

锌素调节下棉花叶绿素和产量的协同响应

支金虎^{1,2}, 赵书珍¹, 段黄金¹, 柴勃臻¹, 夏鑫¹

(1.塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300; 2.塔里木大学棉花科学研究所, 新疆阿拉尔 843300)

摘要:应用大田试验研究了外源锌素调节对棉花叶绿素和产量影响的相关性。结果发现,不论锌素水平高低,棉花功能叶叶绿素含量都在盛蕾期最高。但在不同生育时期,叶绿素含量随锌水平的变化是不同的,此结果源于棉花不同生育时期对锌的代谢能力差异及光合作用积累物质的不同。锌素水平与经济产量之间呈现显著的一元二次相关关系。所拟合的肥料效应方程为 $y = -0.1625x^2 + 7.8751x + 280.56$ 。但边际产量随着施锌水平的增加呈现的趋势是:快(正)-慢(正)-快(负)-慢(负)。不同生育时期,棉花功能叶叶绿素含量出现最大时所需施锌量分别为:苗期为 20 kg/hm^2 , 盛蕾期为 10 kg/hm^2 , 盛花期期为 30 kg/hm^2 , 铃期为 20 kg/hm^2 , 吐絮期为 30 kg/hm^2 。

关键词: 锌素; 棉花; SPAD值; 产量; 相关性

中图分类号: S562 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0137-04

棉花属于对锌敏感的作物,随着棉田氮肥和磷肥施用量的增加,导致了大量元素与微量元素锌的比例失调,土壤中有效锌得不到及时补充,影响了棉花的生长发育,限制了棉花产量和品质的提高。增施锌肥有利于叶绿素和生长素的合成,可促进棉花对养分的吸收,协调养分运转,增强光合作用。殷宪强等研究发现,锌素除了一般生理功能外,能够显著增强玉米生长量和叶绿素含量,尤其在干旱胁迫下效果更为显著^[1]。许洁等人以 PEG6000 模拟干旱环境,发现重金属锌胁迫可导致不同硫浓度水平的玉米功能叶片中叶绿素含量的降低,在干旱条件下更明显地导致叶绿素含量的降低,但适当施用锌则可提高叶片中叶绿素含量^[2]。在磷、钾肥底肥的基础上,施用氮、锌肥均有一定的增产作用,在施氮基础上适量配施锌肥,不仅利于增产,而且利于棉花品质的改善^[3]。在大田条件下,以适量氮、磷、钾肥为底肥,增施锌肥 7.5 kg/hm^2 后,可以使花生增产 5.20% ^[4],当喷施 0.5% 的锌肥时能使苹果增产 24.7% ^[5]。同时研究者认为,锌的存在不但可以改善苜蓿中蛋白质的含量^[6],而且能有效促进氮、磷、钾的吸收效率^[7,8]。目前产生上述效应的原因各有所论,但作者认为均与锌素提高植物光合作用有关。锌在作物正常生长情况下及一定的胁迫下均可明显提高作物的光合速率和光合色素的产生^[9,10],可以将植株叶片特征光谱因子作为评价重金属 Zn 污染

胁迫的特征响应指标,从而科学有效地利用锌素^[11]。目前锌素对棉花叶绿素及产量影响,尤其是在锌调节下各种形状及产量指标间的关系,很少见到报道。研究者通过大田试验锌素调节下与棉花叶绿素及产量的相关性研究,以期为棉花生产上合理施用锌肥提供有力的理论依据。

1 材料与方法

1.1 方案设计

试验于 2007~2008 年在塔里木大学农业试验站开展,土壤为砂性壤土,有机质含量 10.9 g/kg ,全氮含量为 1.01 g/kg ,碱解氮为 98.3 mg/kg ,速效磷含量 12.1 mg/kg ,速效钾含量 168 mg/kg ,土壤有效锌含量为 0.613 mg/kg 。锌肥 ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 基施用量分别为 0 kg/hm^2 (F_0), 10 kg/hm^2 (F_1), 20 kg/hm^2 (F_2), 30 kg/hm^2 (F_3), 40 kg/hm^2 (F_4), 50 kg/hm^2 (F_5),重复 3 次。供试棉花品种为中棉所 49,在生长期不追施肥料,不喷施缩节胺,吐絮期测定后打顶。

1.2 指标测定

分别在棉花生长的苗期、盛蕾期、盛花期、铃期、吐絮期,每小区定点选 30 株棉株,用 SPAD-502 叶绿素仪测定棉花功能叶(倒四叶)的叶绿素含量(以 SPAD 值记),分别在叶片尖端、两边取三个点测定,取平均值作为结果。产量以理论测定产量作为试验结果,测定方法如下:

$$\text{籽棉产量}(\text{kg/hm}^2) = \frac{\text{每公顷株数} \times \text{平均单株铃数} \times \text{平均单铃籽棉重}(\text{g})}{1000(\text{g})}$$

收稿日期:2009-10-19

基金项目:国家“十一·五”科技支撑计划课题(2007BAC20DB01-3);塔里木大学校长基金项目(TDZKSS08002)

作者简介:支金虎(1978-),男,甘肃张掖人,讲师,硕士,主要从事植物营养和植物化学生态的研究。E-mail: zjhzy@163.com。

单株铃数测定:每小区测定 30 株的成铃数,求出平均单株铃数作为结果(其中幼铃和花蕾不计算在内)。

行距测定:每点数 11 行(10 个行距),量其宽度总和,再除以 10 即得。株距测定:每点在一行内取 21 株(20 个株距),量其总长度,再除以 20 即得。行距和株距在每个小区测定三个样点,求平均值作为结果。

$$\text{每公顷株数} = \frac{10000\text{m}^2}{\text{行距(m)} \times \text{株距(m)}}$$

1.3 数据处理

试验数据用 Excel 做基本处理,并用 SAS8.1 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 锌素对棉花叶绿素含量动态变化的影响

由图 1 可看出,棉花功能叶的叶绿素含量在不同生育时期都有所变化。总体来讲,在 5 个生育时期,棉花功能叶的 SPAD 值的变化趋势是:升高→下降→升高→下降,至成熟时(吐絮期)功能叶逐渐衰退,叶绿素积累呈下降趋势,SPAD 值直至降到与苗期近似水平。但由于锌素的调节,变化趋势会有一定差异,随着锌施用量的不同,虽然出现的两个峰期均相同,但每个生育时期的叶绿素含量会随着锌施用量的不同而显著不同。经 SAS8.1 方差分析可知,每个生育时期叶绿素含量对不同施用量的锌的响应都有显著差异。在苗期,以施锌肥 20 kg/hm² 和 30 kg/hm² 时 SPAD 值最高,但二者之间差异不显著,以施锌肥 10 kg/hm² 和 0 kg/hm² 最小,二者同样无显著差异。在 6 个施锌水平下,功能叶 SPAD 值大小排列对应处理为: F₂ ≈ F₃ > F₅ > F₄ > F₁ ≈ F₀。在第一峰期(盛蕾期),以对照和施锌 10 kg/hm² 时 SPAD 值最高,而施锌 50 kg/hm² 时最低,SPAD 值大小顺序对应的处理为: F₁ > F₀ ≈ F₃ > F₂ ≈ F₄ > F₅。在盛花期结果表现异常,除 F₂ 锌用量下结果偏低外,其它各施锌量下表现出的差异不是很明显,产生这样的结果目前仍无法解释。在第二个峰期(铃期),F₀ 和 F₂ 之间 SPAD 值差异不显著,它们与其它几个处理差异均达到显著水平。总的来讲,在铃期,随着施锌量的增加,功能叶叶绿素含量是增加的。至吐絮期,在锌用量为 30 kg/hm² 时叶绿素含量最大,与其它几个施锌量间差异均显著。

总的来说,在棉花生长的苗期,需要锌量较少,适量的锌素能保证叶片中比较高的叶绿素含量,锌用量过高时叶绿素含量会下降,但太低时又难于促

进叶片积累足够的叶绿素来进行光合作用。在盛蕾期,棉花生长达到最旺盛阶段,此时由于吸收大量元素很多,会抑制棉花对锌的吸收,当锌量较多时会由于内部吸收机制的改变和离子间的拮抗而使叶绿素积累下降。铃期棉花处于生殖生长旺盛时期,大量的养分包括锌被运输到铃壳以参与生殖生长代谢,而分配到叶片中的锌就相对减少。因此,此阶段随着锌用量增加,叶片叶绿素含量是逐渐增加的。到吐絮期,由于前期吸收大量的锌素及棉株的衰老,叶片中叶绿素含量已经对基施的锌反应不敏感。

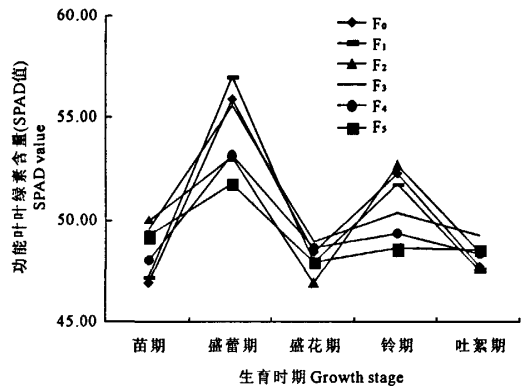


图 1 锌素调节下棉花功能叶叶绿素含量的动态变化

Fig.1 Dynamics of SPAD value of cotton functional leaf by zinc regulation

2.2 锌素调节对棉花产量的影响

随着锌素用量的增加,棉花产量先升高后降低, ZnSO₄·7H₂O 从 0 kg/hm² 到 20 kg/hm² 为递增阶段。从图 2 可知,在这段施锌水平段内,锌的边际产量是先升高后降低,直至 ZnSO₄·7H₂O 为 20 kg/hm² 左右,边际产量降为最低,此时棉花产量达到最高。之后随着 ZnSO₄·7H₂O 用量的增加,边际产量变为负值,在 ZnSO₄·7H₂O 用量为 20 kg/hm² 到 60 kg/hm² 之后的这段施肥水平段,随施锌量增加,棉花产量越来越低,但是边际产量上表现出异常现象,即边际产量的绝对值是逐渐减小的。

在设置的处理下,锌素水平与产量之间呈现一定的二次相关性。所拟合的一元二次肥料效应方程为 $y = -0.1625x^2 + 7.8751x + 280.56$, 相关系数 $r = 0.8573^*$, 因此说明锌肥用量与棉花产量之间具有显著的二次相关关系。不同条件下棉花边际产量都与产量的增加有直接的关系,但在不同的条件下(如灌水^[12])和施肥(如施有机肥^[13])棉花边际产量的计算方法和表现趋势都不同,因此,施锌后棉花边际产量和经济产量的变化趋势不能用来评价棉花对

其它养分的响应。

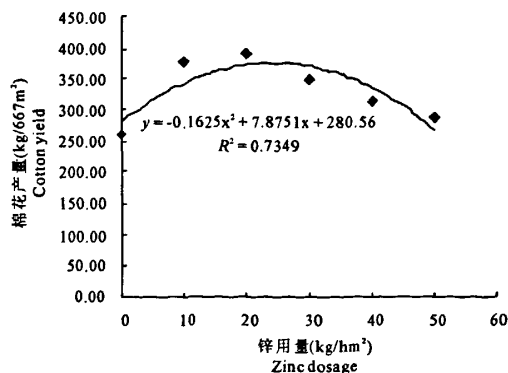


图2 锌素调节下棉花产量动态变化

Fig.2 Dynamics of cotton yield by zinc regulation

2.3 不同生育时期棉花叶绿素和产量对锌素的协同响应

将每个生育时期 SPAD 值及产量的对照值作为基本度量, 设为 1, 圆心为零。则其它量可表示为以基本度量为基础的指数——处理值/对照值。如图 3 所示, 圆上各点度量值均为 1, 其它测定的值分别表示为 MS(蕾期 SPAD 值)、BS(盛蕾期 SPAD 值)、HS(盛花期 SPAD 值)、LC(铃期 SPAD 值)、XC(吐絮期 SPAD 值)及 Y(产量)。把图的 360 度分为 6 个区域, 每个区域以连接圆和中心连线作为中线并向外发散, 中线分别代表 MS、BS、HS、LC、XC、及 Y 的测定值。最小的环, 代表对照水平的 1/3 值或最差情况; 中间的环代表对照水平及基本度量值, 称为标准区(线); 最外边的环表示对照水平的 1.6 倍, 即试验中的最佳状态(见图 3)。

由图 3 可以看出, 五个生育时期的叶绿素含量与产量均表现一定的协同性, 每个施锌水平均有指示 SPAD 值适应作物需要, 以达到与之相适应的产量, 但通过锌素对于产量的直接作用及由叶绿素传递给产量的间接作用都有促使产量达到相对较高的水平, 因而表现出一定的锌素施用量指向试验中的最高产量。在不同生育时期, 棉花功能叶叶绿素含量出现最大时所需施锌量分别为: 使苗期叶绿素含量最大时基施量为 20 kg/hm², 使盛蕾期叶绿素含量最大时基施量为 10 kg/hm², 盛花期为 30 kg/hm², 铃期为 20 kg/hm², 吐絮期为 30 kg/hm²。在相应的时期, 以相应水平的锌素进行多种方式施用, 可以促进棉花叶片叶绿素积累和光合作用, 并可以获得比较高的产量。

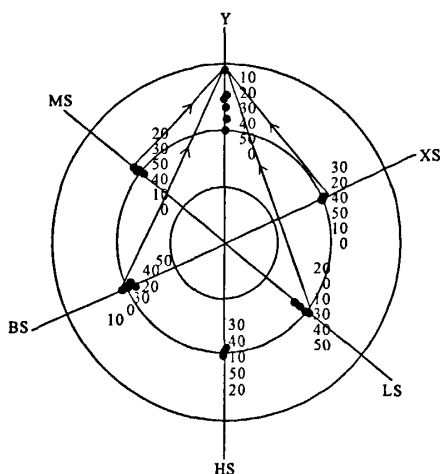


图3 锌素调节下棉花叶绿素与产量的协同响应

Fig.3 Cooperating response of cotton Chlorophyll II

3 小结与讨论

本研究结果发现, 在设置的六个水平下, 不论锌素水平高低, 棉花功能叶叶绿素含量都在盛蕾期最高。但在不同生育时期, 叶绿素含量随锌水平的变化是不同的, 此结果源于棉花不同生育时期对锌的代谢能力差异及光合作用积累物质的不同。锌素水平与经济产量之间存在显著的一元二次相关关系。所拟合的一元肥料效应方程为 $y = -0.1625x^2 + 7.8751x + 280.56$ 。边际产量随着施锌水平的增加呈现的趋势是: 快(正)一慢(正)一快(负)一慢(负)。不同生育时期, 棉花功能叶叶绿素含量出现最大时所需施锌量分别为: 苗期为 20 kg/hm²、盛蕾期为 10 kg/hm²、盛花期为 30 kg/hm²、铃期为 20 kg/hm², 吐絮期为 30 kg/hm²。

目前植物营养学学者们已经对锌素能促进植物叶绿素含量的结论形成了共识, 这可以为我们在生产中适量施用锌肥提供一定的理论依据。叶绿素含量的高低是评价植物叶片光合作用强弱的一个指标, 从而在某种程度上可以有效指示产量高低。叶绿素积累量和棉花产量的部分贡献都来自于土壤锌素, 而叶绿素含量则又可在某种程度上预示产量的高低。因而, 在锌素调节下, 两指标对土壤锌素具有一定的协同响应机制。水分胁迫使小麦旗叶叶绿素含量、叶绿素荧光动力学参数 F_v 下降, PSI 原初光能转换效率和 PSI 潜在活性降低; 同时, 属于荧光诱导动力学慢变化过程的光合电子传递也发生明显变化, 表现为产量减少^[14]。锌不但是多种脱氢酶、蛋白酶、肽酶的必要组份^[10], 可以促进棉花生长的多

种代谢活动,同时也可使作物提高其自身的抗旱性能。因而,合理有效的施锌是获得棉花高的生物学产量和经济产量的途径之一。

参考文献:

- [1] 殷宪强,王国栋,孙慧敏,等.干旱条件下锌、锰肥对玉米叶绿素含量的影响[J].中国农学通报,2004,20(6):196—198.
- [2] 许洁,曲东,周莉娜.硫营养对锌和干旱胁迫下玉米叶片中叶绿素含量的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):33—37.
- [3] 杜新民,党建友.氮、钾肥配施对小白菜产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007,(6):50—53.
- [4] 丛惠芳,孙治军,张梅,等.不同量B、Zn肥对花生生长和产量的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2008,39(2):171—17.
- [5] 刘汝亮,同延安,樊红柱,等.喷施锌肥对渭北旱源苹果生长及产量品质的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):62—65.
- [6] 刘贵河,韩建国,王莹.硼、铜、锌与大量元素配施对紫花苜蓿草产量和品质的影响[J].草地学报,2004,12(4):268—272.
- [7] 杨利华,郭丽敏,傅万鑫.施锌对玉米氮磷钾肥料利用率、产量及籽粒品质的影响[J].中国生态农业学报,2003,11(2):41—43.
- [8] 施木田,陈如凯.锌钼营养对苦瓜产量、品质及叶片氮素代谢的影响[J].热带作物学报,2003,24(4):57—61.
- [9] 付宝荣,李法云,臧树良,等.锌营养条件下镉污染对小麦生理特性的影响[J].辽宁大学学报(自然科学版),2000,27(4):366—370.
- [10] 郭新梅,戴继勋,王娟,等.锌离子(Zn^{2+})对坛紫菜叶状体光合色素含量的影响[J].中国海洋大学学报,2007,37(1):107—110.
- [11] 陈思宁,刘新会,侯娟,等.重金属锌胁迫的白菜叶片光谱响应研究[J].光谱学与光谱分析,2007,27(9):1797—1800.
- [12] Robert H J, Earl D V, Jeremy K G, et al. Economic effect of late irrigation on Mid-South cotton[J]. Summaries of Arkansas Cotton Research,2004:156—160.
- [13] Vaiyapuri K, Mohamed A M, Pazhanivelan S, et al. Yield attributes, yield and economics of cotton as influenced by intercropping unconventional greenmanures[J]. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2007,3(4):302—305.
- [14] 梁新华,许兴,徐兆楨,等.干旱对春小麦旗叶叶绿素a荧光动力学特征及产量间关系的影响[J].干旱地区农业研究,2001,19(3):72—76.

Research on relativity of cotton chlorophyll and yield by zinc regulation

ZHI Jin-hu^{1,2}, ZHAO Shu-zhen¹, DUAN Huang-jin¹, CHAI Bo-zhen¹, XIA Xin¹

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China;

2. Cotton Science Institute, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: A field experiment was conducted to study the relativity of cotton chlorophyll and yield by zinc regulation. The results showed clearly that regardless of high or low levels of zinc, cotton leaf chlorophyll content was highest in flourishing bud period. However, at the different stages, changes of chlorophyll content to zinc levels were different, which resulted from the differences of metabolism capabilities and substances accumulating power through photosynthesis. A binary correlativity showed between zinc level and cotton yield. Fitting equation was $y = -0.1625x^2 + 7.8751x + 280.56$. However, the trends of marginal production by increasing zinc level were: quick (positive) - slow (positive) ~ quickly (negative) - slow (negative). At different growth stages, zinc levels for the largest value of chlorophyll content of cotton functional leaf were: 20 kg/hm² in seedling stage, 10 kg/hm² in flourishing bud period, 30 kg/hm² in full flowering stage, 20 kg/hm² in bell stage and 30 kg/hm² in boll period.

Keywords: zinc; cotton; SPAD value; yield; relativity