

施锌对棉花不同生育期净同化率的影响

支金虎^{1,2}, 聂云疆³, 万素梅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;

3. 新疆生产建设兵团农二师 30 团, 新疆库尔勒 841006)

摘要: 应用田间试验研究了锌素施用下棉花净同化率的动态变化规律。研究发现, 随着锌素用量的增加, 棉花产量先升高后降低, 施 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 20 kg/hm^2 产量达到最高; 随着棉花生长发育进程, 净同化率(NAR)呈现先升高后降低的趋势, 蕾期~花期(LH)为最大; 生长前期(苗期~盛花期), 随着锌用量的增加, NAR 呈明显上升趋势, 而生长中后期(花期~吐絮期), 随着锌素施用量的增加, 净同化率明显降低, 在生长后期尤其是铃期以后, NAR 对锌素反应表现的比较异常, 不论锌施用量多少, NAR 均低于对照; 在盛花期~铃期, 锌素用量和 NAR 之间不论是直线型、指数型还是二次曲线型关系, 都达到显著水平, 但以一元二次曲线拟合更好。

关键词: 锌素; 棉花; 净同化率; 动态变化

中图分类号: S562.01, S143.7⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)01-0094-05

净同化率(Net assimilation rate, NAR)指植物光合作用的净效率, 因此也称为植物的光合生产率(Photosynthetic produce rate)。Gregory 等将净同化率定义为在一定时间内单位面积叶片干重的增加量^[1]。之后各国学者都将 NAR 作为植物生长状况的一个重要指标来进行研究。植物的净同化率不但与土壤状况、水分亏缺、植物基因等有关, 还与矿质营养的吸收密切相关。而且, 它可以指示植物吸收矿质营养临界情况^[2,3], 从而为矿质营养丰缺诊断提供新的思路。棉花在生长过程中需要大量的二氧化碳同化来完成其光合代谢, 当二氧化碳吸收量减少时, 便会影响到棉株生长和产量的提高^[4], 而表现结果则可以用净同化率来衡量。有研究者认为, 水分亏缺和土壤盐分过重会严重抑制小麦、玉米的光合和呼吸^[5,6], 施用钾肥则可以有效提高马铃薯的净同化率^[7], 从而缓解水分、盐分对作物生长的影响。锌素作为棉花生长必不可少的矿质元素, 是否可以用净同化率来指示锌素丰缺, 是一个很有意义的研究课题。因此, 施锌对棉花不同生育时期净同化率的影响研究, 可为棉花合理施肥和高产栽培管理提供理论参考。

1 材料与方 法

试验于 2007~2008 年在塔里木大学农业试验站进行, 土壤为砂性壤土, 土壤有机质含量 10.9

g/kg(重铬酸钾容量法), 全氮含量为 1.01 g/kg(凯氏定氮法), 碱解氮为 98.3 mg/kg(碱解扩散法), 速效磷含量 12.1 mg/kg(钼锑抗比色法), 速效钾含量 168 mg/kg(中性醋酸铵浸提-火焰光度法), 土壤有效锌含量为 0.613 mg/kg(DTPA 浸提-AAS 法), 含量较低(土壤锌临界值为 0.5 mg/kg, 但在新疆石灰性土壤上, 有效锌含量低于 1.0 mg/kg 则认为是相对缺乏)。

试验采用完全随机区组设计, 单因素六水平, 重复 3 次。锌肥($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)采用分析纯化学试剂, 基施(将称好的每份肥料与 5 kg 细土混匀, 然后行间开沟均匀撒入, 施肥深度 10 cm)用量分别为 0 kg/hm^2 (CK), 10 kg/hm^2 , 20 kg/hm^2 , 30 kg/hm^2 , 40 kg/hm^2 , 50 kg/hm^2 , 小区面积 38.4 m^2 。供试棉花品种为中棉所 49, 在生长期不追施任何肥料, 不喷施缩节胺, 吐絮期测定后打顶。

分别在棉花生长的苗期~盛蕾期(用 ML 表示)、盛蕾期~盛花期(用 LH 表示)、盛花期~铃期(用 HL 表示)、铃期~吐絮期(用 LX 表示)测定棉花整株的叶面积及干物质重, 每次测定均在两次灌水中间进行, 分别在每个小区定点 10 株进行叶面积测定, 求得单株叶面积, 随机在中行、边行分别取连续的 5 株, 共 10 株测定并求得单株干物质重。叶面积采用长宽法进行计算。按照 Radford^[8] 公式计算净同化率(NAR)。

收稿日期: 2009-05-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30870403); 国家“十一·五”科技支撑计划课题(2007DAC20B01-3); 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。

$$NAR = \frac{(DM_2 - DM_1) / (\ln LA_2 - \ln LA_1)}{(LA_2 - LA_1)(t_2 - t_1)}$$

式中, DM_1 、 DM_2 分别为 t_1 、 t_2 时的干物质重; LA_1 、 LA_2 为 t_1 、 t_2 时的平均单株叶面积。

产量以理论测定产量作为试验结果,测定方法如下:

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

平均单株铃数的测定: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)。

单铃籽棉重测定:每小区定点 30 株棉株,从吐絮后定期采收,多次采收后将各小区每次收集到籽棉的重量累加,得到 30 株棉花籽棉重,之后计算出每株单铃重,除以单株铃数后则为平均单铃籽棉重。

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。

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

数据用 Microsoft Excel 2003 进行基本处理和趋势分析,用 SAS8.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同施锌水平对棉花产量的影响

随着锌素施用量的增加,棉花产量先升高后降低, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 从 0 kg/hm^2 到 20 kg/hm^2 为递增。从图 1 可知,在这段施锌水平段内,锌的边际产量(指在其它生产要素投入不变的情况下,由于单位施肥量投入增加所带来的总产量的增加量)是先升高后降低,直至 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 20 kg/hm^2 左右,边际产量降为最低,此时棉花产量达到最高。之后随着 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 用量的增加,边际产量变为负值,在 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 用量为 20 kg/hm^2 到 60 kg/hm^2 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。所拟合的肥料效应方程为 $y = -0.1625x^2 + 7.8751x + 280.56$,复相关系数 $R^2 = 0.7349$,经检验,达到 0.05 的显著水平。合理有效的施锌不仅可以获得棉花比较高的经济产量,同时

可以提高棉花的生物学产量也即干物质积累。棉花较高的生物量积累是丰产的前提,这也即是棉花生产中的丰产架子搭建。通过生物量(干物质量)计算的净同化率,在很大程度上就与棉花经济产量息息相关。

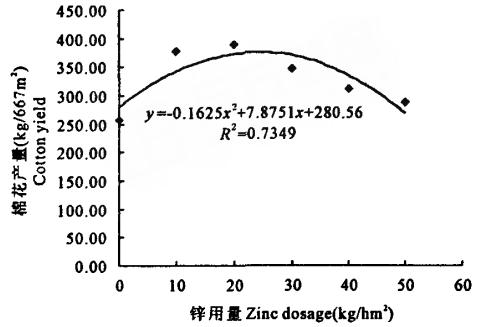


图 1 锌素调节下棉花产量动态变化

Fig.1 Dynamic of cotton yeild by zinc regulation

2.2 锌素施用下棉花净同化率的生育期变化规律

由图 2 可知,在苗期~蕾期(ML)、蕾期~花期(LH)、花期~铃期(HL)、铃期~吐絮期(LX)这四段时段内,不同施锌水平,净同化率都有同样趋势,即随着棉花的生长,NAR 都是先升高后降低,在盛蕾期和盛花期这段时间内,NAR 达到最大值。在不施锌肥的处理下,花期~铃期后,净同化率呈上升趋势,而施锌情况下则有较大差异,锌素施用量越大,下降速度越快。

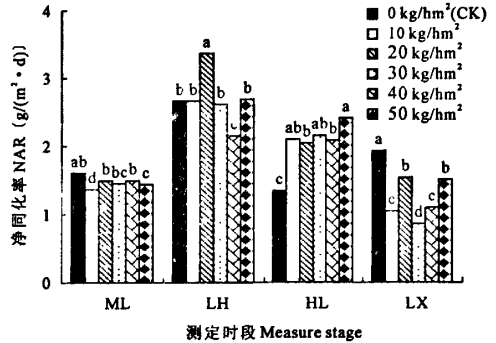


图 2 不同时期棉花 NAR 随锌素施用量的变化

Fig.2 Dynamics of NAR in different growth stages by zinc fertilized (注:图中标识不同字母表示差异达 0.05 显著水平)

(Note: The different letters of sort marks show notable diversity of 5%)

从 NAR 的变化趋势来看,在棉花生长的营养生长期及生殖生长初期(苗期~蕾期、蕾期~花期),锌素能有效提高净同化率,而在营养生长盛期(花期~铃期、铃期~吐絮期),随着锌素施用量的增加,净同化率明显降低。造成棉花后期 NAR 降低的可能

原因:一是棉花生长后期下部叶片和部分棉铃脱落所致,另一可能原因是与植物体在大量繁殖后为适应群体生长而采取的个体间协调机制。经 SAS8.0 方差分析及 DUNCAN 多重比较可知,在每个时期,棉花净同化率都有极显著差异,其中在盛蕾期到盛花期这段时间 NAR 最大,其次为盛花期到铃期,之后随着棉桃成熟,NAR 开始下降,在铃期~吐絮期(LX)这段时间,NAR 已经与营养旺盛生长时期(ML)无显著差异(图 2)。

施锌能有效提高棉花的净同化率,在蕾期~铃期这段时间表现的尤为突出。在苗期~盛蕾期(ML),锌对棉花 NAR 的作用不是很显著,在施锌的各个水平下,NAR 测定值无显著差异。在盛蕾期~盛花期(LH), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 达到 20 kg/hm^2 的时候能显著提高棉花 NAR。在盛花期~铃期(HL)这段时间,施锌对 NAR 表现出来的效果非常显著,在设定的几个处理水平下,随着 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 用量的增加,NAR 呈增加趋势,以 $50 \text{ kg/hm}^2 ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 时最大。在生殖生长后期,棉花 NAR 表现异常,施锌处理 NAR 均低于对照,这时候出现了对棉花的毒害。出现这种结果的原因可能与棉花对锌素的吸收规律有关,在蕾期~铃期,生长最为旺盛,光合作用和锌的利用率都很高,而到铃期以后,需养分量减少,同时株体内部代谢减弱,由于后期为棉花灌水减少,使得本来就在土壤中转化速度很慢的土壤锌素的转化、转移进一步变慢,导致锌素短期过剩。

2.3 棉花净同化率与锌素用量之间的相关关系

在试验中测定的 4 个生育时段 ML、LH、HL、LX 中,锌素用量和净同化率(NAR)之间都呈线性关系、指数线性关系和二次曲线关系,但在 ML、LH 和 LX,均呈一定的负线性相关关系,但相关性不显著。而在 HL 则呈正线性相关关系,且直线方程 $y = 0.0156x + 1.6316$ 的复相关系数 R^2 可达 0.8051,达到 0.05 显著水平;指数方程 $y = 106061e^{0.0085x}$ 的相关系数也达到 0.05 显著水平($R^2 = 0.7810$),此时二次曲线 $y = -0.0004x^2 + 0.0359x + 1.4963$ 则达到 0.01 的显著水平(复相关系数 $R^2 = 0.8615$)。在 LX 这段时期,锌素施用量与 NAR 之间也有显著的二次曲线关系,只是此时相关性有所下降(图 3)。

从图 3 中可明显看出,在棉花生长的营养生长及生殖生长前期,施锌对棉花 NAR 的贡献率不大,二者的相关性较差。在生殖生长后期,其贡献率大

增,尤其以花期到铃期这段时间最为显著,不论是直线型、指数型还是二次曲线型关系,都达到显著水平,可见,在 HL 这段时间,棉花对锌的吸收和代谢活动都最为旺盛。到成熟期(LX),二者呈现出了显著的二次曲线相关关系,但此时为负相关,由此也间接证明植物成熟期养分吸收量、吸收效率和光合代谢明显减弱。

3 小结与讨论

净同化率不仅是植物呼吸代谢的一个重要指标,而且是衡量光合作用的一个尺度。Singh M and Singh S 认为,外加钠源($NaHCO_3$)不但与豌豆生长率和产量有显著的负相关关系,还与净同化率有显著负相关关系,但在不同品种间差异很大^[9]。Geok-Yong Tan 发现,紫花苜蓿干物质积累过程中,氮同化率对株体的光合生产率贡献率最大,这是由于紫花苜蓿生物固氮后高效地将光能转变为对干物质产量的贡献^[10]。夏更寿等也发现,钾能有效提高马铃薯的净同化率^[7]。因此,某些营养元素对植物净同化率的影响已经完全被证实,但有关锌素的影响研究,国内外至今鲜见报道。

棉花的经济产量与其丰产架子(较高的生物量积累)有很大关系,因此也与由干物质质量计算的净同化率关系密切。本试验研究发现,随着锌素用量的增加,棉花产量先升高后降低;在棉花生长发育过程中,净同化率(NAR)均呈现先升高后降低的趋势,以生殖生长前期(蕾期~花期)为最大,之后随着生长发育会降至营养生长时期水平,甚至更低水平。一般情况下,作物的净同化率都有一元二次上凸抛物线的变化趋向,但出现最高点的生育时期因作物种类和基因型不同而有差异。棉花生长的各个时期,锌均能有效影响净同化率,生长前期(苗期~盛花期),随着锌用量的增加,NAR 呈明显上升趋势,而生长中后期(花期~吐絮期),随着锌素施用量的增加,净同化率会明显降低。从试验结果来看,棉花产量与净同化率的变化在不同锌素用量下表现出了一定的协同效应,二者均是在锌素水平达到 20 kg/hm^2 左右达到最高。由此可见,一定量的锌素能增加棉花的生物量积累及净同化率,有利于产量的提高,合理施锌能通过促进棉花碳水化合物的积累而为高产提供有利的保证。

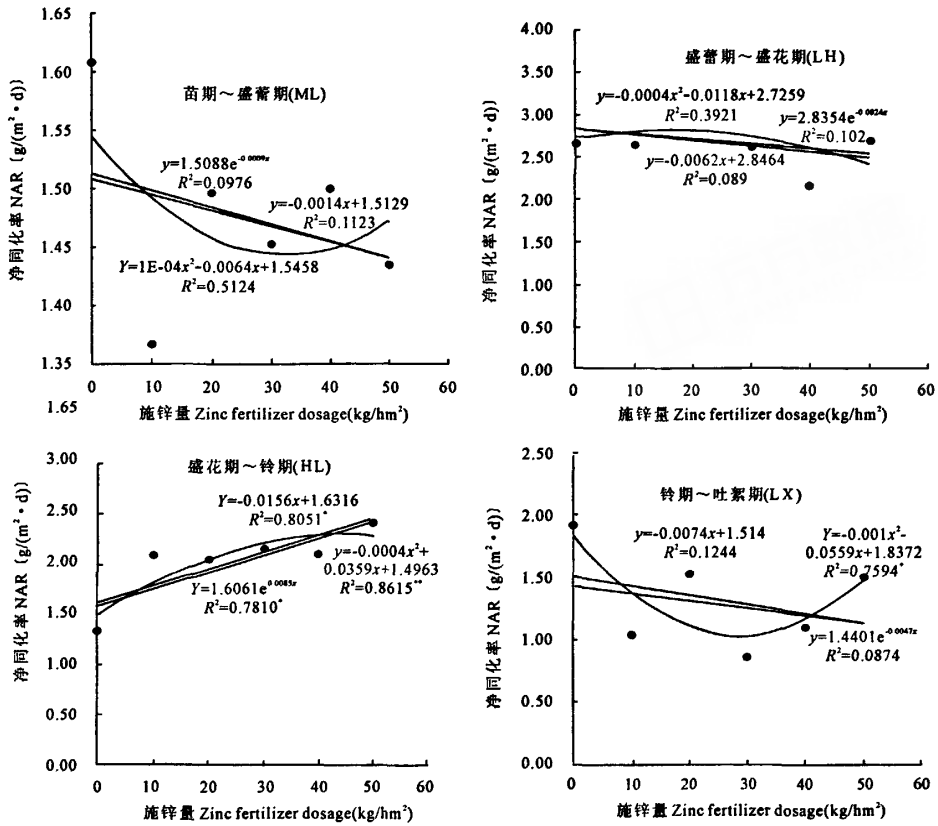


图 3 不同生育时期棉花 NAR 与锌素用量之间的相关性

Fig.3 The relationship between cotton NAR and zinc amount applied in different stagesation

研究中发现,在生长后期尤其是铃期以后,由于土壤溶液和植株体内锌浓度过高,表现出了锌中毒的结果,不论施用量为多少,NAR 均要低于对照,而且差异达极显著水平。出现这种结果的原因可能与棉花对锌素的吸收规律有关。在铃期以后,棉花株体内各种代谢减弱,需养分减少,使锌利用率下降,施入土壤中的锌在棉花生长后期水分相对较少的情况下表现出耕层土壤中锌浓度升高,正是这种短期的锌素“富集”,使生长后期本来就需锌极少的棉花产生中毒,再加上成熟期为防止脱铃和促进吐絮而人为减少灌水次数和灌水量,就会造成试验中表现出来的结果。

在棉花生长的不同生育时期,锌素对棉花 NAR 的贡献率都有差异,二者表现出来的关系也不同。但从结果来看,在盛花期~铃期这段时间,不论是直线型、指数型还是二次曲线型关系,都达到显著水平,但以一元二次曲线拟合更好,回归方程的复相关系数 R^2 可达 0.8651 **, 因此可认为,从盛花期到铃期,棉花对锌的吸收和代谢活动都最为旺盛。本研

究中我们采用的是土壤施锌,根据试验结论,我们认为,土壤施锌有一定的效果,但对棉花生长来讲,为获得以高产为根本目的的茂盛的生物群体,应将要施用的锌肥进行基施和追施。在盛花期~铃期进行追肥,不但可以增加棉花的生物量,而且可有效促进其二氧化碳的同化和光合效率的提高,同时还能提高锌素的贡献率。

参考文献:

- [1] Gregory F G. Physiological conditions in cucumber housed[J]. Third Ann Rep Exp, and Res Sta, Cheahunt, 1917,19:353—360.
- [2] Vans G C. The Quantitative Analysis of Plant Growth[M]. Berkeley, CA(EUA): University of California Press, 1972:734.
- [3] Yukio Kujira, Mikio Kanda. The relationship between the root growth analysis and the growth analysis in Lolium multiflorum Lam[J]. Japanese Journal of Crop Science,1982,51(1):1—7.
- [4] Richard Jasoni, Tom Cothren, Carlos Fernández. Carbon dioxide exchange rate of cotton after complete boll removal[J]. The Journal of Cotton Science, 2000,4:91—96.
- [5] Muhammad A K, Slam K, Muhammad Abid, et al. Growth analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under saline conditions[J].

Journal of Agriculture & Biology, 2005, 7(3): 508—510.

- [6] Limin Wang, Yongxia Wei, Tianfang Fang. Water-saving and anti-drought combined technological measures' influences on maize yield formation factors and water utilization efficiency in semi-arid region [J]. Nature and Science, 2005, 3(1): 88—94.
- [7] 夏更寿, 郭志平. 马铃薯不同生育期追施钾肥效果的研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2007, 25(4): 392-394.
- [8] Radford P J. Growth analysis formulae—their use and abuse[J]. Crop Science, 1967, 7: 171—175.
- [9] Singh M, Singh S. Net assimilation rate, relative growth rate and yield of pea genotypes under different NaHCO_3 concentrations[J]. Biologia Plantarum, 1994, 36(1): 145—148.
- [10] Geok-Yong Tan, Wai-Koon Tan. Net assimilation rate and relative nitrogen assimilation rate in relation to the dry matter production of alfalfa cultivars[J]. Plant and Soil, 1981, 59(2): 185—192.

Effect of zinc application on net assimilation rate of different cotton growth stages

ZHI Jin-hu^{1,2}, NIE Yun-jiang³, WAN Su-mei¹

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

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

3. 30th Regiment of No. 2 Agriculture Division of Xinjiang Production and Construction Group, Korla, Xinjiang 841006, China)

Abstract: Dynamic regulation of cotton net assimilation rate(NAR) was studied under zinc application by field experiment. The results showed that with the increased use of zinc, the yield had a tendency of increasing first and decreasing then; and as the process of growth and development of cotton, NAR had a tendency of increasing first and decreasing then. In the period of flourishing budding to flourishing flowering, NAR reached the maximum. With the enhancement of zinc dosage, NAR increased at growth prophase and decreased at metaphase to anaphase obviously. After bell period, the response of NAR to exogenous zinc showed very exceptional, and regardless of the amount of zinc fertilized, NAR was always lower than that of control. At the period of full flowering to bell, whether the relationship of NAR and zinc amount is linear, exponential or a quadratic curve-type, they all reached a significant level. Nevertheless, the quadratic curve was fitting better. Thus, by studying the effect of zinc application on net assimilation rate of different cotton growth stages, we may obtain some new ideas of rational fertilization for cotton cultivation.

Keywords: zinc; cotton; net assimilation rate(NAR); dynamics

(上接第 75 页)

Effect of different fertilization systems on available phosphorus in black soil

WANG Feng-ju^{1,2}, HAN Xiao-zeng^{1,2}, WANG Feng-xian^{1,2}, SONG Chun², ZHU Xia², LU Si-jia^{1,2}

(1. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150081, China)

Abstract: Soil samples without fertilizer(CK), and with chemical fertilizer(NP) and chemical fertilizer amended with organic manure(NPM) were collected from the Hailun Agricultural Ecology Station of the Chinese Academy of Sciences to study the effects of different fertilizations on phosphorus supplying in black soil by pot experiment. The results showed that organic P in NP and NPM soils had stronger mineralization than that in CK soil, and planting maize was in favor of mineralization of soil P; The basic P supplying ability of CK soil was weaker than that of NP and NPM soils, and fertilization improved P supplying ability of CK soil, however, fertilization had little effect on the P supplying ability. Long-term planting crops without fertilizer application made P of soil in exhausting, and NK fertilization and planting crops increased the consumption of soil P. CK soil had weaker P supplying ability, and the dependence of crops on soil P was lower, but it had higher efficiency in P utilization, so that P fertilization had obvious effect on crop yield increasing, however, NP and NPM soil had a reverse effect.

Keywords: fertilization system; P supplying ability; black soil