫得的图片用叶面积计算软件计算单株叶面积的值。

### 1.4.3 棉株生育性状调查

于吐絮期 (2017 年 8 月 15 日), 人工对每个品种的每行棉株随机抽取 10 株进行生育性状调查, 而后用株式图解的手机软件 (棉花株式图 APP) 进行统计及分析<sup>[18]</sup>。并选择具有代表性的 3 株取样, 烘干测定干物质。

### 1.4.4 产量测定

每个小区收取 50 铃计算单铃重, 并实收所有籽棉计算每公顷产量。

### 1.4.5 棉花不同器官全钾含量的测定

于棉花苗期 5 月 25 日、蕾期 6 月 12 日、花铃期 7 月 14 日取各小区棉花植株, 选择具有代表性的植株样各 3 株, 其中苗期整株, 蕾期分为根茎叶蕾 4 部分, 花铃期分为根茎叶铃壳籽棉 5 部分, 对采集的植株样品进行烘干、磨碎、过筛后存于自封袋中。H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化, 原子吸收分光光度法测定钾含量<sup>[19]</sup>。

### 1.4.6 数据处理

采用 SPSS 18.0 和 Excel 2007 对试验数据进行整理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤钾水平对棉花生长发育的影响

表 2 表明, 不同熟性棉花品种总果节数和单株成铃数在低、中、高土壤钾素水平间无显著差异。与高钾水平相比, 低钾水平下不同熟性棉花品种果枝数、总果节数、单株成铃数均较低, 且早熟品种 (中 50) 和中熟品种 (99B) 果枝数显著较低。高钾水平棉花干物质显著高于低钾处理; 低钾水平早熟和中早熟品种 (鲁 28 号) 干物质与中钾水平处理相比差异不显著, 高钾水平中熟和中早熟品种干物质显著高于中钾水平处理。

表 2 花铃期棉株基本生育性状

品种	处理	果枝数(个)	总果节数(个)	单株成铃数(个)	干物质(g/株)
中50	LK	11.3b	35.6a	7.6a	82.05b
中50	MK	12.3ab	34.1a	8.3a	107.17ab
中50	HK	13.2a	37.7a	8.5a	112.84a
99B	LK	9.8b	31.0a	8.8a	82.99c
99B	MK	11.9a	31.7a	10.2a	110.17b
99B	HK	12.3a	34.6a	10.3a	130.02a
鲁28	LK	11.6a	38.7a	8.5a	101.39b
鲁28	MK	11.9a	33.4a	8.5a	102.99b
鲁28	HK	11.7a	39.3a	10.9a	143.77a

注：单一品种各指标数值后不同字母表示差异达到显著水平 ( $P<0.05$ )。下同。

## 2.2 土壤钾水平对棉花叶面积的影响

结果(图1)表明,不同钾水平对早熟棉花品种(中50)苗期、蕾期的单株叶面积无显著影响,但低钾水平处理单株叶面积均最低;在花铃期,高土壤钾水平处理单株叶面积显著高于低钾处理。低钾条件下,中熟棉花品种(99B)苗期、蕾期、花铃期的单

株叶面积显著低于中钾处理,高钾水平处理单株叶面积在蕾期和花铃期显著高于中钾处理。低钾处理的中早熟棉花品种(鲁28号)在花铃期单株叶面积显著低于高钾处理,但是苗期、蕾期的单株叶面积与高钾处理无显著差异。说明棉花生育期越长其叶面积受到钾水平的影响越大。

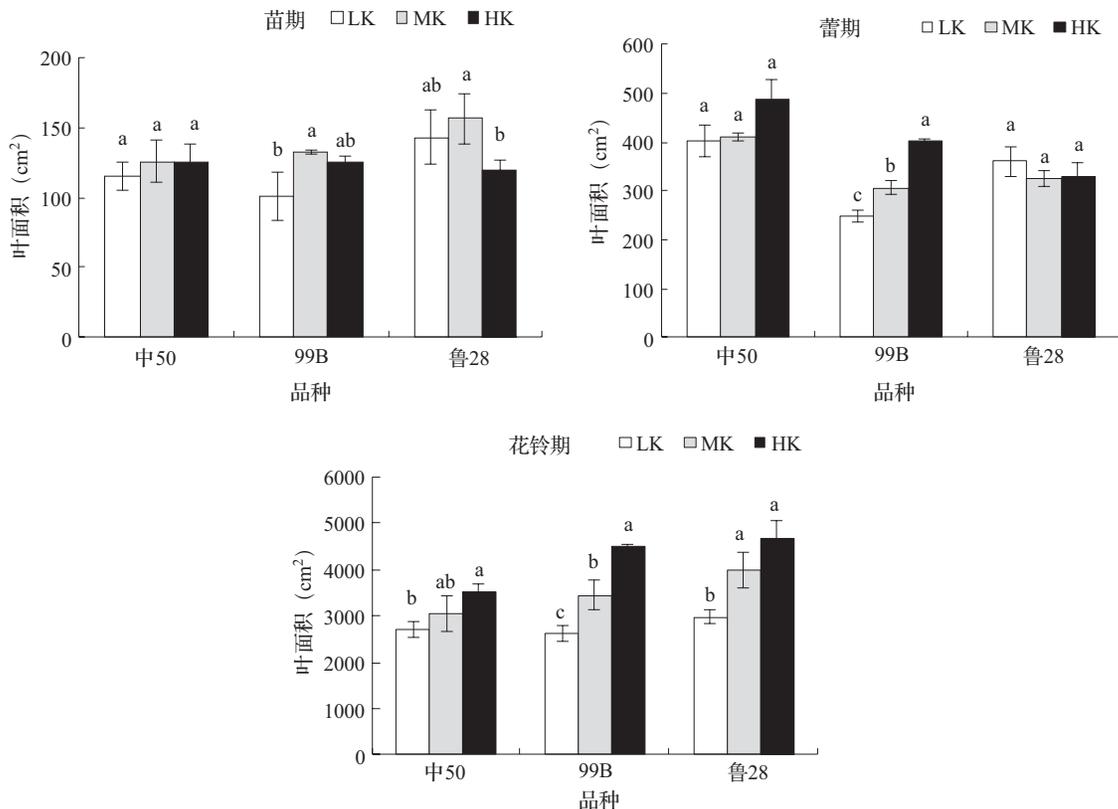


图 1 棉花单株叶面积

注：单一品种上不同字母表示差异达到显著水平 ( $P<0.05$ )。下同。

### 2.3 土壤钾水平对棉花功能叶叶绿素含量的影响

结果(图2)表明,不同钾水平对早熟棉花品种(中50)、中熟棉花品种(99B)、中早熟棉花品种(鲁28号)的苗期和蕾期的功能叶叶绿素相对含量(SPAD值)无显著影响。在花铃期,高土壤钾水平处理不同熟性棉花品种功能叶叶绿素 SPAD 值显著高于低钾处理;中等土壤钾水平上种植的中熟

棉花品种(99B)和中早熟棉花品种(鲁28)功能叶叶绿素 SPAD 值显著低于高土壤钾水平处理,但显著高于低钾处理。说明高土壤钾水平处理能够保持棉花功能叶叶绿素含量,显著降低棉花成熟衰老带来的叶绿素减少,棉花品种生育期越短中钾和高钾处理间功能叶叶绿素 SPAD 值的差异越小。

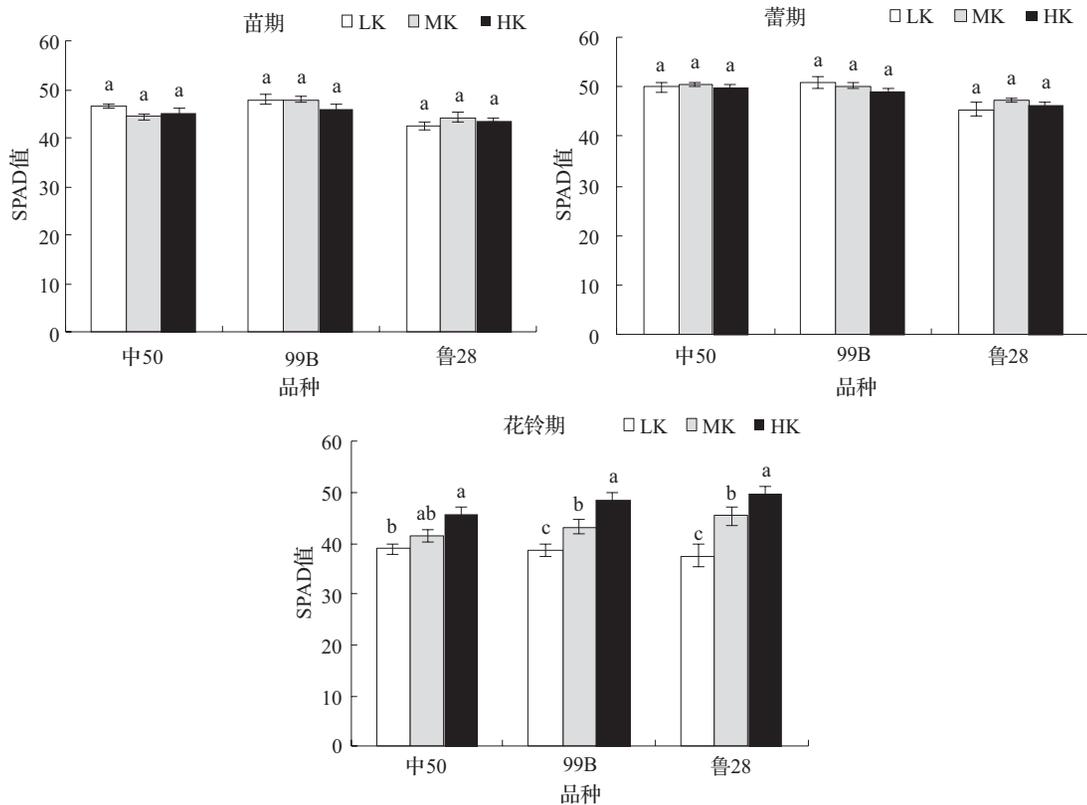


图2 棉株功能叶 SPAD 值

### 2.4 土壤钾水平对棉花功能叶净光合速率的影响

结果(图3)表明,不同钾水平对早熟棉花品种(中50)苗期、蕾期的功能叶净光合速率无显著影响,但低钾水平处理棉花功能叶净光合速率均最低;在花铃期,高土壤钾水平处理棉花功能叶净光合速率显著高于低钾和中钾处理。不同钾水平对中熟棉花品种(99B)苗期、蕾期的功能叶净光合速率无显著影响,但高钾水平处理棉花功能叶净光合速率均最高;在花铃期,高土壤钾水平处理棉花功能叶净光合速率显著高于低钾和中钾处理。不同钾水平对中早熟棉花品种(鲁28)苗期、蕾期、花铃期的功能叶净光合速率均无显著影响,但高钾水平处理棉花功能叶净光合速率均最

高。由此可知,中早熟棉花品种棉花功能叶光合速率受土壤钾水平影响程度低于早熟品种、中熟品种。

### 2.5 土壤钾水平对棉花不同器官钾含量的影响

结果(表3、4)表明,棉花各生育阶段不同器官的钾含量基本上随土壤钾水平增加而增加。在苗期,高钾处理的各品种棉株钾浓度均显著高于低钾水平,早熟品种(中50)和中熟品种(99B)在中、低钾水平处理间棉株钾含量无显著差异,但中早熟棉花品种(鲁28)在中、低钾水平处理之间存在显著差异。在蕾期,茎和叶的钾含量随着土壤钾水平的增加而增加,且高钾处理显著高于低钾处理。在花铃期,根、茎和铃

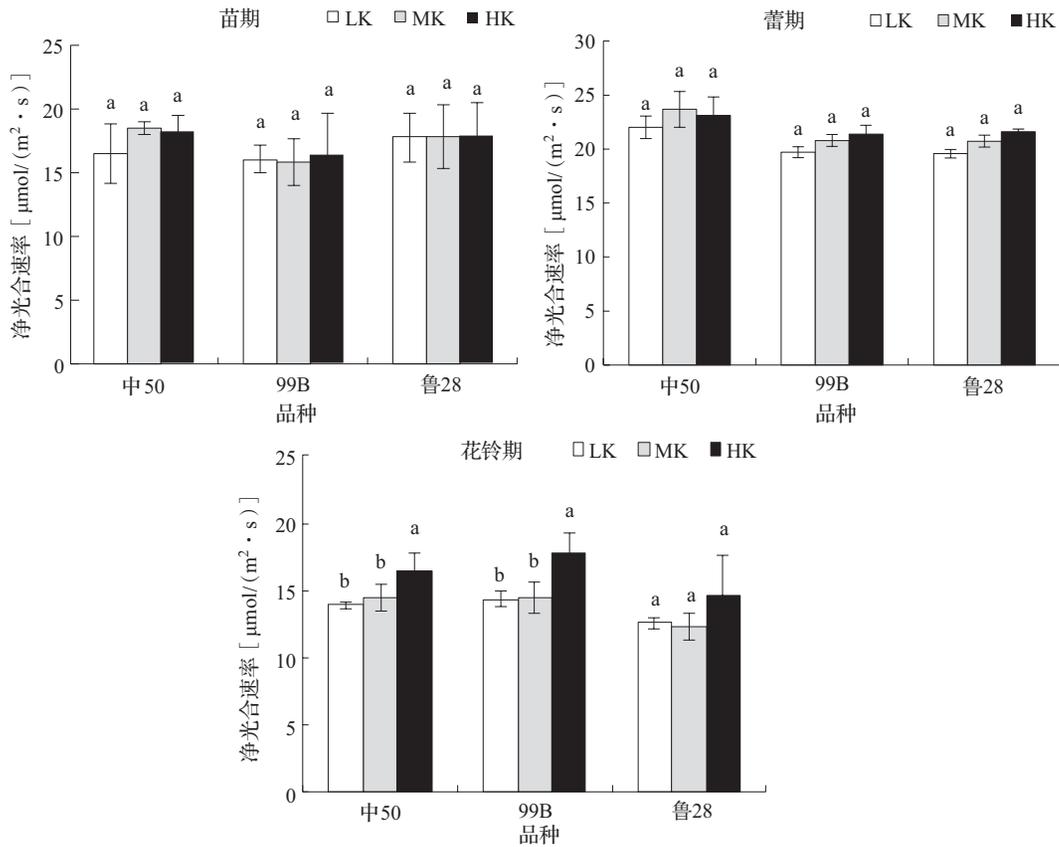


图3 棉株功能叶净光合速率

壳的钾含量随着土壤钾水平的增加而增加，且高钾处理显著高于低钾处理。本试验条件下，土壤钾水平已显著影响不同熟性棉花品种地上部营养器官钾含量。

表3 苗期整株、蕾期不同器官钾含量 (%)

品种	处理	苗期	蕾期			
			根	茎	叶	蕾
中50	LK	1.64b	0.93a	1.51c	1.06c	1.90b
中50	MK	1.69b	1.02a	1.71b	1.11b	1.91b
中50	HK	2.02a	1.36a	2.85a	1.54a	2.09a
99B	LK	1.41b	0.97a	1.58c	0.90c	2.02b
99B	MK	1.64b	1.63a	2.25b	1.25b	2.08b
99B	HK	1.95a	1.33a	2.61a	1.30a	2.17a
鲁28	LK	1.38c	0.99b	1.25c	0.79c	1.81b
鲁28	MK	1.66b	1.01b	1.41b	0.84b	1.74b
鲁28	HK	1.86a	1.28a	1.82a	1.15a	1.88a

表4 花铃期不同器官钾含量 (%)

品种	处理	根	茎	叶	铃壳	籽棉
中50	LK	0.61b	0.70b	0.59b	2.07b	1.12b
中50	MK	0.85ab	0.99ab	0.74a	2.15a	1.02b
中50	HK	1.09a	1.39a	0.79a	2.15a	1.40a
99B	LK	0.68c	0.63c	0.52b	2.14c	1.04b
99B	MK	0.80b	0.83b	0.50b	2.58b	1.07b
99B	HK	1.08a	1.36a	0.79a	2.75a	1.29a
鲁28	LK	0.63b	0.53b	0.46b	1.99b	1.00b
鲁28	MK	0.63b	0.61b	0.60b	2.14b	1.00b
鲁28	HK	0.90a	1.19a	0.81a	2.46a	1.12a

### 2.6 土壤钾水平对产量的影响

结果(图4)表明,高钾水平处理籽棉产量最高且显著高于中钾水平处理,但低钾水平处理籽棉产量与中钾处理差异不显著,说明土壤充足供钾是棉花获得较高产量的保障。比较各品种在低钾处理上的产量发现,早熟棉花品种(中50)籽棉产量高于中早熟棉花品种(鲁28)高于中熟棉花品种

(99B), 说明低钾条件下棉花能够通过协调营养生长和生殖生长来保障籽棉产量, 且生育期越短其调节能力越强。

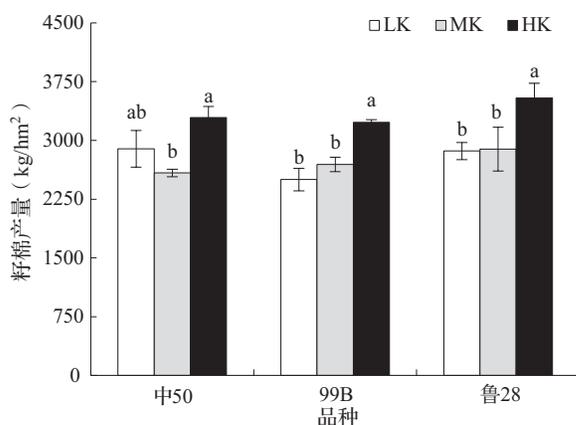


图4 不同品种在不同土壤钾水平下籽棉产量

### 3 讨论与结论

光合作用是植物维持生长发育的基本过程, 钾素在这一过程中扮演着重要的角色。棉花缺钾, 其光合同化功能减退, 叶面积减小, 影响其干物质积累以及棉株组织的同化吸收分配<sup>[16, 20]</sup>。本研究通过田间试验, 表明在土壤速效钾含量为 109.73 mg/kg 的条件下, 棉花功能叶净光合速率明显低于土壤速效钾 135.6 mg/kg 条件下生长的棉株发生在花铃期, 此时高低钾水平下棉株功能叶的叶绿素含量也表现显著差异, 而在苗期和蕾期均差异不显著。在苗期和蕾期之间, 钾素对棉株光合作用效率影响较小, 可能是因为土壤这个时期可以为棉株生长发育提供足量的钾, 钾素含量高低在这个时期对棉株影响没有明显差异, 只要能供应生长即可, 且 3 个棉花品种也没有表现出差异。然而, 花铃期作为棉花生殖生长的主导时期, 对钾素的需求增加<sup>[17]</sup>, 更多的钾会被转移到代谢旺盛的生殖器官<sup>[21]</sup>, 导致叶片缺钾影响叶片中碳氮物质代谢<sup>[22]</sup>, 导致净光合速率下降。前人梳理总结指出, 影响棉花叶片光合速率的临界钾浓度在 1.2% ~ 0.8% 之间<sup>[23]</sup>, 本研究中, 蕾期叶片钾浓度虽然存在差异, 但仍然高于影响叶片光合速率的临界钾浓度, 未对光合速率产生显著影响。刘爱忠等<sup>[13]</sup>和朱振亚等<sup>[24]</sup>的研究表明提高供钾水平可增加棉花功能叶钾含量, 王刚卫等<sup>[25]</sup>表示棉株在钾缺乏时会较多的利用有限的钾维持叶片的功能, 从而尽可能满足棉株对同化产物的需求。本试验表明, 棉花各生育阶段, 高钾处理

的棉花不同器官钾含量有显著差异, 其中蕾期叶片钾含量差异显著, 这也与前人研究结果一致。对不同熟性棉花品种进行比较, 在花铃期中早熟品种的叶绿素含量显著受土壤速效钾水平的影响, 但功能叶净光合速率和钾含量却没有显著差异, 说明在一段时间内中早熟品种鲁 28 号棉花功能叶光合速率和钾含量受土壤钾水平影响程度低于早熟品种中 50 和中熟品种 99B。

在本研究中, 与高钾水平相比, 低钾水平下早熟品种 (中 50) 和中熟品种 (99B) 果枝数显著较低。总果节数没有受本试验条件下土壤钾水平的影响, 但是低钾条件下单株成铃数却明显低于高钾处理, 说明土壤供钾不足严重影响棉花单株成铃数。在吐絮期, 土壤速效钾含量为 109.73 mg/kg 的棉花功能叶净光合速率明显低于土壤速效钾为 135.6 mg/kg 条件下生长的棉株发生在花铃期, 此时高钾处理棉花干物质显著高于低钾处理; 而土壤速效钾含量低于 135.6 mg/kg 条件下的早熟和中早熟棉花品种干物质相比差异不显著, 高钾水平中熟和中早熟品种干物质显著高于中钾水平处理。这表明, 土壤钾水平对棉花生长发育的影响随着生育进程愈加明显, 棉花生育期越长受影响越大。

潘俊杰等<sup>[26]</sup>研究指出, 随施钾量的增加棉花株高、单株叶片数呈增加趋势, 并且施钾增加了单株成铃数, 提高了籽棉产量。本试验中, 相对于低钾处理, 中钾处理下棉株的产量并没有显著增加, 但高钾处理棉花增产量十分明显, 表明只有土壤钾素含量达到一定程度才能保障棉花获得较高产量。秦遂初等<sup>[27]</sup>在 1983 年的研究表明, 如果要获得正常产量 (每公顷皮棉产量 870 kg), 土壤交换性钾含量需要大于 90 mg/kg 或者土壤缓效性钾大于 34 mg/100 g 干土, 但是随着转基因棉花品种种植以及棉花产量水平的提高<sup>[23]</sup>, 需要更高的土壤钾水平才能保障获得较高的棉花产量。比较各品种在低钾处理上的产量发现, 早熟棉花品种 (中 50) 籽棉产量高于中早熟棉花品种 (鲁 28) 高于中熟棉花品种 (99B), 说明低钾条件下棉花能够通过协调营养生长和生殖生长来保障籽棉产量, 且生育期越短其调节能力越强。

综上, 土壤充足供钾是棉花获得较高产量的保障, 但是土壤供钾不足会显著影响花铃期棉株功能叶叶绿素含量和光合速率, 生育期较短的棉花品种

能够较好地协调营养生长和生殖生长以保障低钾条件下的籽棉产量。

### 参考文献:

- [1] 毛树春. 中国棉花栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2019.
- [2] 冯正锐, 刘爱玉, 易九红, 等. 施钾量对杂交棉产量和品质及钾肥利用率的影响 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2013, 39 (4): 343-347.
- [3] 唐保善, 杨安民, 邢宏宜, 等. 磷钾肥对棉花产量构成因素及产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2016, 25 (11): 1629-1635.
- [4] 王娇, 张成, 殷志峰, 等. 钾肥对北疆陆地棉干物质积累动态、产量和品质的影响 [J]. 西北农业学报, 2012, 21(6): 86-92.
- [5] Dong H, Kong X, Li W, et al. Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility [J]. Field Crops Research, 2010, 119 (1): 106-113.
- [6] 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 (1): 141-144.
- [7] 崔永生. 南疆机采棉花膜下滴灌水肥高效施用模式研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2019.
- [8] 李鹏程, 郑苍松, 孙森, 等. 棉花施肥技术与营养机理研究进展 [J]. 棉花学报, 2017, 29 (S1): 118-130.
- [9] 杨修一. 控释尿素和氯化钾对盐碱地棉花生长发育及土壤肥力的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [10] Hafeez A, Ali S, Ma X L, et al. Sucrose metabolism in cotton subtending leaves influenced by potassium-to-nitrogen ratios [J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2019, 113: 201-216.
- [11] Ali S, Hafeez A, Ma X L, et al. Potassium relative ratio to nitrogen considerably favors carbon metabolism in late-planted cotton at high planting density [J]. Field Crops Research, 2018, 223: 48-54.
- [12] Cassman K G, Kerby 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.
- [13] 刘爱忠, 洪德成, 董合林, 等. 不同供钾水平和氮素形态对棉花功能叶质体色素、碳氮代谢及钾含量的影响 [J]. 河南农业科学, 2018, 47 (4): 31-37.
- [14] Sattar S, Hussnain T, Javaid A. Effect of NaCl salinity on cotton (*Gossypium arboreum* L.) grown in MS medium and in hydroponics cultures [J]. Journal of Animal and Plant Sciences, 2010, 20 (2): 87-89.
- [15] 张海鹏, 马健, 文俊, 等. 施钾对不同转基因棉花品种光合特性及产量和品质的影响 [J]. 棉花学报, 2012, 24 (6): 548-553.
- [16] 梁振娟, 张亚黎, 罗宏海, 等. 钾营养对棉花叶片光合作用及衰老特性的影响 [J]. 石河子大学学报 (自然科学版), 2013, 31 (3): 265-270.
- [17] 董合林, 李鹏程, 刘爱忠, 等. 华北平原一熟春棉干物质积累与养分吸收特性 [J]. 中国棉花, 2012, 39 (12): 19-22.
- [18] 庞念厂, 魏晓文, 贵会平, 等. 棉花株式图 APP 田间记录系统与初步统计 [J]. 中国棉花, 2017, 44 (9): 16-18, 21.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [20] 杨峰, 吕春花, 刘晓飞, 等. 不同基因型棉花品种钾素利用及某些光合特性比较研究 [J]. 棉花学报, 2011, 23 (2): 154-159.
- [21] 聂军军, 秦都林, 刘艳慧, 等. 不同基因型抗虫棉氮磷钾养分吸收与分配特征 [J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25 (10): 1690-1701.
- [22] Hu W, Coomer T D, Loka D A, et al. Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2017, 115: 408-417.
- [23] 董合忠, 唐薇, 李振怀, 等. 棉花缺钾引起的形态和生理异常 [J]. 西北植物学报, 2005, 24 (3): 615-624.
- [24] 朱振亚, 赵翔, 王承华, 等. 棉花施钾效应研究 [J]. 新疆农业科学, 2000 (1): 25-27.
- [25] 王刚卫, 田晓莉, 谢湘毅, 等. 土壤缺钾对棉花钾运转和分配的影响 [J]. 棉花学报, 2007, 19 (3): 173-178.
- [26] 潘俊杰, 付秋萍, 赵桥, 等. 水钾耦合对北疆机采棉水钾利用效率及产量的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2019, 38 (1): 42-48.
- [27] 秦遂初, 章永松. 棉花缺钾症诊断研究 [J]. 中国农业科学, 1983, 16 (4): 44-50.

### Effects of soil potassium level on photosynthesis and yield of different maturity cotton varieties

JIN Yi-nan<sup>1, 2</sup>, ZHENG Cang-song<sup>2#</sup>, ZHANG Chen<sup>1, 2</sup>, LIU Ai-zhong<sup>2</sup>, LI Peng-cheng<sup>2</sup>, SUN Miao<sup>2</sup>, XU Wen-xiu<sup>1\*</sup>, DONG He-lin<sup>2\*</sup> (1. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University/Engineering Research Centre of Cotton, Ministry of Education, Urumqi Xinjiang 830052; 2. Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences/State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang Henan 455000)

**Abstract:** Potassium is an essential nutrient element for the growth of cotton, the effects of different soil potassium levels on the photosynthesis and yield of cotton were investigated through field experiments, so as to provide theoretical support for the potassium management in cotton field. The experiment was conducted at the experimental farm of the Cotton Research Institute, Chinese academy of Agricultural Sciences in Anyang county, Henan province. Split plot was designed, the main treatments included three soil potassium levels, i.e. high potassium (135.6 mg/kg available potassium), medium potassium

(123.37 mg/kg available potassium), low potassium (109.73 mg/kg available potassium), the sub-treatments were three different cotton varieties including early varieties (Zhongmian no.50), early to medium varieties (Lumian No.28), medium varieties (Xinmian 99B). The net photosynthetic rate, SPAD value, leaf area and potassium concentration of 10 cotton plants were determined at seedling, bud and flower and boll stages respectively, and the seed cotton yield was harvested and determined at maturity stage. The results showed that there was no significant difference in leaf area under different potassium levels in the seedling stage. But in flower and boll stage, the leaf area of cotton treated with high potassium was significantly higher than that treated with low potassium, and there was no significant difference from that treated with medium potassium. In seedling stage and bud stage, soil potassium level had no significant effect on chlorophyll SPAD value and net photosynthetic efficiency of functional leaves of the three cotton varieties, but there was significant difference in flowering and boll stage, which showed high potassium > medium potassium > low potassium. At seedling stage, bud stage and flower and boll stage, potassium contents in different organs of cotton of three cultivars were significantly different at different potassium levels, which was manifested as high potassium > medium potassium > low potassium. Under high soil potassium treatment, the seed cotton yields of the three cotton cultivars were significantly higher than that under medium potassium and low potassium treatment, but the yield difference between medium potassium and low potassium treatment was not significant. To sum up, insufficient soil potassium mainly affects the potassium content of each organ of cotton plant, leaf area, chlorophyll content and net photosynthetic rate, resulting in the decline of seed cotton yield. However, cotton varieties with a shorter growth period can better coordinate vegetative growth and reproductive growth to ensure the yield formation under the condition of low potassium.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L.; potassium; photosynthesis; yield