

氮肥施用策略对膜下滴灌棉花叶片叶绿素含量变化的影响

汪玲^{1,2},朱靖蓉³,杨涛²,王斌²,杨金钰²,陈宝燕¹,刘骅²,许咏梅²,马兴旺^{2*},赵德臣¹

(1.新疆农业大学草业与环境科学学院,乌鲁木齐 830052;2.新疆农科院土肥所,乌鲁木齐 830091;

3.新疆农科院中心实验室,乌鲁木齐 830091)

摘要: 进行了南疆膜下滴灌棉花不同施肥策略和不同灌水量对农田环境影响的田间试验,利用 SPAD-502 叶绿素仪测定了不同施氮比例下棉花功能叶叶绿素 SPAD 值的变化,分析了叶绿素 SPAD 值积累量与棉花产量的关系。结果表明:棉花整个生育期采用不同的追肥策略,各个处理叶片中叶绿素含量变化的趋势、峰值大小及 SPAD 值积累量都会不同。在蕾期、花铃期前期,不同施肥策略均会影响叶片叶绿素的积累,而盛铃期施肥策略对叶片叶绿素影响不大。各处理叶片叶绿素 SPAD 值与产量之间存在明显的正相关,生育期积累的叶绿素含量越高,产量越高。在比较理想的施肥量和施肥策略下,过高的灌水量不一定会获得高的棉花产量。

关键词: 施 N 策略;棉花;SPAD 值;产量

中图分类号: S562 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2010)05-0454-06

Effects of N Fertilize Strategies on Chlorophyll Content in Leaf of Cotton under Mulch-film Drip Irrigation

WANG Ling^{1,2}, ZHU Jing-rong³, YANG Tao², WANG Bin², YANG Jin-yu², CHEN Bao-yan¹, LIU Hua², XU Yong-mei², MA Xing-wang^{2*}, ZHAO De-chen¹

(1. College of Resource and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Institute of Soil and Fertilizer, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 3. Center Laboratory of Xinjiang Academy of Agricultural Science, Urumqi 830091, China)

Abstract: Field trail about the effects on the environment of crop land in cotton at different irrigation and different strategies of fertilizing under mulch-film drip irrigation was carried out in south Xinjiang, used chlorophyll meter SPAD-502 to measure SPAD value in cotton leaves and to analyze the relationship between chlorophyll SPAD values and cotton yield. The results showed that, at the whole growing period, to dynamic trend, peak and accumulation of chlorophyll SPAD values were different with different strategies of fertilizing. In the budding stage and flowering stage, the accumulation of chlorophyll SPAD values were influenced by strategies of fertilizing, but in the bolling stage, the influence was not remarkable. There were significant linear correlations between chlorophyll SPAD values and cotton yield, the higher the content of chlorophyll, the higher the yield. Excessive irrigation may not give high yield at optimum fertilization and strategy of fertilizing.

Key words: application of N fertilizing strategy; cotton; SPAD value; yield

叶片是光合作用的主要器官,光合作用与叶片叶绿素含量有密切关系,叶片叶绿素含量的消长规律是反映叶片生理活性变化的重要指标之一^[1]。了解和掌握叶片的叶绿素含量变化规律是

提高作物产量的理论基础。通过控制生长期施肥量可以改变棉花体内叶绿素的含量,延缓叶片衰老和光合功能衰退^[2-3]。棉花、水稻等农作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值呈显著的正相关关系。结

收稿日期:2009-12-11 作者简介:汪玲(1983-),女,硕士研究生, w15710@126.com; * 通讯作者, maxw@xaas.ac.cn

基金项目:“十一五”国家科技支撑课题(2006BAD21B02,2006BAD25B09);新疆重大专项课题(200731133-2,200731137-1)

果表明,水稻在不同生育时期 SPAD 值与叶绿素含量的相关系数为 0.64~0.97,达显著水平,叶片 SPAD 值在不同生育期的变化可以表明作物的氮素营养状况^[4-7]。应用叶绿素仪来估计作物氮营养状态和进行氮肥推荐被认为是迅速、准确地监控田间作物氮营养状况和生长是否正常的有效手段,可及时提供植物生长的信息^[8]。对在不同施氮量、不同品种、不同叶位的棉花叶片叶绿素的时空分布规律已有报道^[3,8-11],但关于不同追施氮肥策略对棉花叶片叶绿素 SPAD 值变化的研究甚少。本文就水氮耦合条件时不同追施氮肥策略下棉花不同生育期叶片叶绿素 SPAD 值的动态变化进行观测分析,以期为提高棉花水肥高效合理利用和高产栽培的研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验在新疆库尔勒市包头湖农场进行。试验区属于典型的干旱气候,年平均降雨量为 56.2 mm,年平均蒸发量为 2497.4 mm,年均日照时数

2878 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 4252.2 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 205 d。土壤为沙壤土,肥力中等,地下水位 2.0~2.5 m。

1.2 试验设计

试验设计施肥策略和灌水量 2 个因素。施肥策略设计为 5 个水平,即在总施肥量相同的情况下,各生育期追肥量的比例有所不同。施纯氮总量为 385 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,各水平氮肥施用比例见表 1。灌水量设 2 个水平,分别为 W_1 (4800 $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$) 和 W_2 (5400 $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$)。 W_1 是达到高产的最低灌水量, W_2 是保证高产的较高灌水量。灌水制度根据试验区天气特征和高产棉花需水规律制定,见表 2。完全组合后共 10 个处理,重复 3 次,共 30 个小区,随机区组排列。试验用新陆中 21 的新品系,覆膜种植,行距 (15+60+15+60) cm,株距 10 cm,一膜四行精量播种,4 月 15 日播种,4 月 22 日出苗。所有处理磷肥用量相同,均为基施 P_2O_5 207 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,不施钾肥。追施尿素用施肥罐控制施肥量,随水滴施。灌水方式为膜下有压滴灌,用水表控制每次灌水量。

表 1 氮肥基追施比例

Table 1 The application proportion of N fertilizer

施肥处理	施氮总量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	施氮分配比例 /%						
		基肥比例 /%	追 1 蕾期	追 2 初花期	追 3 盛花期	追 4 花铃期	追 5 盛铃期	追 6 盛铃期
N_1	385	40.37	3.73	6.71	15.28	19.75	12.30	1.86
N_2	385	40.37	4.47	5.96	16.40	18.63	9.69	4.47
N_3	385	40.37	5.22	5.22	23.50	23.50	9.50	9.50
N_4	385	40.37	5.96	4.47	18.60	16.4	4.47	9.69
N_5	385	40.37	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94

表 2 灌水制度设计表

Table 2 The design system of irrigation

灌水日期	06-17	06-25	07-02	07-08	07-16	07-23	07-31	08-07	08-14	08-21	08-28
追肥日期	-	06-25	-	07-08	-	07-23	07-31	08-07	-	08-21	-
W_1 ($\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$)	192	288	384	384	432	480	960	960	480	144	96
W_2 ($\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$)	216	324	432	432	486	540	1080	1080	540	162	108

1.3 测定项目和方法

分别在棉花生长的蕾期、花期、花铃期、盛铃期于每次追肥后 2~3 d,采用 SPAD-502 叶绿素测定仪,通过测量叶片在两种波长 (650 nm 和 940 nm) 光学浓度差的方式来确定叶片当前叶绿素的相对数量^[5]。以 SPAD 值表示的叶绿素含量是相

对数值,而叶绿素 SPAD 值的积累量也是整个生育期叶片叶绿素的相对积累量。通过测定整个生育期叶片叶绿素 SPAD 值,来反映叶绿素 SPAD 积累量的动态变化。试验在每个小区定 4 株,测定棉花倒 4 叶叶绿素 SPAD 值,在叶片的不同部位测 3 次,取其平均值。用 Excel、DPS 等统计软

件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥追施策略影响下棉花整个生育期叶片叶绿素含量的动态变化

图 1 显示低灌水量($4800 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)和高灌水量($5400 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)条件下棉花单株功能叶叶绿素 SPAD 值的变化。总体上看,各个处理棉花功能叶叶绿素 SPAD 值在不同生育阶段均呈单峰曲线,峰值出现在花铃期(播种后 110 d 左右)。蕾期叶绿素 SPAD 值都较低,至花铃期叶绿素 SPAD 值逐渐增大,并达到最大值。进入盛铃期叶绿素 SPAD 值又稍有下降趋势,但仍高于蕾期。

从图 1-a 看,在低灌水量条件下,虽然各个处理的叶绿素 SPAD 值在整个生育期的变化趋势表现一致,但不同处理叶绿素 SPAD 值的变化速率和最大值出现的时间不同。 N_1 、 N_2 处理 SPAD

值增加速率最大的时期在棉花蕾期(播种后 89 d 以前),随着生育期的推进 SPAD 值缓慢增大,但增加幅度较小,直至花铃盛期(播种后 110 d 左右)达到最大值,而后 SPAD 值稍有下降。 N_3 、 N_4 、 N_5 处理 SPAD 值在蕾期、花期均持续增大,至花铃盛期达到最大值,然后逐渐下降。从图 1-b 看,在高灌水量条件下,各个处理的叶绿素 SPAD 值在整个生育期的变化也是单峰曲线,峰值出现在花铃期(播种后 110 d 左右)。但与低灌水量条件下稍有不同的是各个处理 SPAD 值增加速率最大的时期均在花铃期(播种后 110 d 左右),并达到最大值,而后 SPAD 值稍有下降。其中, N_1 处理变化幅度最明显, N_5 处理变化幅度最小。不同施氮处理条件下的叶绿素含量均有差异。其中 N_4 处理在低灌水量和高灌水量水平下均能获得较高的 SPAD 值,远远高于其它处理。

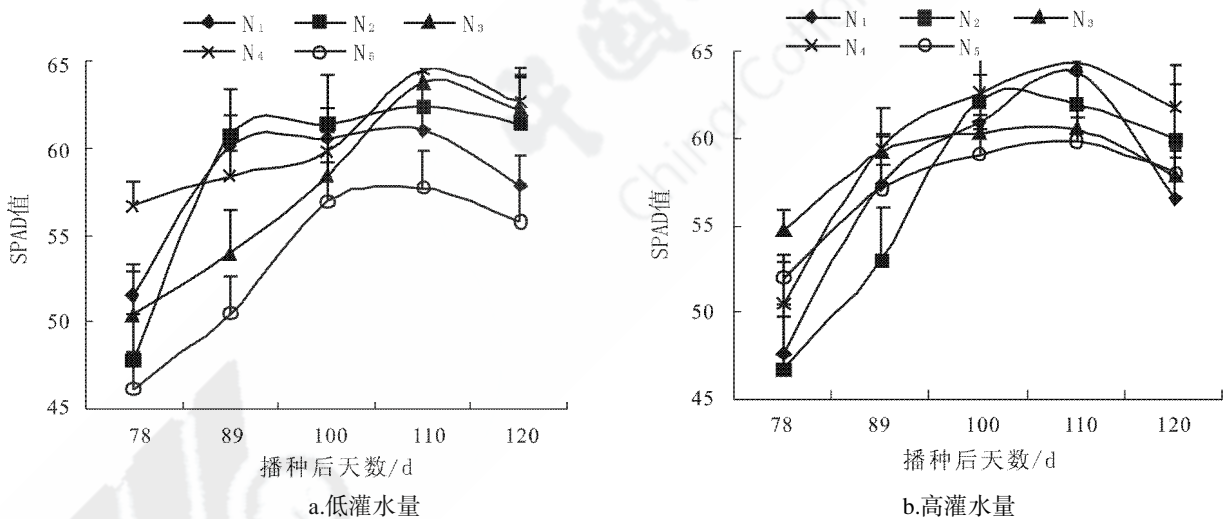


图 1 棉花生育期 SPAD 值的动态变化

Fig. 1 Dynamics on SPAD value of chlorophyll content of the cotton in the whole growing period

各处理在整个生育期施氮总量相同,只是在各生育阶段追施氮肥的数量不同,以致于各处理在相同生育阶段叶绿素的 SPAD 值不同,叶绿素 SPAD 值的积累量也有所差异(图 2)。

图 2-a 显示,在低灌溉水量下不同处理全生育期叶绿素 SPAD 值积累量在 266.9~301.7 之间,其中以 N_4 处理(追肥比例依次为 5.96%、4.47%、18.63%、16.4%、4.47%、9.69%)最高, N_5 处理(6 次追肥比例均为 9.94%)最低,两者相差 34.1 个单位,叶绿素 SPAD 值积累量高低顺序为

$N_4 > N_3 > N_1 > N_2 > N_5$ 。在高灌水量下不同处理全生育期叶绿素 SPAD 值的积累量相差不大(图 2-b),范围在 286~298 之间,仍然是 N_4 处理下 SPAD 值积累量高于其它处理。与低灌水量下不同的是各个处理 SPAD 值积累量高低顺序为 $N_4 > N_3 > N_1 > N_5 > N_2$,以 N_2 (追肥比例依次为 4.47%、5.96%、16.4%、18.63%、9.69%、4.47%)处理较低。可以说,施氮比例、灌水量都是影响叶绿素 SPAD 值积累的因素。

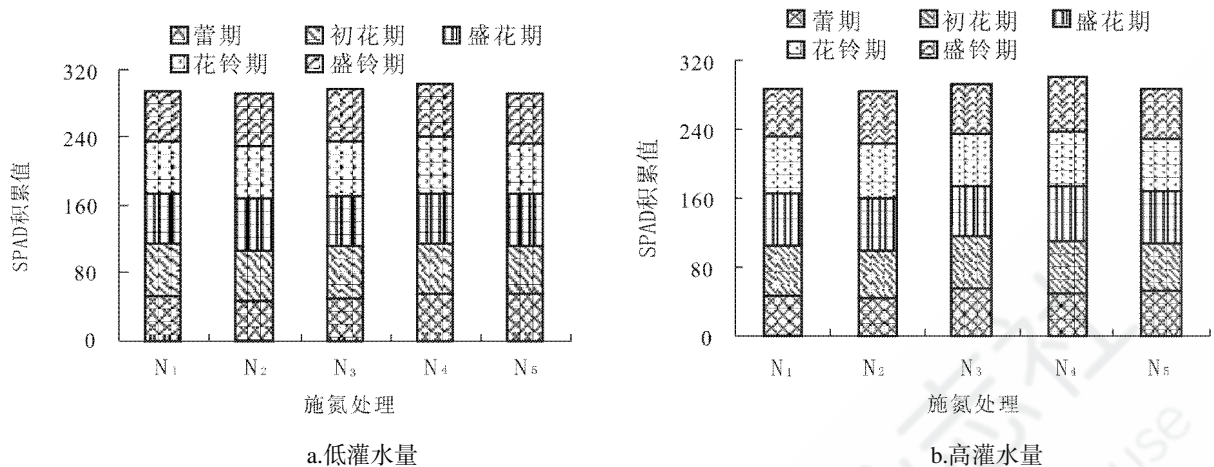


图 2 不同处理 SPAD 值积累量的动态变化

Fig. 2 Dynamics on SPAD value accumulation of the cotton at different treatments

2.2 施肥策略对棉花营养关键期叶片叶绿素含量的影响

棉花蕾期、花铃期是生长旺盛时期,随着生育期的推进,对养分的需求也会随之增加。棉花对养分的需求是持续的,但在生产中施肥只能是间断性的。为了了解相同的施肥量在同一时间段、分次施肥的数量不同对植株生长的影响,在试验中特别设计在棉花蕾期、花铃前期、花铃盛期 3 个时间段各 2 次追肥,4 个处理在每个时段的施肥量相同,但两次追肥的比例不同。图 3 显示的是在 3 个时间段追肥结束后测定的叶绿素含量。

蕾期施肥策略的设计是 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理氮肥追施量从第 1 次少第 2 次多的“前轻后重”逐渐向“前重后轻”变化, N_3 处理 2 次追肥量相同,即“多次等比例”施肥。从图 3 看,在低灌水量时,前轻后重施肥的处理叶片叶绿素要高于前重后轻和等比例施肥的;在高灌水量时,前轻后重施肥的处理叶片叶绿素要低于前重后轻施肥的。从 SPAD 值大小看,在相同施肥策略下,灌水量不同叶片叶绿素含量也会不同。 N_1 、 N_2 均是低灌水量下的 SPAD 值高于高灌水量的,而 N_3 、 N_4 则相反。这表明,棉花蕾期前轻后重的施肥策略下,低灌水量更有利于棉花叶绿素的积累;而蕾期前重后轻的施肥策略下,高灌水量更有利于棉花叶绿素的积累。进入花铃期,其施肥策略的设计与蕾期的策略相同。花铃期前期各个处理叶片叶绿素 SPAD 值均高于蕾期,并且达到峰值,以前重后轻

施肥处理叶绿素 SPAD 值表现最高。但由于蕾期各个处理叶片叶绿素 SPAD 值不同,在花铃期前期同一施肥量不同施肥策略下叶绿素 SPAD 值及 SAPD 值增长的速率有所差异。在低灌水量时,前轻后重施肥的处理叶片叶绿素 SPAD 值要低于前重后轻和等比例施肥的。就 SPAD 值增长速率上看,随着前轻后重逐渐向前重后轻的比例变化,其增长速率也是逐渐增加,以前重后轻处理 SPAD 值增长速率最大(10.4%),这与蕾期的现象不同。在高灌水量时,前轻后重施肥的处理叶片叶绿素含量要高于等比例施肥的,与前重后轻施肥的相当,但其 SPAD 值增长速率却介于其它处理之间,这与低灌水量下的现象不同。可以肯定的是,前轻后重的施肥策略有利于棉花叶绿素的积累。进入盛铃期设计的施肥策略与蕾期和花铃期前期的策略相反,是 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理氮肥追施量从第 1 次多第 2 次少的“前重后轻”逐渐向“前轻后重”变化, N_3 处理 2 次追肥量相同。进行方差分析和多重比较可知:对不同水氮配合处理的叶绿素 SPAD 值没有显著差异 ($P=0.5>0.05$),灌水量的影响 ($P=0.28$) 和施氮策略的影响也没有显著差异 ($P=0.715>0.05$)。但在盛铃期同一施肥量不同施肥策略下叶绿素 SPAD 值及 SAPD 值增长的速率还是有所不同。无论灌水高低,各个处理 SPAD 值和 SPAD 值增长速率都不明显,变化幅度在 3%~6% 之间。这与蕾期、花铃期的现象均不同。这说明,盛铃期灌水量和施氮策略对叶绿素 SPAD 值影响较小(图 3)。

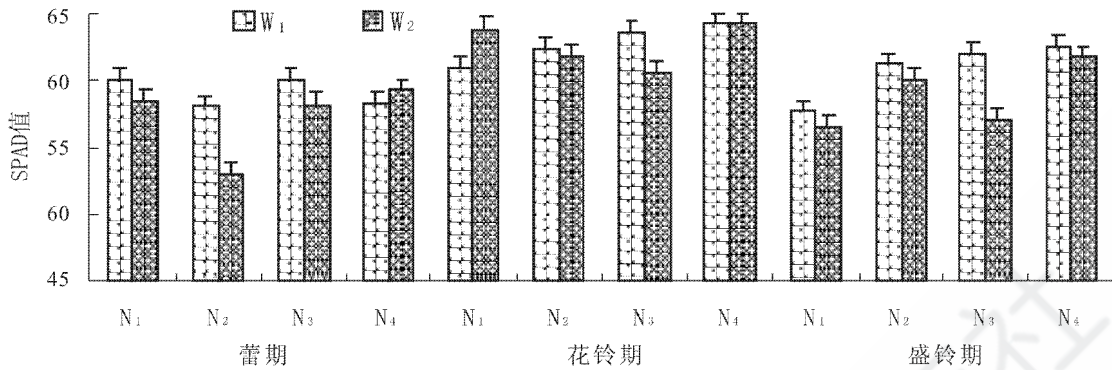


图3 不同灌水量下棉花生育期 SPAD 值的变化

Fig. 3 Dynamics on SPAD value of the cotton in different irrigations at the whole growing period

总之，在养分影响棉花生长的几个关键时期，即使施肥量相同，但在同时期几次施肥的策略不同，对叶绿素 SPAD 值的积累量也有不同的影响。说明在水肥管理中，对生育期进行更精确的动态管理是有利于提高棉花光合生产力的。

2.3 叶绿素含量与棉花产量的关系

把不同处理的 SPAD 值积累量变化趋势与对应的棉花子棉产量变化趋势联系起来分析(见图 4-a、图 4-b)，两者的变化趋势有很好的一致性，整个生育期叶绿素 SPAD 值积累量越高的处理，其产量也相应越高。无论灌水量高低，均以 N₄

处理 (各时期追肥比例为 5.96%、4.47%、18.63%、16.4%、4.47%、9.69%) 的 SPAD 值积累量最大，其产量也最高。但是，虽然在 2 种灌水量下 SPAD 值相差不大，但产量相差却不小，N₄ 处理低灌水量下产量为 6780 kg·hm⁻²，而高灌水量下的产量为 6330 kg·hm⁻²。表明棉花生育期施肥策略造成的叶绿素含量变化会直接在棉花产量上表现出来，并且在比较理想的施肥量和适宜的灌水量、水肥协同管理下获得的棉花产量要高于较高的灌水量下的产量。

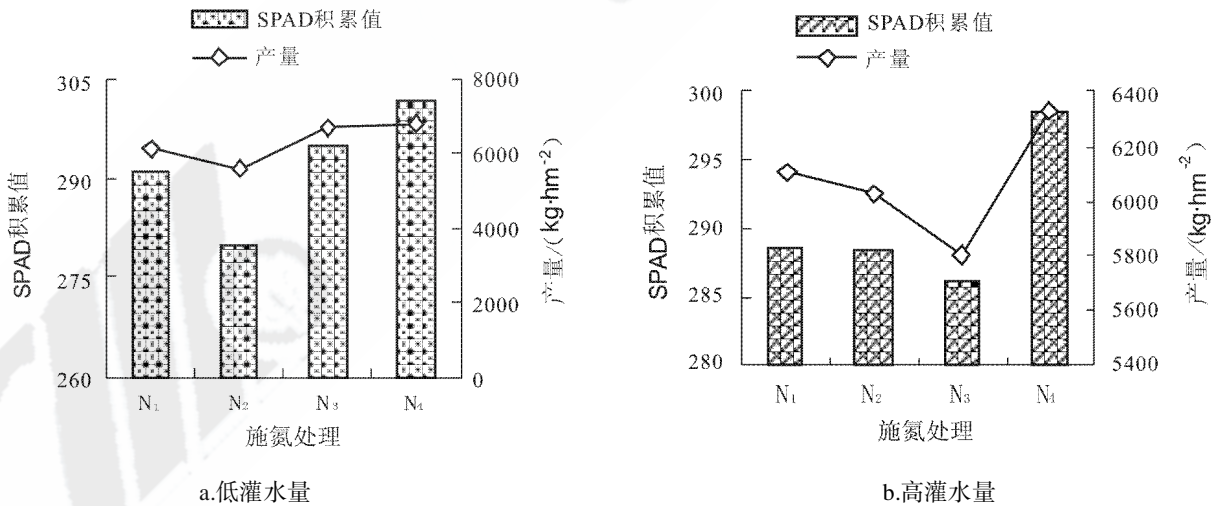


图4 叶绿素 SPAD 值与子棉产量的相关性

Fig. 4 Correlation between the chlorophyll SPAD value and cotton yield

3 结论与讨论

在棉花整个生育期施肥量相同的情况下采用不同的追肥策略，叶片中叶绿素含量变化的趋势、峰值出现时间和峰值大小都会不同，各个处理生育期累计 SPAD 的值也不同。

在养分影响棉花生长的关键的蕾期、花铃期前期，即使同一时期施肥量相同，但同一时期几次施肥的策略不同，对叶绿素积累量也有不同的影响。而在花铃期后期，即盛铃期，施肥策略对叶片叶绿素积累量影响不大。低灌水量下棉花蕾期

采取前轻后重的施肥策略更有利于棉花叶绿素的积累,花铃前期采取前重后轻的施肥策略有利于叶片叶绿素的积累。在高灌水量下有利于叶片叶绿素积累的施肥策略则相反。

施肥策略对棉花叶绿素的影响在棉花产量形成上能够被验证,棉花叶片叶绿素含量与产量有很好的正相关性,生育期积累的叶绿素含量越高,产量会越高。

干旱区棉花生产中,在满足水分需要的前提下,无论灌水量高低,在基施 40% 氮肥的情况下,棉花膜下滴灌时氮肥追施策略采用:蕾期 2 次分别追施 5.96% 和 4.47%、花铃期前期追施 18.63% 和 16.4%、花铃期盛期追施 4.47% 和 9.69%,能获得最大的产量。在比较理想的施肥量和施肥策略下,过高的灌溉量不一定会获得高的棉花产量。

很多研究表明,在植株生长的关键时期,灌水量、施氮量、叶位以及水氮的配合都是影响棉花叶片叶绿素积累的主要因素。而本研究进一步显示,在膜下滴灌棉花花铃期的前期,尽管这一阶段施氮量相同,但分几次施肥时各次施用量不同,即施肥策略不同,对棉花叶片叶绿素的积累有显著的影响。而在盛铃期,不同施肥策略对叶片叶绿素的影响不显著,这与前人研究的结果相似^[2]。大量的研究也证实了作物叶片 SPAD 值与含氮量呈线性正相关性^[5,11],而本研究进一步显示棉花叶片叶绿素的积累量与产量存在很好的一致性。新疆是中国主要的产棉区,而且是滴灌技术非常成熟的地区,用叶绿素仪法对不同施肥策略下植株叶绿素含量的空间分布进行测定,以确定最优施肥策略,是合理有效地进行水肥调控,实现棉花高产、稳产的有效方法之一。

参考文献:

- [1] 赵晓雁,李新裕,魏 健,等. 长绒棉新海 21 号叶片叶绿素含量动态分析[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(5): 628-631.
ZHAO Xiao-yan, Li Xin-yu, Wei Jian, et al. Dynamic analysis on chlorophyll content in leaf of long fiber cotton Xinhai 21[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2007, 44(5): 628-631.
- [2] 支金虎,伍维模,危常洲,等. 水分与氮素对膜下滴灌棉花叶片叶绿素含量时空分布的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(1): 7-12.
ZHI Jin-hu, Wu Wei-mo, Wei Chang-zhou, et al. Chlorophyll space-time distributing of cotton leaves by water and nitrogen in filmed field by drip irrigation[J]. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica, 2007, 16(1): 7-12.
- [3] 何 萍,金继运,林 葆. 氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究[J]. 中国农业科学, 1998, 31(3): 66-71.
HE Ping, Jing Ji-yun, Lin Bao. The study of the effect of nitrogen fertilizer application on spring maize leaves[J]. China Agricultural Science, 1998, 31(3): 66-71.
- [4] 邹飞波,许馥华,金球群. 利用叶绿素计对短季棉氮素营养诊断的初步研究[J]. 作物学报, 1999, 25(4): 483-488.
WU Fei-bo, Xu Fu-hua, Jin Qiu-qun. The study of diagnosis of nitrogen nutrition of Short Season Cotton with chlorophyll meter [J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(4): 483-488.
- [5] 艾天成,李方敏,周治安,等. 作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究[J]. 湖北农学院报, 2000, 20(1): 6-8.
AI Tian-cheng, Li Fang-min, Zhou Zhi-an, et al. The research of the relation between the chlorophyll content and the SPAD value on crop leaves[J]. Acta Hubei Agricultural Sinica, 2000, 20(1): 6-8.
- [6] 陈 防,鲁剑巍. SPAD-502 叶绿素计在作物营养快速诊断上的应用初报[J]. 湖北农业科学, 1996(2): 31-34.
CHEN Fang, Lu Jian-wei. The application of diagnosis of crop with chlorophyll meter-502[J]. Acta Agriculture Hubei Agricultural Science, 1996(2): 31-34.
- [7] 张金恒,王 珂,王人潮,等. 叶绿素计 SPAD-502 在水稻氮素营养诊断中的应用[J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(2): 177-180.
ZHANG Jin-heng, Wang Ke, Wang Ren-chao, et al. The application of diagnosis of rice with chlorophyll meter-502[J]. Journal of Northwest University, 2003, 31(2): 177-180.
- [8] WESTCOTT M P, Wraith J M. Correlation of leaf chlorophyll readings and stem nitrate concentrations in peppermint[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1995, 26 (9/10): 1481-1490.
- [9] FOX R H, Piekielek W P, Macneal K M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1994, 25: 171-181.
- [10] MARKUS L, Katharina S, Hans S. Vertical leaf nitrogen distribution in relation to nitrogen status in grassland plants[J]. Annals of Botany, 2003, 92: 679-688.
- [11] 马宗斌,房卫平,谢德意,等. 氮肥和 DPC 用量对棉花叶片叶绿素含量的 SPAD 值的影响[J]. 棉花学报, 2009, 21(3): 224-229.
MA Zong-bin, Fang Wei-ping, Xie De-yi, et al. Effects of nitrogen application rates and DPC sparing doses on content of chlorophyll and SPAD value in leaf of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Cotton Science, 2009, 21(3): 224-229.