

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第1期 Vol.32 No.1 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 1 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

局域种群的 Allee 效应和集合种群的同步性	刘志广, 赵 雪, 张丰盘, 等 (1)
叶片毛尖对齿肋赤藓结皮凝结水形成及蒸发的影响	陶 冶, 张元明 (7)
长江口锋面附近咸淡水混合对浮游植物生长影响的现场培养	王 奎, 陈建芳, 李宏亮, 等 (17)
河流流量对流域下垫面特性的响应	田 迪, 李叙勇, Donald E. Weller (27)
中国中东部平原亚热带湿润区湖泊营养物生态分区	柯新利, 刘 曼, 邓祥征 (38)
基于氮磷比解析太湖苕溪水体营养现状及应对策略	聂泽宇, 梁新强, 邢 波, 等 (48)
滇池外海蓝藻水华爆发反演及规律探讨	盛 虎, 郭怀成, 刘 慧, 等 (56)
采伐干扰对华北落叶松细根生物量空间异质性的影响	杨秀云, 韩有志, 张芸香, 等 (64)
松嫩草原榆树疏林对不同干扰的响应	刘 利, 王 赫, 林长存, 等 (74)
天山北坡不同海拔梯度山地草原生态系统地上净初级生产力对气候变化及放牧的响应	周德成, 罗格平, 韩其飞, 等 (81)
草原化荒漠草本植物对人工施加磷素的响应	苏洁琼, 李新荣, 冯 丽, 等 (93)
自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异	张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等 (101)
晋、陕、宁、蒙柠条锦鸡儿群落物种多样性对放牧干扰和气象因子的响应	周 伶, 上官铁梁, 郭东罡, 等 (111)
华南地区 6 种阔叶幼苗叶片形态特征的季节变化	薛 立, 张 柔, 奚如春, 等 (123)
河西走廊不同红砂天然群体种子活性相关性	苏世平, 李 毅, 种培芳 (135)
江西中南部红壤丘陵区主要造林树种碳固定估算	吴 丹, 邵全琴, 李 佳, 等 (142)
酸雨和采食模拟胁迫下克隆整合对空心莲子草生长的影响	郭 伟, 李钧敏, 胡正华 (151)
棉铃虫在 4 个辣椒品种上的寄主适合度	贾月丽, 程晓东, 蔡永萍, 等 (159)
烟草叶面积指数的高光谱估算模型	张正杨, 马新明, 贾方方, 等 (168)
不同作物田烟粉虱发生的时空动态	崔洪莹, 戈 峰 (176)
长期施肥对稻田土壤固碳功能菌群落结构和数量的影响	袁红朝, 秦红灵, 刘守龙, 等 (183)
新银合欢篱对紫色土坡地土壤有机碳固持的作用	郭 甜, 何丙辉, 蒋先军, 等 (190)
一株产漆酶土壤真菌 F-5 的分离及土壤修复潜力	茆 婷, 潘 澄, 徐婷婷, 等 (198)
木论喀斯特自然保护区土壤微生物生物量的空间格局	刘 璐, 宋同清, 彭晚霞, 等 (207)
岷江干旱河谷 25 种植物一年生植株根系功能性状及相互关系	徐 琨, 李芳兰, 苟水燕, 等 (215)
黄土高原草地植被碳密度的空间分布特征	程积民, 程 杰, 杨晓梅, 等 (226)
棉铃发育期棉花源库活性对棉铃对位叶氮浓度的响应	高相彬, 王友华, 陈兵林, 等 (238)
耕作方式对紫色水稻土有机碳和微生物生物量碳的影响	李 辉, 张军科, 江长胜, 等 (247)
外源钙对黑藻抗镉胁迫能力的影响	闵海丽, 蔡三娟, 徐勤松, 等 (256)
强筋与弱筋小麦籽粒蛋白质组分与加工品质对灌浆期弱光的响应	李文阳, 闫素辉, 王振林 (265)
专论与综述	
蛋白质组学研究揭示的植物根盐胁迫响应机制	赵 琪, 戴绍军 (274)
流域生态风险评估研究进展	许 妍, 高俊峰, 赵家虎, 等 (284)
土壤和沉积物中黑碳的环境行为及效应研究进展	汪 青 (293)
研究简报	
青藏高原紫穗槐主要形态特征变异分析	梁坤伦, 姜文清, 周志宇, 等 (311)
菊属与蒿属植物苗期抗蚜虫性鉴定	孙 娅, 管志勇, 陈素梅, 等 (319)
滨海泥质盐碱地衬膜造林技术	景 峰, 朱金兆, 张学培, 等 (326)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 332 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-01



封面图说: 白鹭展翅为梳妆, 玉树临风巧打扮——这是大白鹭繁殖期时的美丽体态。大白鹭体羽全白, 身长 94—104cm, 寿命 20 多年。是白鹭中体型最大的。繁殖期的大白鹭常常在湿地附近的大树上筑巢, 翩翩飞舞吸引异性, 其繁殖期背部披有蓑羽, 脸颊皮肤从黄色变成兰绿色, 嘴由黄色变成绿黑色。大白鹭是一个全世界都有它踪迹的广布种, 一般单独或成小群, 在湿地觅食, 以小鱼、虾、软体动物、甲壳动物、水生昆虫为主, 也食蛙、蝌蚪等。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201011261682

高相彬,王友华,陈兵林,李健,周治国. 棉铃发育期棉花源库活性对棉铃对位叶氮浓度的响应. 生态学报, 2012, 32(1): 0238-0246.

Gao X B, Wang Y H, Chen B L, Li J, Zhou Z G. Effect of nitrogen concentration in the subtending leaves of cotton bolls on the strength of source and sink during boll development. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(1): 0238-0246.

棉铃发育期棉花源库活性对棉铃对位叶氮浓度的响应

高相彬,王友华,陈兵林,李 健,周治国*

(南京农业大学/农业部南方作物生理生态重点开放实验室,南京 210095)

摘要: 采用大田试验,以 3 个铃期差异明显的棉花品种为材料,研究了不同施氮量形成的棉铃对位叶氮浓度对棉花花铃期纤维发育源库活性指标的影响。结果表明:在花后同一时期,棉铃对位叶可溶性糖、蔗糖含量和磷酸蔗糖合成酶活性以及棉纤维蔗糖含量和蔗糖合成酶活性等均随对位叶氮浓度的升高呈先升高后降低的变化趋势(45、52 DPA(花后天数 Days post anthesis)的纤维蔗糖含量趋势相反),可用抛物线方程 $Y = ax^2 + bx + c$ 拟合($P < 0.01$),通过拟合方程得到各指标所对应的最佳对位叶氮浓度。45 DPA(德夏棉 1 号 38 DPA)前,花后同一时期各指标对应的最佳对位叶氮浓度差异较小,通过幂函数方程建立最佳叶氮浓度随花后天数的拟合方程,得到纤维发育期内源库活性各指标达到或接近最优状态时的适宜对位叶氮浓度的动态方程。本试验条件下,德夏棉 1 号、科棉 1 号和美棉 33B 的适宜对位叶氮浓度的拟合方程分别为 $N_{\text{德1}} = 7.2263\text{DPA}^{-0.276}$ ($R^2 = 0.9805^{**}$)、 $N_{\text{科1}} = 7.23\text{DPA}^{-0.3026}$ ($R^2 = 0.9861^{**}$)、 $N_{\text{美33B}} = 7.0997\text{DPA}^{-0.2814}$ ($R^2 = 0.9807^{**}$)。

关键词: 棉花;棉铃;棉铃对位叶;叶氮浓度;源活性;库活性

Effect of nitrogen concentration in the subtending leaves of cotton bolls on the strength of source and sink during boll development

GAO Xiangbin, WANG Youhua, CHEN Binglin, LI Jian, ZHOU Zhiguo*

Key Laboratory of Crop Physiology & Ecology in Southern China, Ministry of Agriculture/Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber plays an important role in the textile industry. Cotton fiber comes from the individual cotton bolls, so boll weight is a factor which can affect fiber yield. Boll weight is affected by genotype, environmental conditions, management practices, and other factors. Today, with superior cultivars and stable climatic and environmental conditions, management practices have become important in improving fiber yield. Nitrogen, the most important crop nutrient, has a regulatory role in crop growth. Crop yield is very commonly controlled by regulating the field application of nitrogen. The use of too much or too little nitrogen can decrease crop growth and yield. Thus, it is very important to find the optimal nitrogen levels needed to maximize fiber yield. Boll weights are controlled by both source and sink strength. Soluble sugar content, sucrose content and sucrose phosphate synthase activity are important indicators of source strength in the leaves subtending cotton bolls. Also, sucrose content and sucrose synthase activity are important indicators of sink strength in cotton fibers. Higher source and sink strength are beneficial in improving fiber yield, so finding the optimal nitrogen level is necessary for each indicator of source and sink strength. The nitrogen status of a cotton plant is more accurately reflected by the nitrogen concentration in the leaves subtending the cotton bolls than by the nitrogen application rate. So we tried to establish a quantitative relationship between leaf nitrogen concentration and each indicator to determine the optimal nitrogen level needed to achieve maximum boll weight. A field experiment was conducted to study the

基金项目:国家自然科学基金项目(30771219, 30971735);高等学校博士点基金项目(20070307052, 200803070017)

收稿日期:2010-11-26; 修订日期:2011-07-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: giscott@njau.edu.cn

relationship between leaf nitrogen concentration and source and sink strength during boll development. Three cotton cultivars (Dexiamian 1, Kemian 1 and NuCOTN 33B) and five N application rates (0, 120, 240, 360 and 480 kgN/hm²) were used. The result showed that as leaf nitrogen concentration increased, the indicators of source and sink strength initially increased and then decreased when measured at 10, 17, 24, 31 and 38 DPA (days post anthesis). As an exception, fiber sucrose content decreased initially and then increased at 45 and 52 DPA. The relationships between each indicator and leaf nitrogen concentration followed quadratic curves ($Y = ax^2 + bx + c$), in which Y stands for the content or the activity of source and sink strength indicators, x is the leaf nitrogen concentration, and a , b and c are parameters determined by the cotton cultivar. The results show there is a leaf nitrogen concentration for each indicator of source and sink strength that is the optimal theoretical value. The optimal leaf nitrogen concentration for each indicator can be determined by using the equations. The differences between the optimal leaf nitrogen concentration for each indicator were small before 45 DPA (38 DPA for Dexiamian 1). The equations for the optimal leaf nitrogen concentration in relationship to time (DPA) for Dexiamian 1 (before 38 DPA), Kemian 1, and NuCOTN33B (before 45 DPA) were $N_{\text{Dexiamian1}} = 7.2263\text{DPA}^{-0.276}$ ($R^2 = 0.9805^{**}$), $N_{\text{Kemian1}} = 7.23\text{DPA}^{-0.3026}$ ($R^2 = 0.9861^{**}$), and $N_{\text{NuCOTN33B}} = 7.0997\text{DPA}^{-0.2814}$ ($R^2 = 0.9807^{**}$), respectively. However, in the remainder of the boll development period, the optimal leaf nitrogen concentration for source strength in the subtending leaf of bolls was quite different when compared with the optimal leaf nitrogen concentration for sucrose synthase in the fiber. This research suggests that we could optimize leaf source strength and fiber sink strength to improve boll weight by regulating nitrogen concentration of the subtending the leaf boll.

Key Words: cotton; cotton boll; subtending leaves of cotton bolls; leaf nitrogen concentration; source strength; sink strength

棉花铃重是其产量构成的重要指标之一,而棉铃发育超过 80% 的营养物质由棉铃对位叶提供^[1],所以棉铃对位叶与棉铃在光合产物的合成、运输和分配等方面表现密切的源与库关系^[1-3],同时营养物质由源到库的运输受源活性和库活性的调节^[4-5]。因此,提高棉铃发育期棉铃对位叶源活性和棉铃库活性对于提高铃重、提高棉花产量具有重要意义。

作物产量受叶片中光合产物生产能力以及库器官中光合产物同化能力的双重控制。叶片中磷酸蔗糖合成酶是控制蔗糖合成的关键酶^[6],其活性与蔗糖含量呈正比,蔗糖含量高有利于其输出。库器官中蔗糖是纤维素、淀粉等物质合成的前提^[7],蔗糖在蔗糖合成酶的作用下生成 UDPG 为纤维素、淀粉合成提供直接底物^[8]。因此,可溶性糖、蔗糖以及磷酸蔗糖合成酶是表征叶片源活性的重要指标,蔗糖和蔗糖合成酶是表征库活性的重要指标^[9-10]。前人已对不同条件下的棉花源库关系进行了较多研究。Gwathmey 和 Clement 研究了种植密度和缩节胺对棉花源库关系的影响,并指出种植密度和缩节胺可改进源库关系有利于提高碳水化合物利用和产量的形成^[11]。董合忠等^[12]研究了不同整枝方式对棉花源库关系的调节效应;Read 等研究发现施氮量显著影响棉花产量和品质;低氮条件下,棉花叶面积受到抑制同时 CO₂ 同化能力降低,导致产量下降、质量降低^[13-14];孙红春等^[3]进一步指出适量施氮可以改善棉花的早衰现象,源库关系较为协调,促进铃重的增加。

氮素是调控作物产量形成的重要栽培措施之一^[15-18],改变施氮量可显著影响棉花产量的形成^[3,15],研究氮素状况对棉铃形成的影响,可为探索棉花高产的氮素调控途径提供依据。在对棉花源、库关系进行的大量研究中,有关源、库活性对氮素的响应以及棉铃发育过程中所需要的最佳氮素状况的研究未见报道。同时,以往在其他作物上的类似研究通过施氮量来表征植株氮素状况,忽略了氮素在土壤中的吸附、淋洗和挥发造成的损失,致使施氮量不能准确反映棉株氮素状况。本研究以棉铃对位叶氮浓度表征植株氮素状况,研究棉铃发育过程中源、库活性随氮素的变化规律,能够更准确反映氮素对棉花产量形成的作用机理。

棉铃发育期是棉花产量形成的关键时期,因此本研究通过设置施氮量试验形成不同的棉铃对位叶氮浓

度,研究了该时期棉铃对位叶氮浓度对棉花源、库活性的影响机理,以期确定棉铃发育期最佳氮素状况,为实现棉花的高产栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年在江苏南京江苏省农业科学院进行,供试土壤为黄棕壤土,0—20 cm 土壤有机质含量为 26.3 g/kg,全氮为 1.87 g/kg,速效氮为 130.14 mg/kg,速效磷为 28.71 mg/kg,速效钾为 130.03 mg/kg。

根据 240 kg/hm² 纯氮是江苏南京地区棉花高产适宜施氮量的研究结果^[19],选择棉花铃期差异较大的品种德夏棉 1 号、科棉 1 号和美棉 33B 为试验材料,设置棉花施氮量试验,设 5 个氮素水平(0、120、240、360、480 kgN/hm²)。氮肥运筹按基肥 40%、花铃肥 60%,将水溶尿素穴施于两棉株之间。试验采用裂区设计,以品种为主区,施氮量为副区,共 15 个处理组合,小区面积为 52.9 m²,3 次重复。于 4 月 20 日育苗,5 月 18 日移栽,行距均为 0.90 m,株距均为 0.25 m。田间其他管理均按高产栽培要求进行。

在棉株第 6—8 果枝第 1、2 果节开花时,挂牌标记当日所开白花。对挂牌标记的棉铃,在花后第 10、17、24、31、38、45、52 天于 9:00—10:00 取生长发育一致的棉铃 8—10 个及其对位叶。将棉铃中的纤维与种子分离后,纤维样品用镊子混匀分成两份,一份经液氮速冻后于 -40 ℃ 保存,另一份经风干(昼温 > 30 ℃)后备用。剪取棉铃对位叶中间部分均匀分为两份,一份洗净擦干 105 ℃ 杀青 15 min 后在 70 ℃ 下烘干,另一份经液氮速冻后于 -40 ℃ 保存备用。棉铃吐絮后按部位逐个采收,晒干备用。

1.2 测定内容与方法

(1) 铃重 棉铃吐絮后对棉铃逐个定位分收,晒干后分籽棉和铃壳称重,计算铃重。

(2) 棉铃对位叶氮浓度 粉碎已烘干的棉铃对位叶,过 40 目筛,用凯氏定氮法测定叶片全氮含量并计算其氮浓度(%)。

(3) 可溶性糖 采用蒽酮比色法测定^[20]。

(4) 蔗糖 叶片和纤维蔗糖采用间苯二酚显色法测定^[21]。

(5) 磷酸蔗糖合成酶 采用果糖和 UDPG 比色法测定^[21]。

(6) 蔗糖合成酶 采用蔗糖和 UDP 比色法测定^[22]。

1.3 统计分析

采用 Excel2003 软件完成全部数据处理和作图,SPSS11.5 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施氮量对棉花铃重的影响

3 个品种棉花单铃重随施氮量的增加均呈先升高后降低的趋势(表 1),在 240 kgN/hm² 处理下达到最大值,德夏棉 1 号、科棉 1 号和美棉 33B 分别为 5.44、6.56 g 和 5.99 g,不同处理中铃重最大值与最小值之间的差异达到极显著性水平($P < 0.01$)。表明存在最佳的氮素状况利于铃重的形成,但由于施氮量受土壤因素、棉株吸收分配因素等的影响,其不能准确反映棉株的氮素状况,使得不同地区的最佳施氮量差异较大,而只有棉株氮素状况才能准确反映铃重对氮素的需求,因此有必要研究铃重形成对应的棉株适宜氮素状况。

表 1 施氮量对棉花铃重的影响

Table 1 Effects of nitrogen rates on boll weight

品种 Cultivars	铃重 Boll weight/g				
	0 kgN/hm ²	120 kgN/hm ²	240 kgN/hm ²	360 kgN/hm ²	480 kgN/hm ²
德夏棉 1 号	4.52bB	5.01abAB	5.44aA	5.13abAB	4.99abAB
科棉 1 号	4.89cBC	5.56bcAB	6.56aA	5.76abAB	5.51bcAB
美棉 33B	5.07cB	5.55bAB	5.99aA	5.53bAB	5.39bcAB

同一行内标以不同大、小写字母的值分别在 0.01 或 0.05 显著水平(LSD 法)

2.2 施氮量对棉铃对位叶氮浓度的影响

棉纤维发育过程中,棉铃对位叶氮浓度随花后天数的增加而下降,其降低趋势符合幂函数方程,且下降幅度随花后天数增加逐渐减小(图1)。在花后同一时期,棉铃对位叶氮浓度随施氮量的增加而升高,3个棉花品种对位叶氮浓度对施氮量的响应存在差异,相同施氮量下,以德夏棉1号最高、科棉1号最低,例如在10 DPA(花后天数 Days post anthesis)、480 kgN/hm²时德夏棉1号、科棉1号和美棉33B的对位叶氮浓度分别为4.02%、3.78%和3.83%。

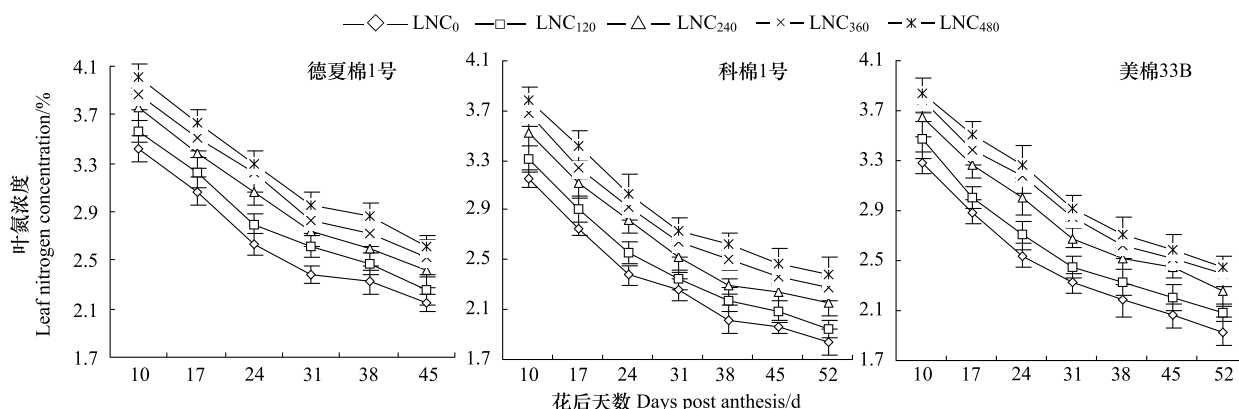


图1 棉铃对位叶氮浓度对施氮量的动态响应

Fig.1 Dynamic response of nitrogen concentration in the subtending leaf of cotton boll to nitrogen rates

LNC₀、LNC₁₂₀、LNC₂₄₀、LNC₃₆₀、LNC₄₈₀ 分别表示 0、120、240、360、480 kg/hm² 施氮量下的棉铃对位叶氮浓度

2.3 棉铃对位叶源活性对叶氮浓度的响应

棉铃对位叶源活性(可溶性糖、蔗糖、磷酸蔗糖合成酶)随花后天数和对位叶氮浓度的变化而变化(图2)。棉铃对位叶可溶性糖含量随花后天数的增加而降低,前期降低幅度大于后期;且其含量亦受棉铃对位叶氮浓度显著影响,以31 DPA为界棉铃发育前期的影响幅度大于后期;在棉铃发育后期对位叶氮浓度较低(德夏棉1号:45 DPA,2.25%;科棉1号:52 DPA,2.16%;美棉33B:52 DPA,2.08%)时可溶性糖含量比前一测定时期较高,表明该时期较低的对位叶氮浓度抑制了可溶性糖的转化输出而累积。棉铃对位叶中蔗糖含量变化趋势与可溶性糖类似;磷酸蔗糖合成酶活性随花后天数的增加而降低,且下降幅度逐渐减小。

在花后同一时期,棉铃对位叶可溶性糖含量、蔗糖含量以及磷酸蔗糖合成酶活性随对位叶氮浓度的升高呈先升高后降低的趋势,其关系符合抛物线方程(拟合方程的 R^2 均达到显著或极显著水平),表明存在适宜的对位叶氮浓度使棉铃对位叶源活性达到最高。分别计算花后不同时期棉铃发育过程中对位叶源活性与对位叶氮浓度的拟合方程,得到源活性达到最高时的叶氮浓度(表2)。

2.4 棉纤维库活性对叶氮浓度的响应

棉纤维蔗糖含量和蔗糖合成酶活性随花后天数和棉铃对位叶氮浓度的变化而变化(图3)。棉纤维蔗糖含量随花后天数的增加而降低,前期降低幅度大于后期;棉铃对位叶氮浓度显著影响蔗糖含量的动态变化,对以31 DPA为界纤维发育前期的影响大于后期。在38 DPA以前的花后同一时期,纤维蔗糖含量随对位叶氮浓度的升高呈先升高后降低的趋势,在45 DPA以后趋势相反,其关系符合抛物线型变化(R^2 均达到显著或极显著水平),表明38 DPA前存在适宜的对位叶氮浓度使蔗糖含量最高而45 DPA后存在适宜的叶氮浓度促进蔗糖转化。

棉纤维蔗糖合成酶活性的动态变化呈单峰曲线,德夏棉1号峰值出现于24 DPA左右,科棉1号和美棉33B出现于31 DPA左右,在纤维发育不同时期蔗糖合成酶活性受对位叶氮浓度的影响不同,在24—38 DPA的蔗糖合成酶活性受影响较大。在花后同一时期蔗糖合成酶活性随对位叶氮浓度的升高呈先升高后降低的趋势,其关系符合抛物线型变化(R^2 均达到显著或极显著水平),表明存在适宜的对位叶氮浓度使酶活性最

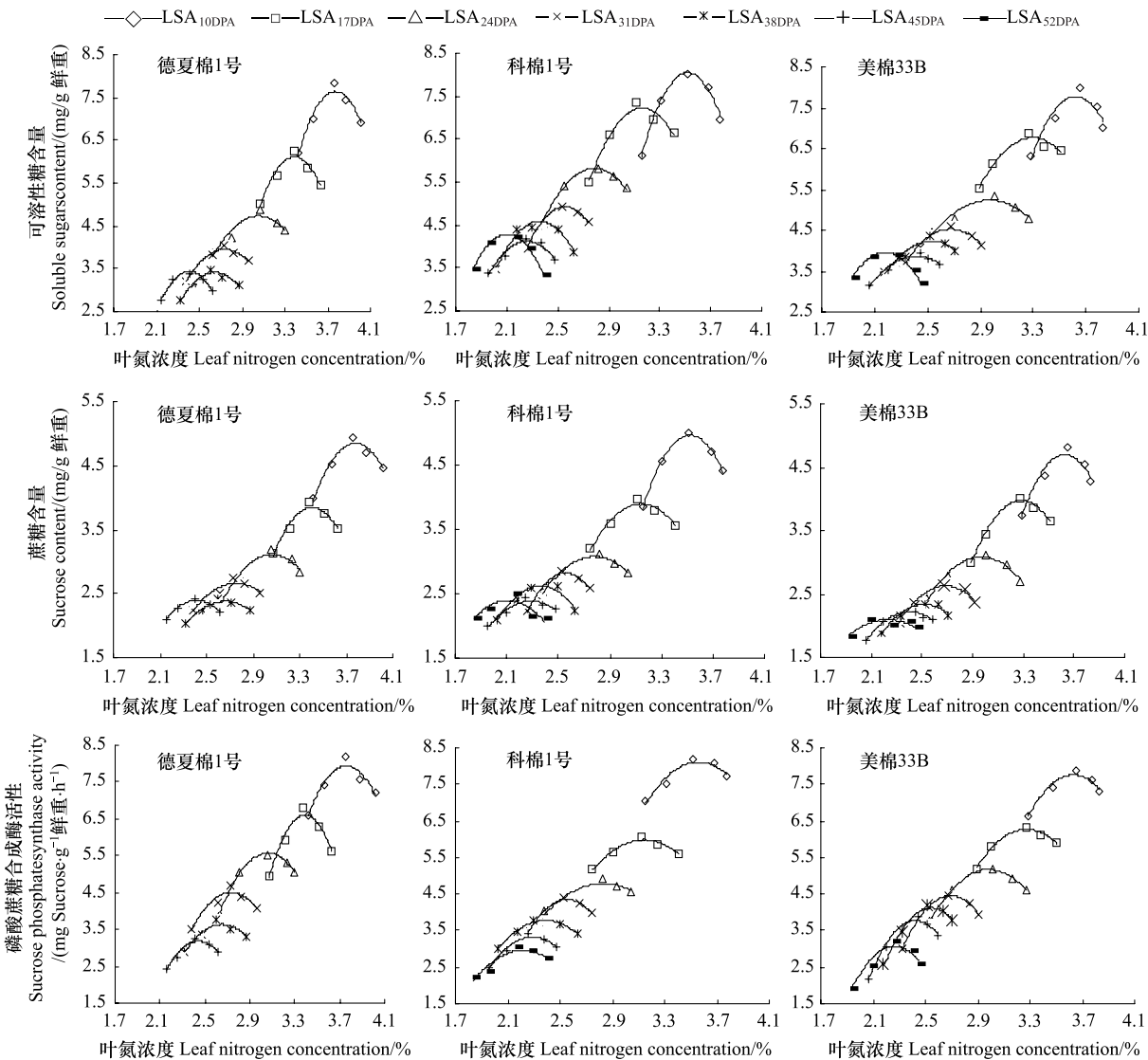


图 2 花后不同时期棉铃对位叶可溶性糖含量、蔗糖含量、磷酸蔗糖合成酶活性与对位叶氮浓度的关系

Fig. 2 Relationships between the soluble sugar, sucrose content and sucrose phosphate synthase activity dynamic and nitrogen concentration in the subtending leaf of cotton boll at different days post anthesis

LSA_{10 DPA}, LSA_{17 DPA}, LSA_{24 DPA}, LSA_{31 DPA}, LSA_{38 DPA}, LSA_{45 DPA} 和 LSA_{52DPA} 分别表示棉铃对位叶中花后 10、17、24、31、38、45 和 52d 的可溶性糖含量、蔗糖含量以及磷酸蔗糖合成酶活性

表 2 花后不同时期棉铃对位叶源活性对应的最佳对位叶氮浓度

Table 2 The optimal nitrogen concentration for leaf source activity in subtending leaf of cotton boll at different days post anthesis		最佳对位叶氮浓度 Optimal leaf nitrogen concentration/%						
品种 Cultivars	指标 Index	10 DPA	17 DPA	24 DPA	31 DPA	38 DPA	45 DPA	52 DPA
德夏棉 1 号	可溶性糖	3.77	3.39	3.05	2.74	2.64	>2.41	—
	蔗糖	3.78	3.41	3.06	2.71	2.66	>2.41	—
	磷酸蔗糖合成酶	3.76	3.39	3.06	2.73	2.65	>2.41	—
科棉 1 号	可溶性糖	3.52	3.16	2.79	2.55	2.36	2.26	>2.16
	蔗糖	3.52	3.14	2.79	2.56	2.36	2.29	>2.16
	磷酸蔗糖合成酶	3.56	3.14	2.83	2.55	2.39	2.29	2.22
美棉 33B	可溶性糖	3.62	3.29	2.97	2.68	2.53	2.41	>2.08
	蔗糖	3.63	3.28	2.97	2.69	2.52	2.40	>2.08
	磷酸蔗糖合成酶	3.63	3.27	2.98	2.69	2.55	2.42	2.26

高。分别计算花后不同时期棉纤维蔗糖含量、蔗糖合成酶活性与对位叶氮浓度的拟合方程,得到其达到最佳状态时的对位叶氮浓度(表 3)。

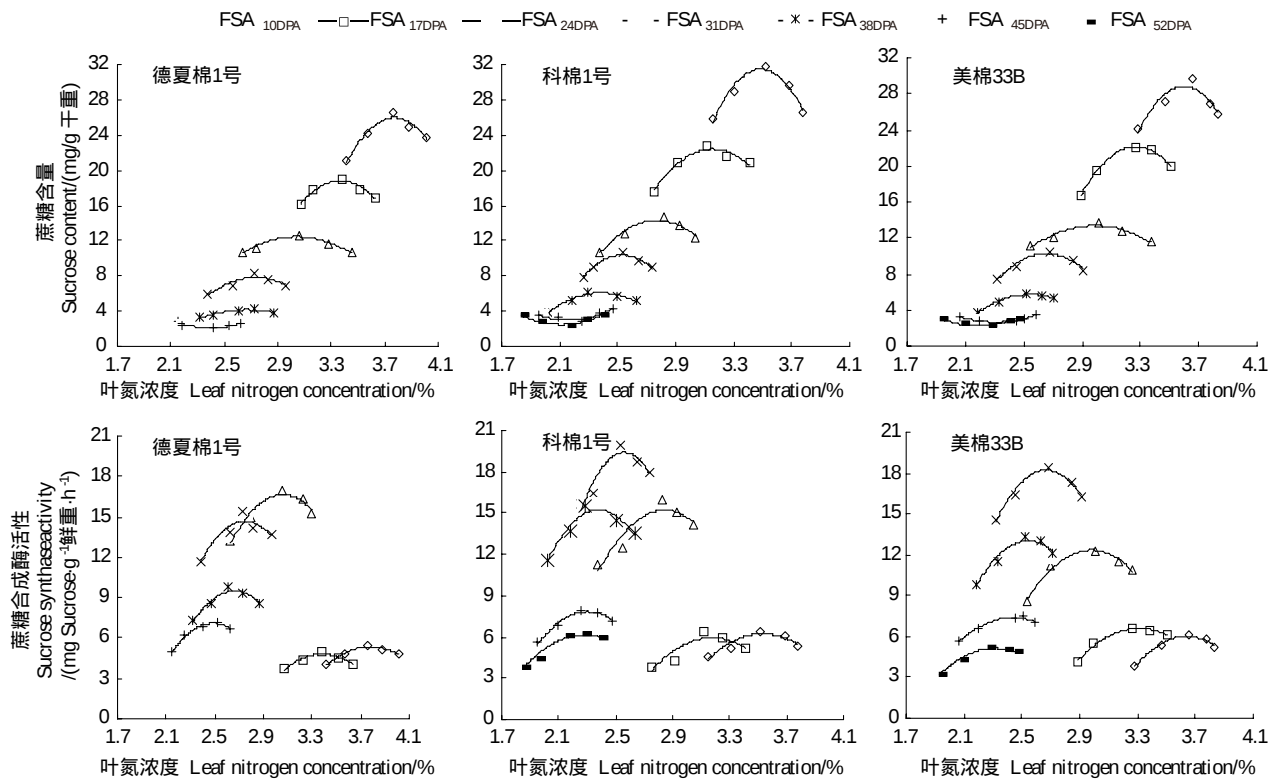


图 3 棉纤维蔗糖含量和蔗糖合成酶活性与对位叶氮浓度的关系

Fig. 3 Relationships between the sucrose content, sucrose synthase activity dynamic in cotton fiber and nitrogen concentration in the subtending leaf of cotton boll at different days post anthesis

FSA_{10 DPA}, FSA_{17 DPA}, FSA_{24 DPA}, FSA_{31 DPA}, FSA_{38 DPA}, FSA_{45 DPA} 和 FSA_{52 DPA} 分别表示花后 10、17、24、31、38、45 和 52 d 的纤维蔗糖含量和蔗糖合成酶活性

表 3 花后不同时期棉纤维库活性对应的最佳对位叶氮浓度

Table 3 The optimal nitrogen concentration in subtending leaf of cotton boll to fiber source activity at different days post anthesis		最佳对位叶氮浓度 Optimal leaf nitrogen concentration/%						
品种 Cultivars	指标 Index	10 DPA	17 DPA	24 DPA	31 DPA	38 DPA	45 DPA	52 DPA
德夏棉 1 号	蔗糖	3.77	3.34	3.01	2.73	2.67	2.40	—
	蔗糖合成酶	3.78	3.38	3.06	2.75	2.66	2.58	—
科棉 1 号	蔗糖	3.49	3.15	2.77	2.53	2.38	2.22	2.11
	蔗糖合成酶	3.53	3.18	2.84	2.56	2.40	2.30	2.28
美棉 33B	蔗糖	3.60	3.27	2.99	2.66	2.54	2.35	2.19
	蔗糖合成酶	3.64	3.31	2.98	2.67	2.54	2.44	2.31

2.5 棉花源库关系最佳棉铃对位叶氮浓度的确定

根据 2.2 和 2.4 的分析可知,棉铃对位叶氮浓度显著影响棉铃发育过程中对位叶的源活性以及纤维的库活性。棉铃对位叶氮浓度的变化符合幂函数方程,将 10、17、24、31、38、45 DPA(德夏棉 1 号至 38 DPA)各时期棉花源库活性所对应的最佳对位叶氮浓度利用幂函数进行拟合(R^2 均达到极显著水平),得到拟合曲线如图 4 所示。由图 4 看出,尽管棉铃对位叶源活性和棉纤维库活性所需要的最佳对位叶氮浓度存在差异,但各拟合曲线的重合度较高,可以寻找一个最佳的对位叶氮浓度使棉铃发育的源库活性达到或接近最优状态。在棉铃发育后期,棉铃对位叶中可溶性糖和蔗糖含量在较低的叶氮浓度下输出受到抑制表现为含量升高,较高

的叶氮浓度利于光合产物的合成输出;对位叶磷酸蔗糖合成酶以及纤维蔗糖合成酶同样需要较高的叶氮浓度维持活性;同时,本研究认为棉纤维蔗糖转化彻底主要是由于对位叶输送的蔗糖含量减少以及蔗糖合成酶活性较高。

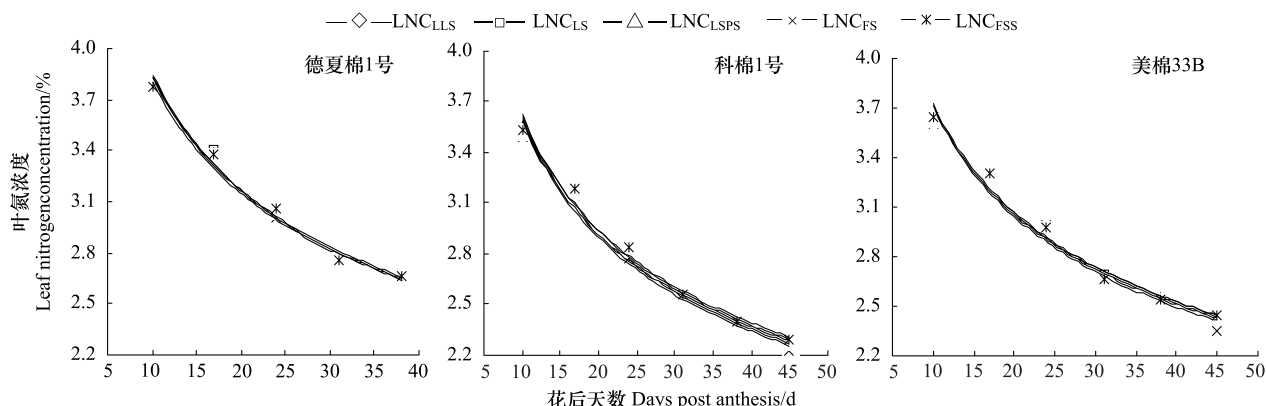


图4 棉铃发育源库活性动态变化适宜棉铃对位叶氮浓度比较

Fig. 4 Comparison of dynamic changes of the optimal nitrogen concentration in the subtending leaf for leaf soluble sugar, leaf sucrose, leaf sucrose phosphate synthase, fiber sucrose and fiber sucrose synthase

LNC_{LLS}, LNC_{LS}, LNC_{LSPS}, LNC_{FS} 和 LNC_{FSS} 分别表示利于叶片可溶性糖、蔗糖、磷酸蔗糖合成酶以及纤维蔗糖、蔗糖合成酶达到最优状态的棉铃对位叶氮浓度

3 讨论

棉花^[16,23-24]、水稻^[17,25]、玉米^[16,26]、小麦^[18]等主要作物的产量均受施氮量的显著影响,但棉花生长期长且具有无限开花结铃习性,与其他作物相比,其氮素需求量相对较大,加之棉铃发育期营养生长与生殖生长同时进行,棉花生长对氮素变化更为敏感。

铃重是棉花产量的基础,本研究发现棉花铃重随施氮量的升高呈先升高后降低的趋势。铃重的形成受棉铃对位叶源活性和棉铃库活性的双重控制。提高源活性和库活性是提高作物产量的重要途径。以往研究指出,氮素可影响叶片的源活性。群体光合速率随施氮量的增加呈先升高后降低的趋势^[27-28],单叶光合速率也表现类似规律^[29];适宜施氮量改善了光合酶的代谢,提高叶片羧化酶的含量和活性^[29-30],减小叶片中 CO₂ 扩散的阻力,利于光合产物的合成。对小白菜、水稻、水稻等的研究发现,叶片可溶性糖、蔗糖含量以及磷酸蔗糖合成酶活性随施氮量的增加呈先升高后降低的趋势^[31-33]。本研究得到类似结果,棉铃对位叶源活性指标均随对位叶氮浓度升高呈抛物线型变化,表明存在适宜的对位叶氮浓度维持较高的对位叶源活性(表2)。

库器官中蔗糖的代谢活性决定产量的形成。库器官中蔗糖是作物产量形成的基础底物,其含量反映了库器官对光合产物的竞争能力,蔗糖合成酶分解蔗糖提供果糖和 UDPG,其活性可作为库强度的指标^[9-10]。马溶慧等^[23]、冯营等^[24]指出,纤维中较高的蔗糖含量和蔗糖合成酶活性促进了纤维素的合成。本研究进一步发现,蔗糖含量和蔗糖合成酶活性随对位叶氮浓度升高呈抛物线型变化,表明纤维发育过程中存在适宜的对位叶氮浓度维持最佳的纤维库活性(表3)。

作物产量的形成一是源器官光合产物的持续供应,二是库器官中光合产物的再转化。施氮是调控作物源库活性及功能协调的重要措施。分析图4可知,45 DPA(德夏棉1号38DPA)前源库活性各指标对应的最佳叶氮浓度差异较小,表明存在适宜的对位叶氮浓度范围既保证了光合产物从源器官的供应又促进了在库器官中的转化,最终利于铃重的形成。将各品种对应的适宜叶氮浓度与不同施氮量形成的叶氮浓度对比发现,240 kgN/hm²形成的叶氮浓度最接近于各品种铃重形成对应的适宜叶氮浓度。在棉铃发育末期,源库活性各指标之间的最佳对位叶氮浓度差异较大,对位叶氮浓度过低导致对位叶早衰、过高导致棉铃晚熟,因此该时期铃重形成所需要的最佳对位叶氮浓度和最优施氮量需要在以后的工作中进一步研究。

4 结论

棉铃对位叶氮浓度显著影响棉铃发育过程中对位叶与棉铃之间的源库活性。德夏棉 1 号在 38 DPA 前及科棉 1 号和美棉 33B 在 45 DPA 前棉铃发育源库活性各指标所需的最佳对位叶氮浓度在年际之间以及各指标之间差异较小。南京地区中部棉铃发育源、库活性最高时的对位叶氮浓度拟合方程为: $N_{\text{德1}} = 7.2263 \text{DPA}^{-0.276} (R^2 = 0.9805^{**})$ 、 $N_{\text{科1}} = 7.23 \text{DPA}^{-0.3026} (R^2 = 0.9861^{**})$ 、 $N_{\text{美33B}} = 7.0997 \text{DPA}^{-0.2814} (R^2 = 0.9807^{**})$ 。

References:

- [1] Ling Q H. Crop Population Quality. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2000: 307-307.
- [2] Krieg D R, Sung J F M. Source-sink relations as affected by water stress during boll development // Mauney J R, Stewart J M, eds. Cotton Physiology. Memphis: The Cotton Foundation, 1986: 73-77.
- [3] Sun H C, Feng L X, Xie Z X, Li C D, Li J C. Physiological characteristics of boll-leaf system and boll weight space distributing of cotton under different nitrogen levels. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(8): 1638-1645.
- [4] Ho L C, Grange R I, Shaw A F. Source/sink regulation // Baker D A, Milburn J A Jr, eds. Transport of Photoassimilates. New York: Wiley, 1989: 306-343.
- [5] Zhao D, Oosterhuis D M. Dynamics of non-structural carbohydrates in developing leaves, bracts and floral buds of cotton. Environmental and Experimental Botany, 2000, 43(3): 185-195.
- [6] Rufty T W Jr, Kerr P S, Huber S C. Characterization of diurnal changes in activities of involved in sucrose biosynthesis. Plant Physiology, 1983, 73(2): 428-433.
- [7] Jenner C F. Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. I. Immediate response. Australia Journal of Plant Physiology, 1991, 18(2): 165-177.
- [8] Jiang G H, Meng Y L, Chen B L, Bian H Y, Zhou Z G. Effects of low temperature on physiological mechanisms of cotton fiber strength forming process. Journal of Plant Ecology, 2006, 30(2): 335-343.
- [9] Farrar J, Pollock C, Gallaghet J. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. Plant Science, 2000, 154(1): 1-11.
- [10] Wang F, Sanz A, Brenner M L, Smith A G. Sucrose synthase, starch accumulation, and tomato fruit sink strength. Plant Physiology, 1993, 101(1): 321-327.
- [11] Gwathmey C O, Clement J D. Alteration of cotton source-sink relations with plant population density and mepiquat chloride. Field Crops Research, 2010, 116(1/2): 101-107.
- [12] Dong H Z, Niu Y H, Li W J, Tang W, Li Z H, Zhang D M. Regulation effects of various training modes on source-sink relation of cotton. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(4): 819-824.
- [13] Bradow J M, Davidonis G H. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. The Journal of Cotton Science, 2000, 4: 34-64.
- [14] Reddy K R, Koti S, Davidonis G H, Reddy V R. Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield and fiber quality. Agronomy Journal, 2004, 96(4): 1148-1157.
- [15] Read J J, Reddy K R, Jenkins J N. Yield and fiber quality of upland cotton as influenced by nitrogen and potassium nutrition. European Journal of Agronomy, 2006, 24(3): 282-290.
- [16] Moser S B, Feil B, Jampatong S, Stamp P. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. Agricultural Water Management, 2006, 81(1/2): 41-58.
- [17] Ramasmy S, ten Berge H F M, Purushothaman S. Yield formation in rice in response to drainage and nitrogen application. Field Crops Research, 1997, 51(1/2): 65-82.
- [18] Salvagiotti F, Miralles D J. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. European Journal of Agronomy, 2008, 28(3): 282-290.
- [19] Xue X X, Zhou Z G, Zhang L J, Wang Y L, Guo W Q, Chen B L. Development and application of critical nitrogen concentration dilution model for cotton after flowering. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(6): 1781-1791.
- [20] Gao J F. The Experimental Technique in Plant Physiology. Guangzhou: World Book Press, 2000: 141-228.
- [21] Shanghai Institutes of Plant Physiology, Chinese Academy of Science. A Guidebook of Modern Experiment About Plant Physiology. Shanghai: Science Press, 1999: 127-127.

- [22] Konishi T, Nakai T, Sakai F, Hayashi T. Formation of callose from sucrose in cotton fiber microsomal membranes. *Journal of Wood Science*, 2001, 47(5): 331-335.
- [23] Ma R H, Xu N Y, Zhang C X, Li W F, Feng Y, Qu L, Wang Y H, Zhou Z G. Physiological mechanism of sucrose metabolism in cotton fiber and fiber strength regulated by nitrogen. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(12): 2143-2155.
- [24] Feng Y, Zhao X H, Wang Y H, Ma R H, Zhou Z G. Responses of carbohydrate metabolism to nitrogen in cotton fiber development and its relationships with fiber strength formation. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(1): 93-102.
- [25] Wopereis-Pura M M, Watanabe H, Moreira J, Wopereis M C S. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and profitability in the Senegal River valley. *European Journal of Agronomy*, 2002, 17(3): 191-198.
- [26] Ramos T B, Goncalves M C, Castanheira N L, Martins J C, Santos F L, Prazeres A, Fernandes M L. Effect of sodium and nitrogen on yield function of irrigated maize in southern Portugal. *Agricultural Water Management*, 2009, 96(4): 585-594.
- [27] Zhang W F, Wang Z L, Yu S L, Li S K, Cao L P, Wang D W. Effect of nitrogen on canopy photosynthesis and yield formation in high-yielding cotton of Xinjiang. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28(6): 789-796.
- [28] Xiao K, Zhang R X, Qian W P. The effect and regulating mechanism of nitrogen nutrition on canopy photosynthetic carbon assimilation in wheat. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1999, 5(3): 235-243.
- [29] Morgan J A. Growth and canopy CO₂ exchange rate of spring wheat as affected by nitrogen status. *Crop Science*, 1988, 28(1): 95-100.
- [30] Lawlor D W, Kontturi M, Young A T. Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. *Journal of Experimental Botany*, 1989, 40(1): 43-52.
- [31] Yang X Y, Yang J S. Effects of nitrogen levels on the growth and nitrate accumulation of pakchoi. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(1): 160-163.
- [32] Wang S H, Zhu Y, Jiang H D, Cao W X. Positional differences in nitrogen and sugar concentrations of upper leaves relate to plant N status in rice under different N rates. *Field Crop Research*, 2006, 96(2/3): 224-234.
- [33] Jiang D, Yu Z W, Li Y G, Yu S L. Effects of different nitrogen application levels on changes of sucrose content in leaf, culm, grain and photosynthate distribution and grain starch accumulation of winter wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(2): 157-162.

参考文献:

- [1] 凌启鸿. 作物群体质量. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 307-307.
- [3] 孙红春, 冯丽肖, 谢志霞, 李存东, 李金才. 不同氮素水平对棉花不同部位铃叶系统生理特性及铃重空间分布的影响. *中国农业科学*, 2007, 40(8): 1638-1645.
- [8] 蒋光华, 孟亚利, 陈兵林, 卞海云, 周治国. 低温对棉纤维比强度形成的生理机制影响. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 335-343.
- [12] 董合忠, 牛曰华, 李维江, 唐薇, 李振怀, 张冬梅. 不同整枝方式对棉花源库关系的调节效应. *应用生态学报*, 2008, 19(4): 819-824.
- [19] 薛晓萍, 周治国, 张丽娟, 王以琳, 郭文琦, 陈兵林. 棉花花后临界氮浓度稀释模型的建立及在施氮量调控中的应用. *生态学报*, 2008, 19(4): 819-824.
- [20] 高俊凤. 植物生理学实验技术. 广州: 世界图书出版社, 2000: 141-228.
- [21] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南. 上海: 科学出版社, 1999: 127-127.
- [23] 马溶慧, 许乃银, 张传喜, 李文峰, 冯营, 屈磊, 王友华, 周治国. 氮素调控棉花纤维蔗糖代谢及纤维比强度的生理机制. *作物学报*, 2008, 34(12): 2143-2155.
- [24] 冯营, 赵新华, 王友华, 马溶慧, 周治国. 棉纤维发育过程中糖代谢生理特征对氮素的响应及其与纤维比强度形成的关系. *中国农业科学*, 2009, 42(1): 93-102.
- [27] 张旺锋, 王振林, 余松烈, 李少昆, 曹连莆, 王登伟. 氮肥对新疆高产棉花群体光合性能和产量形成的影响. *作物学报*, 2002, 28(6): 789-796.
- [28] 肖凯, 张荣铨, 钱维朴. 氮素营养对小麦群体光合碳同化作用的影响及其调控机制. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(3): 235-243.
- [31] 杨晓英, 杨劲松. 氮素供应水平对小白菜生长和硝酸盐积累的影响. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(1): 160-163.
- [33] 姜东, 于振文, 李永庚, 余松烈. 施氮水平对高产小麦蔗糖含量和光合产物分配及籽粒淀粉积累的影响. *中国农业科学*, 2002, 35(2): 157-162.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.1 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Allee effects of local populations and the synchrony of metapopulation	LIU Zhiguang, ZHAO Xue, ZHANG Fengpan, et al (1)
Effects of leaf hair points on dew deposition and rainfall evaporation rates in moss crusts dominated by <i>Syntrichia caninervis</i> , Gurbantunggut Desert, northwestern China	TAO Ye, ZHANG Yuanming (7)
The influence of freshwater-saline water mixing on phytoplankton growth in Changjiang Estuary	WANG Kui, CHEN Jianfang, LI Hongliang, et al (17)
The responses of hydrological indicators to watershed characteristics	TIAN Di, LI Xuyong, Donald E. Weller (27)
Lake nutrient ecosystems in the east-central moist subtropical plain of China	KE Xinli, LIU Man, DENG Xiangzheng (38)
The current water trophic status in Tiaoxi River of Taihu Lake watershed and corresponding coping strategy based on N/P ratio analysis	NIE Zeyu, LIANG Xinqiang, XING Bo, et al (48)
Reversion and analysis on cyanobacteria bloom in Waihai of Lake Dianchi	SHENG Hu, GUO Huaicheng, LIU Hui, et al (56)
Effects of cutting disturbance on spatial heterogeneity of fine root biomass of <i>Larix principis-rupprechtii</i>	YANG Xiuyun, HAN Youzhi, ZHANG Yunxiang, et al (64)
Responses of elm (<i>Ulmus pumila</i>) woodland to different disturbances in northeastern China	LIU Li, WANG He, LIN Changcun, et al (74)
Impacts of grazing and climate change on the aboveground net primary productivity of mountainous grassland ecosystems along altitudinal gradients over the Northern Tianshan Mountains, China	ZHOU Decheng, LUO Geping, HAN Qifei, et al (81)
Response of herbaceous vegetation to phosphorus fertilizer in steppe desert	SU Jieqiong, LI Xinrong, FENG Li, et al (93)
Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities	ZHANG Huabing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (101)
Response of species diversity in <i>Caragana Korshinskii</i> communities to climate factors and grazing disturbance in Shanxi, Shaanxi, Ningxia and Inner Mongolia	ZHOU Ling, SHANGGUAN Tieliang, GUO Donggang, et al (111)
Seasonal change of leaf morphological traits of six broadleaf seedlings in South China	XUE Li, ZHANG Rou, XI Ruchun, GUO Shuhong, et al (123)
Correlation analysis on <i>Reaumuria soongorica</i> seed traits of different natural populations in Gansu Corridor	SU Shiping, LI Yi, CHONG Peifang (135)
Carbon fixation estimation for the main plantation forest species in the red soil hilly region of southern-central Jiangxi Province, China	WU Dan, SHAO Quanqin, LI Jia, et al (142)
Effects of clonal integration on growth of <i>Alternanthera philoxeroides</i> under simulated acid rain and herbivory	GUO Wei, LI Junmin, HU Zhenghua (151)
Difference of the fitness of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) fed with different pepper varieties	JIA Yueli, CHENG Xiaodong, CAI Yongping, et al (159)
Hyperspectral estimating models of tobacco leaf area index	ZHANG Zhengyang, MA Xinming, JIA Fangfang, et al (168)
Temporal and spatial distribution of <i>Bemisia tabaci</i> on different host plants	CUI Hongying, GE Feng (176)
Abundance and composition of CO ₂ fixating bacteria in relation to long-term fertilization of paddy soils	YUAN Hongzhao, QIN Hongling, LIU Shoulong, et al (183)
Effect of <i>Leucaena leucocephala</i> on soil organic carbon conservation on slope in the purple soil area	GUO Tian, HE Binghui, JIANG Xianjun, et al (190)
Isolation and the remediation potential of a Laccase-producing Soil Fungus F-5	MAO Ting, PAN Cheng, XU Tingting, et al (198)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass in Mulun National Nature Reserve in Karst area	LIU Lu, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (207)
Root functional traits and trade-offs in one-year-old plants of 25 species from the arid valley of Minjiang River	XU Kun, LI Fanglan, GOU Shuiyan, et al (215)
Spatial distribution of carbon density in grassland vegetation of the Loess Plateau of China	CHENG Jimin, CHENG Jie, YANG Xiaomei, et al (226)
Effect of nitrogen concentration in the subtending leaves of cotton bolls on the strength of source and sink during boll development	GAO Xiangbin, WANG Youhua, CHEN Binglin, et al (238)
Long-term tillage effects on soil organic carbon and microbial biomass carbon in a purple paddy soil	LI Hui, ZHANG Junke, JIANG Changsheng, et al (247)
Effects of exogenous calcium on resistance of <i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle to cadmium stress	MIN Haili, CAI Sanjuan, XU Qinsong, et al (256)
Comparison of grain protein components and processing quality in responses to dim light during grain filling between strong and weak gluten wheat cultivars	LI Wenyang, YAN Suhui, WANG Zhenlin (265)
Review and Monograph	
Salt-responsive mechanisms in the plant root revealed by proteomic analyses	ZHAO Qi, DAI Shaojun (274)
The research progress and prospect of watershed ecological risk assessment	XU Yan, GAO Junfeng, ZHAO Jiahu, et al (284)
A review of the environmental behavior and effects of black carbon in soils and sediments	WANG Qing (293)
Scientific Note	
Variation in main morphological characteristics of <i>Amorpha fruticosa</i> plants in the Qinghai-Tibet Plateau	LIANG Kunlun, JIANG Wenqing, ZHOU Zhiyu, et al (311)
Identification of aphid resistance in eleven species from <i>Dendranthema</i> and <i>Artemisia</i> at seedling stage	SUN Ya, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei, et al (319)
Research of padded film for afforestation in coastal argillaceous saline-alkali land	JING Feng, ZHU Jinzhao, ZHANG Xuepei, et al (326)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 1 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 1 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元