

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/stxb201105060594

李文阳, 闫素辉, 王振林. 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. 生态学报, 2012, 32(1): 0265-0273.

Li W Y, Yan S H, Wang Z L. Comparison of grain protein components and processing quality in responses to dim light during grain filling between strong and weak gluten wheat cultivars. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(1): 0265-0273.

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^{1,2}, 闫素辉¹, 王振林^{2,*}

(1. 安徽科技学院植物科学学院, 凤阳 233100; 2. 山东农业大学农学院作物生物学国家重点实验室, 泰安 271018)

摘要: 选用强筋小麦品种济麦 20 和弱筋小麦品种山农 1391, 在大田试验条件下, 分别于籽粒灌浆前期(花后 6—9 d)、中期(花后 16—19 d)和后期(花后 26—29 d)对小麦进行弱光照处理, 研究了籽粒产量、蛋白质组分及加工品质的变化。灌浆期弱光显著降低小麦籽粒产量, 灌浆中期对济麦 20 和灌浆后期对山农 1391 的产量降幅最大。弱光处理后, 籽粒氮素积累量及氮素收获指数减少。但弱光使籽粒蛋白质含量显著升高, 其中灌浆中期弱光升幅最大, 原因可能是由于其粒重降低造成的。弱光对可溶性谷蛋白无显著影响, 但增加不溶性谷蛋白含量, 使谷蛋白聚合指数显著升高, 面团形成时间和稳定时间亦升高, 籽粒灌浆中、后期弱光对上述指标的影响较前期大。灌浆期短暂的弱光照对改善强筋小麦粉质仪参数有利, 但使弱筋小麦变劣; 并均伴随籽粒产量的显著降低这一不利影响。

关键词: 小麦; 蛋白质组分; 谷蛋白聚合指数; 加工品质; 弱光

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^{1,2}, YAN Suhui¹, WANG Zhenlin^{2,*}

1 College of Plant Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China

2 State Key Laboratory of Crop Biology, Agronomy College of Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: Low light intensity as a result of cloudy or rainy days often occurs during the grain filling of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Huanghuai region of China, largely affecting grain yield and quality. Many investigators have demonstrated the effects of shading on photosynthesis, dry matter accumulation, grain yield and its components of winter wheat. However, there are few reports on the effects of shading on protein compositions and processing quality in wheat grain. The strong gluten wheat cultivars are remarkably different from the weak gluten cultivars in many grain quality parameters. This study attempted to determine the processing quality and protein compositions of wheat cultivars differing in quality type wheat grown under low light intensity at different grain filling stages. Two wheat cultivars, Jimai 20 (strong gluten wheat cultivars) and Shannong 1391 (weak gluten wheat cultivars), were used to investigate the effect of dim light on grain yield, protein compositions and processing quality. The field was shaded by the black nets with 90% shading over the plants in early (6—9 d after anthesis, S1 treatment), middle (16—19 d after anthesis, S2 treatment) and late (26—29 d after anthesis, S3 treatment) grain filling. The treatments were arranged in a randomized complete design with three replications.

The results showed that dim light after anthesis remarkably reduced grain yield, especially in S2 treatment for Jimai 20

基金项目: 国家自然科学基金项目(30571099); 安徽省高校省级自然科学研究重点项目(KJ2011A073)

收稿日期: 2011-05-06; **修订日期:** 2011-09-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zlwang@sdau.edu.cn

and S3 treatment for Shannong 1391. Shading stress after anthesis significantly decreased the kernel weight. The kernel number per spike had great difference in treatments. The low light stress of S1 treatment reduced the kernel number per spike, in fact, it reduced the upper kernel number per spike, and the decrease extent of kernel weight of S1 treatment was lower than S2 and S3 treatments. Under shading condition, grain nitrogen accumulation and nitrogen harvest index decreased sharply in both cultivars. Dim light after anthesis significantly increased the grain protein content in both cultivars, especially at the middle grain filling stage, and the trend as following: S2>S3>S1>Control. Combined grain protein content with kernel weight, we suggested that it was less kernel weight that increased protein content of shading treatments. Under shading stress, especially at middle and late grain filling stages, the insoluble glutenin content enhanced significantly, but the soluble glutenin content was no significant difference with the control, then, the glutenin polymerization index in grain increased sharply. Compared with the control, The dry and wet gluten contents and sedimentation values were all significantly increased at three shading stress. And dim light after anthesis significantly increased the dough development time and stability time, especially at middle and late grain filling stages. After it was analyzed that the relationship between the farinograph parameters and insoluble glutenin content and glutenin polymerization index of two wheat cultivars. The results suggested that different farinograph parameters were tied up by the differences of insoluble glutenin contents and glutenin polymerization indexes between the cultivars. Insoluble glutenin contents and glutenin polymerization indexes affected farinograph parameters, and then influenced wheat grain processing quality. . Transient shading stress during grain filling improved farinograph parameters for strong gluten wheat cultivars, but worsen farinograph parameters for weak gluten wheat cultivars. And grain yield decreased significantly at one time.

Key Words: winter wheat (*Triticum aestivum* L.); protein components; glutenin polymerization index; processing quality; dim light

光照是影响小麦生长发育的重要气候因子^[1-2]。在我国黄淮麦区,小麦生育后期常遇由阴、雨等气候引起的弱光照天气,使籽粒发育和物质充实受到严重影响,制约了小麦籽粒产量和品质的形成^[1-3]。蛋白质既是小麦籽粒中重要的营养成分,也是衡量加工品质的重要指标,籽粒蛋白质的含量、组分和结构决定了面团理化特性和面粉最终用途^[4-7]。小麦籽粒蛋白质按其分子量与结构特点可分为单体蛋白(主要由清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白组成)、可溶性谷蛋白和不溶性谷蛋白^[8]。麦谷蛋白是面筋蛋白的主要成分,是影响面团弹性的重要因素^[5-6]。Don 等^[8-9]研究发现,谷蛋白大聚合体在小麦胚乳中是以球形谷蛋白颗粒组成的,谷蛋白颗粒的大小决定了面团形成所需要的搅拌时间和谷蛋白大聚合体的流变特性。小麦籽粒蛋白质含量和组分不仅为遗传特性所控制,而且还为栽培环境因素所影响^[9]。研究表明,在一定范围内增施氮肥有利于提高籽粒蛋白质含量^[10],孕穗期施氮可明显提高籽粒谷蛋白含量和谷蛋白/醇溶蛋白比值^[11];灌溉量或降水量与籽粒蛋白质含量呈负相关^[12],减少灌溉可提高籽粒球蛋白和谷蛋白含量^[13]。籽粒灌浆期弱光可增加籽粒蛋白质含量^[1],但弱光增加了氮浓度,却降低了氮含量^[14];低光照强度使小麦籽粒谷蛋白/醇溶蛋白比值升高^[15],然而,弱光对籽粒谷蛋白组分的影响,迄今了解尚少。

强筋与弱筋小麦品种在籽粒蛋白质及品质指标等方面存在显著的基因型差异,对栽培环境因素的反映亦存在差异。曹承富等^[16]研究提出,施氮量在 0—300 kg/hm² 范围内,氮素与强筋品种蛋白质含量呈显著正相关,与弱筋品种蛋白质含量呈二次曲线关系。Guttieri 等^[17]研究认为,不同小麦品种揉面曲线峰高、和面时间和面包体积等品质指标对灌水的反应明显不同。在小麦生产上,籽粒灌浆期光照条件变化引起籽粒加工品质的不一致性和不稳定性一直是制约优质小麦生产的重要问题,然而关于灌浆期弱光对不同品质类型小麦品种籽粒蛋白质组分和加工品质的影响特点,迄今尚不明确。本研究选用代表性强筋和弱筋小麦品种,在大田条件下,研究不同灌浆阶段弱光对籽粒蛋白质组分及加工品质的影响,旨在阐明灌浆期弱光影响小麦籽粒品质形成的生理基础,为小麦高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 种植方式与试验设计

试验于2005年10月至2007年6月在山东农业大学农学试验站进行。试验地耕层(0—20 cm)土壤含有有机质1.23%、全氮0.091%、碱解氮87.2 mg/kg、速效磷18.6 mg/kg、速效钾57.5 mg/kg。供试小麦品种为强筋小麦济麦20和弱筋小麦山农1391。种植密度180万株/hm²,小区面积为3 m×3 m=9 m²。播种期为2005年10月15日和2006年10月10日,收获期为2006年6月10日和2007年6月8日。播种前施基肥纯氮120 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 120 kg/hm²,拔节期追施纯氮120 kg/hm²。其他管理同一般高产田。

试验设籽粒灌浆前期(开花后6—9 d, S1)、中期(开花后16—19 d, S2)、后期(开花后26—29 d, S3)弱光照处理,3次重复,随机区组排列,利用透光率为10%黑色遮阳网进行弱光处理。遮阳网距小麦群体表面保持60 cm左右,以不影响群体内通风状况。弱光处理对小麦群体小气候的影响见表1,其中光照强度是用Lx-101照度计于小麦群体表层的测定值;CO₂浓度、温度和湿度分别用便携式CO₂分析仪测定和DWHJ-2温湿两用计测定。数据均于每天11:00测定。

表1 弱光处理对小气候的影响(2005—2006年)

Table 1 Effect of shading treatment on field microclimate in growth season 2005—2006

处理 Treatments	光照强度 Light intensity /($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	CO ₂ 浓度 CO ₂ Concentration /($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	温度 Air temperature /°C	湿度 Humidity /%
CK	966.4±7.3 a	356.2±0.5 a	23.1±0.5 a	17.9±0.2 a
S1	98.7±0.9 b	357.4±0.8 a	22.6±0.4 a	18.5±0.3 a

表中数据为花后6—9 d处理4 d的平均值;花后16—19 d、26—29 d处理间小气候状况与花后6—9 d基本相同;不同小写字母表示处理间平均值达显著差异;CK: control; S1 开花后6—9 d弱光处理 Shading from 6 to 9 days after anthesis

1.2 取样方法

成熟期,每小区取10个麦穗,依据参考文献^[18,19]将籽粒区分为下位粒(小穗基部第1、2位籽粒)和上位粒(除小穗基部第1、2位外的籽粒)进行考种;每小区取10个单茎,分为籽粒和营养器官,70℃烘干,用于干物重、氮素含量、籽粒蛋白质组分含量测定。小麦籽粒收获并储存3个月后,进行籽粒品质测定。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 蛋白质组分

根据Wang和Kovacs方法^[9]进行。称0.1 g全麦粉,用含0.75 mol/L NaI的7.5%正丙醇溶液1 mL提取单体蛋白,在30℃下用恒温混合器混合30 min,12000×g离心10 min,上清液转移到5 mL离心管中。将上述步骤重复3次,混合3次提取液,放在避光处保存备用。用40%正丙醇溶液1 mL提取可溶性谷蛋白,步骤同单体蛋白。用含0.2% DTT的40%正丙醇溶液1 mL提取不溶性谷蛋白,提取温度60℃,其他步骤同单体蛋白。取蛋白质组分提取液0.2 mL,加40%三氯乙酸3 mL,混匀,静置40 min,于590 nm比色。利用微量凯氏定氮法,把标准样品的单体蛋白、可溶性谷蛋白和不溶性谷蛋白的吸光值转换为蛋白质的实际含量,进而计算出待测样品的蛋白质组分含量。

1.3.2 品质指标

面粉用德国Brabender公司生产的Senior试验磨磨制,籽粒水分调至14%。湿、干面筋含量依据GB/T5506—1985进行测定;沉降值依据AACC56-61A测定;粉质仪参数用德国Brabender公司产的810106002型粉质仪依据AACC54-210测定。

1.4 数据统计与分析

试验数据利用Microsoft Excel 2003、DPS 3.01(Data Processing System)和Originpro 7.5软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 籽粒产量及穗部性状

小麦灌浆期弱光均显著降低籽粒产量(图1)。两品种对不同灌浆阶段弱光的反应不同,灌浆中期弱光对

济麦 20、灌浆后期弱光对山农 1391 产量的降幅最大。说明不同品种对弱光的敏感时期不同。品种间比较,弱光对济麦 20 产量的降幅较山农 1391 大。

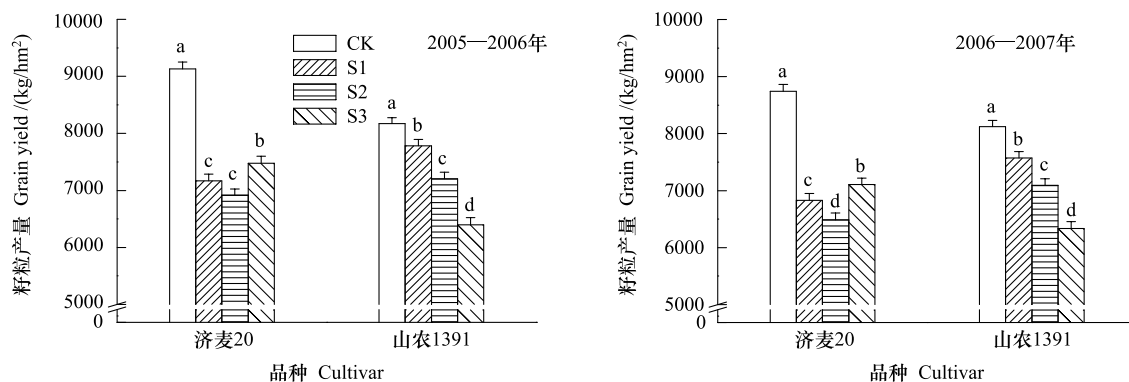


图 1 弱光对小麦籽粒产量的影响

Fig. 1 Effect of dim light on grain yield of wheat in growth seasons 2005—2006 and 2006—2007

不同小写字母表示同品种内处理间平均值达显著差异;S1 开花后 6—9 d 弱光处理;S2 开花后 16—19 d 弱光处理;S3 开花后 26—29 d 弱光处理;CK: control

灌浆期弱光降低小麦籽粒重(表 2)。在灌浆前期、中期和后期弱光处理后,济麦 20 籽粒重较对照下降 9.8%、17.6%、13.3% (2005—2006 年)和 10.9%、18.6%、14.3% (2006—2007 年);山农 1391 籽粒重的降幅为 2.1%、14%、17.9% (2005—2006 年)和 5.9%、15.1%、19% (2006—2007 年)。

两品种灌浆前期弱光处理穗粒数显著低于对照,其中弱光显著降低上位粒数,对下位粒数无显著影响(表 2)。灌浆中、后期弱光处理穗粒数与对照无显著差异。说明,上位粒数的减少和粒重的降低是灌浆前期弱光使产量降低的原因。

表 2 弱光对小麦穗部性状的影响

Table 2 Effect of dim light on spike characteristics of wheat

品种 Cultivar	处理 Treatment	2005—2006				2006—2007			
		粒重 1-kernel weight /(mg/粒)	穗粒数 Kernels per spike	下位粒数 Basal kernels per spike	上位粒数 Upper kernels per spike	粒重 1-kernel weight (mg/粒)	穗粒数 Kernels per spike	下位粒数 Basal kernels per spike	上位粒数 Upper kernels per spike
济麦 20	CK	43.7±0.7 a	36.6±1.2 a	21.5±0.9 a	15.1±0.3 a	41.5±0.8 a	37.5±1.3 a	22.7±0.8 a	14.8±0.5 a
	S1	39.4±0.6 b	27.4±1.3 b	21.3±0.9 a	6.1±0.4 b	37.0±0.7 b	28.7±1.1 b	22.4±0.7 a	6.3±0.4 b
	S2	36.0±0.5 d	36.8±1.4 a	21.9±1 a	14.9±0.4 a	33.8±0.6 d	37.3±1.2 a	22.5±0.8 a	14.8±0.4 a
	S3	37.9±0.6 c	36.5±1.3 a	21.7±0.8 a	14.8±0.5 a	35.5±0.6 c	37.7±1.1 a	22.8±0.8 a	14.9±0.3 a
山农 1391	CK	62.9±0.8 a	40.7±1.4 a	23.2±0.9 a	17.5±0.5 a	61.7±1.2 a	41.8±1.3 a	26.3±0.9 a	15.5±0.4 a
	S1	61.6±0.7 a	36.1±1.5 b	22.5±1.1 a	13.6±0.4 b	58.1±1 b	37.7±1.2 b	26.6±0.8 a	11.1±0.4 b
	S2	54.1±0.9 b	40.6±1.4 a	24±1.1 a	16.6±0.3 a	52.4±0.9 c	41.1±1.3 a	26.8±0.9 a	14.3±0.4 a
	S3	51.6±0.7 c	40.9±1.5 a	23.5±1.1 a	16.9±0.4 a	50±0.8 d	41.5±1.1 a	25.7±0.8 a	15.8±0.3 a

不同小写字母表示同品种内处理间平均值达显著差异; S1 开花后 6—9 d 弱光处理 Shading from 6 to 9 days after anthesis; S2 开花后 16—19 d 弱光处理 Shading from 16 to 19 days after anthesis; S3 开花后 26—29 d 弱光处理 Shading from 26 to 29 days after anthesis; CK: control

2.2 蛋白质含量

籽粒蛋白质是影响小麦加工品质的物质基础。小麦灌浆期弱光使籽粒蛋白质含量显著升高,其中灌浆中期弱光处理的升幅最大,后期次之,前期最小(图 2),两小麦品种表现基本一致。强筋小麦济麦 20 籽粒蛋白质含量显著高于弱筋小麦山农 1391。

2.3 籽粒氮素积累量与氮素收获指数

小麦花后弱光显著降低籽粒氮素积累量和氮素收获指数(图 3)。与山农 1391 相比,弱光对济麦 20 的氮

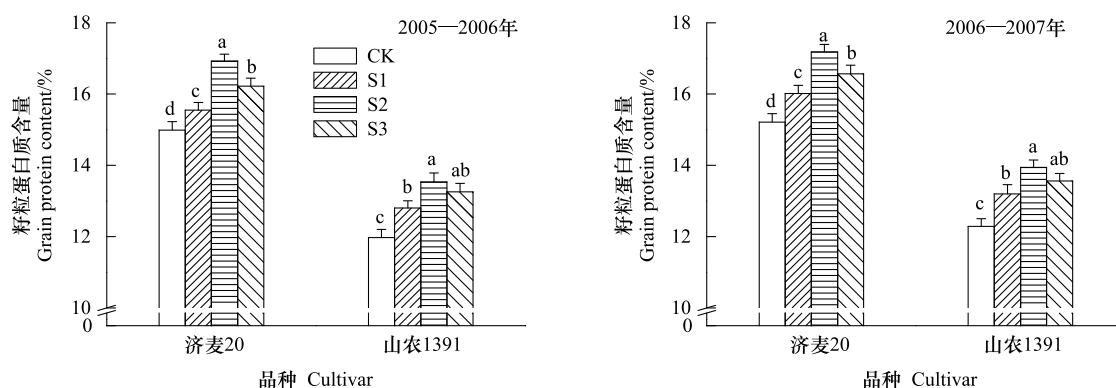


图2 弱光对籽粒蛋白质含量的影响

Fig. 2 Effect of dim light on grain protein content in growth seasons 2005—2006 and 2006—2007

不同小写字母表示同品种内处理间平均值达显著差异

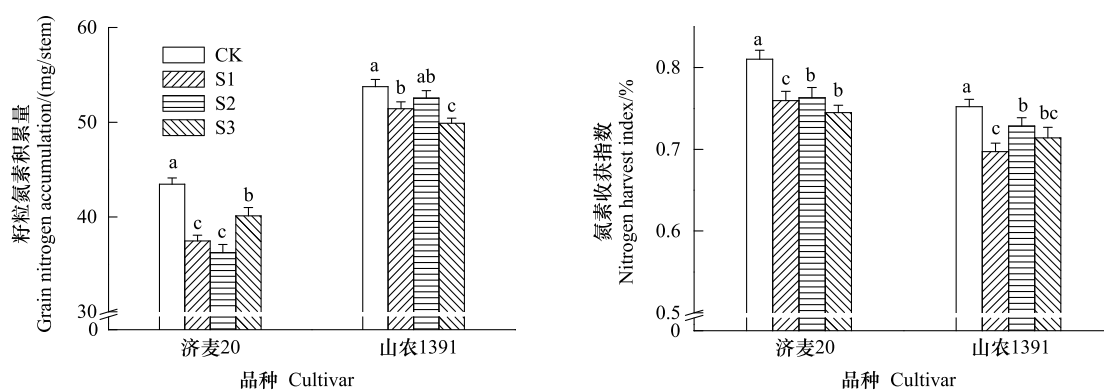


图3 弱光对籽粒氮素积累量与氮素收获指数的影响(2005—2006)

Fig. 3 Effect of dim light on grain nitrogen accumulation and nitrogen harvest index (2005—2006)

不同小写字母表示同品种内处理间平均值达显著差异

素积累和分配影响较大。灌浆前期弱光对两小麦品种氮素收获指数的降幅最大,后期次之,中期最小。同一处理条件下,强筋品种济麦20的氮素积累量显著低于弱筋品种山农1391,而氮素收获指数显著高于弱筋品种山农1391。

2.4 蛋白质组分含量

将籽粒蛋白质分为单体蛋白、可溶性谷蛋白和不溶性谷蛋白进一步分析。灌浆期弱光处理后,两小麦品种籽粒单体蛋白含量显著升高,其中灌浆中期弱光对单体蛋白含量影响最大(图4)。弱光对可溶性谷蛋白含量无显著影响(图4),但弱光处理不溶性谷蛋白含量显著高于对照,其中灌浆中、后期弱光升高的幅度较前期大(图4)。与对照相比,灌浆中、后期弱光处理谷蛋白聚合指数(不溶性谷蛋白含量/谷蛋白含量)显著升高;灌浆前期弱光处理谷蛋白聚合指数与对照无显著差异(图4)。

2.5 加工品质

由表3可以看出,弱光处理后,小麦面粉湿、干面筋含量和沉淀值显著升高,其中灌浆中期弱光增幅最大,后期次之,前期最小,这与籽粒蛋白质含量变化趋势基本一致。品种间比较,强筋品种济麦20的升幅较弱筋品种山农1391高。灌浆期不同阶段的短暂弱光对小麦籽粒出粉率无显著影响。不同阶段弱光对两小麦品种面粉吸水率、面团形成时间和面团稳定时间影响不同,其中灌浆中、后期弱光显著高于对照,而灌浆前期弱光对其无显著影响。

相关性分析表明,两小麦品种籽粒粉质仪参数与不溶性谷蛋白含量(图5A、5C)、谷蛋白聚合指数(图

5B、5D) 呈显著或极显著正相关;与粗蛋白、单体蛋白及可溶性蛋白含量无显著相关。

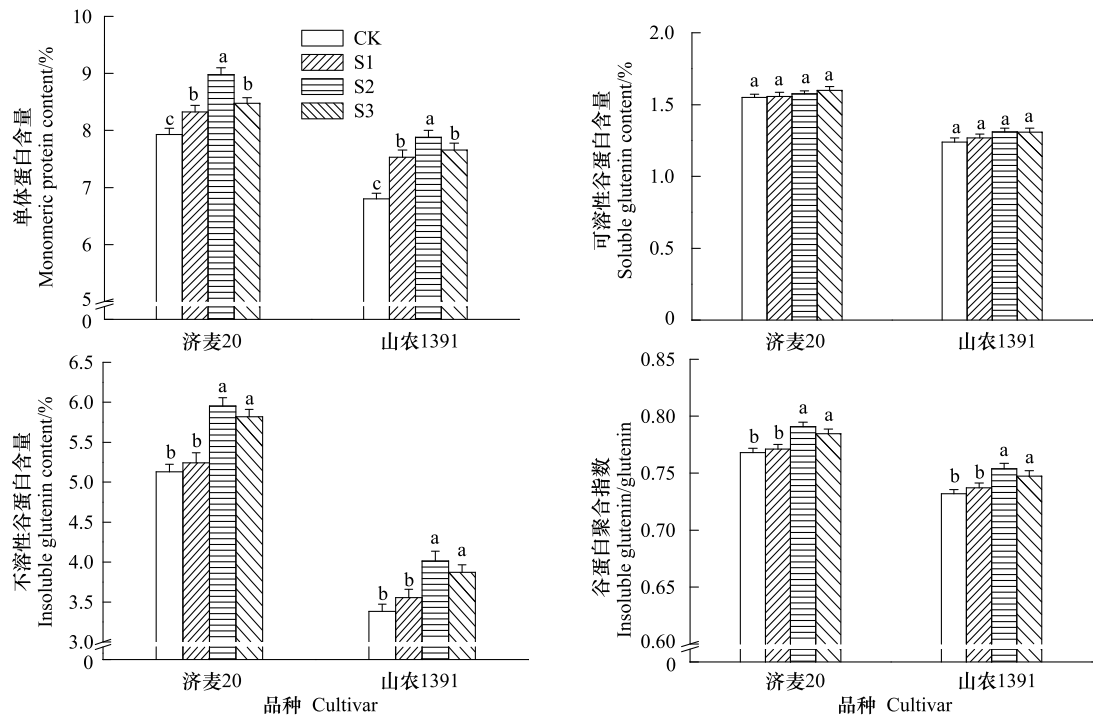


图4 弱光对籽粒蛋白质组分含量及谷蛋白聚合指数的影响(2005—2006)

Fig. 4 Effect of dim light on grain protein composition content and polymerization index of glutenin (2005—2006)

不同小写字母表示同品种内处理间平均值达显著差异

表3 弱光对籽粒加工品质的影响(2005—2006 年)

Table 3 Effect of dim light on grain processing quality (2005—2006)

品种 Cultivar	处理 Treatment	湿面筋 Wet gluten /%	干面筋 Dry gluten /%	沉淀值 Sedimentation value /mL	出粉率 Flour yield /%	吸水率 Water absorption /%	面团形成时间 Dough development time/min	面团稳定时间 Dough stability time /min
济麦 20	CK	33.6±0.5 d	11.9±0.1 d	31.4±0.2 c	71.5±0.4 a	63.4±0.2 b	7.5±0.1 b	12.6±0.2 d
	S1	37.5±0.4 c	13.6±0.1 c	32.5±0.3 b	71.4±0.3 a	64±0.3 a	7.7±0.2 b	13.2±0.2 c
	S2	41.5±0.5 a	15.5±0.2 a	34.2±0.4 a	71.2±0.2 a	64.4±0.3 a	8.9±0.2 a	18.7±0.2 a
	S3	40.3±0.4 b	14.9±0.1 b	33.8±0.3 a	71.2±0.3 a	64.2±0.2 a	8.6±0.2 a	16.4±0.3 b
山农 1391	CK	25.3±0.3 c	8.7±0.1 b	23.5±0.2 c	68.3±0.3 a	58.8±0.2 b	1.9±0.1 b	0.9±0.2 b
	S1	26.9±0.4 b	9.3±0.1 a	24.8±0.3 b	68.3±0.3 a	59.2±0.2 ab	2.0±0.1 b	1.1±0.1 b
	S2	27.9±0.5 a	9.8±0.1 a	26.3±0.2 a	68.5±0.4 a	60.5±0.4 a	2.4±0.2 a	1.6±0.1 a
	S3	27.1±0.4 ab	9.6±0.2 a	25.7±0.2 a	68.2±0.3 a	60.2±0.3 a	2.3±0.1 a	1.6±0.2 a

不同小写字母表示同品种不同处理间平均值达显著差异

3 讨论

3.1 灌浆期弱光与籽粒蛋白质含量的关系

James 和 Gary^[20] 研究发现,短日照(8 h/d)时小麦叶片硝态氮含量降低,硝酸还原酶活性降低,使植株氮素代谢受到抑制。本研究发现,小麦灌浆不同阶段弱光胁迫后,籽粒蛋白质含量却显著升高,但籽粒氮素积累量却显著降低。结合小麦籽粒重的变化表明,灌浆期弱光处理籽粒蛋白质含量升高可能是由粒重降低造成的。

田纪春等^[20] 研究认为,小麦籽粒较高蛋白质含量与其营养器官中贮藏的氮素转运率高密切相关。开花前营养器官贮藏氮素的转运是小麦籽粒氮素的主要来源^[21]。小麦弱光处理后,残留在营养器官氮素含量增

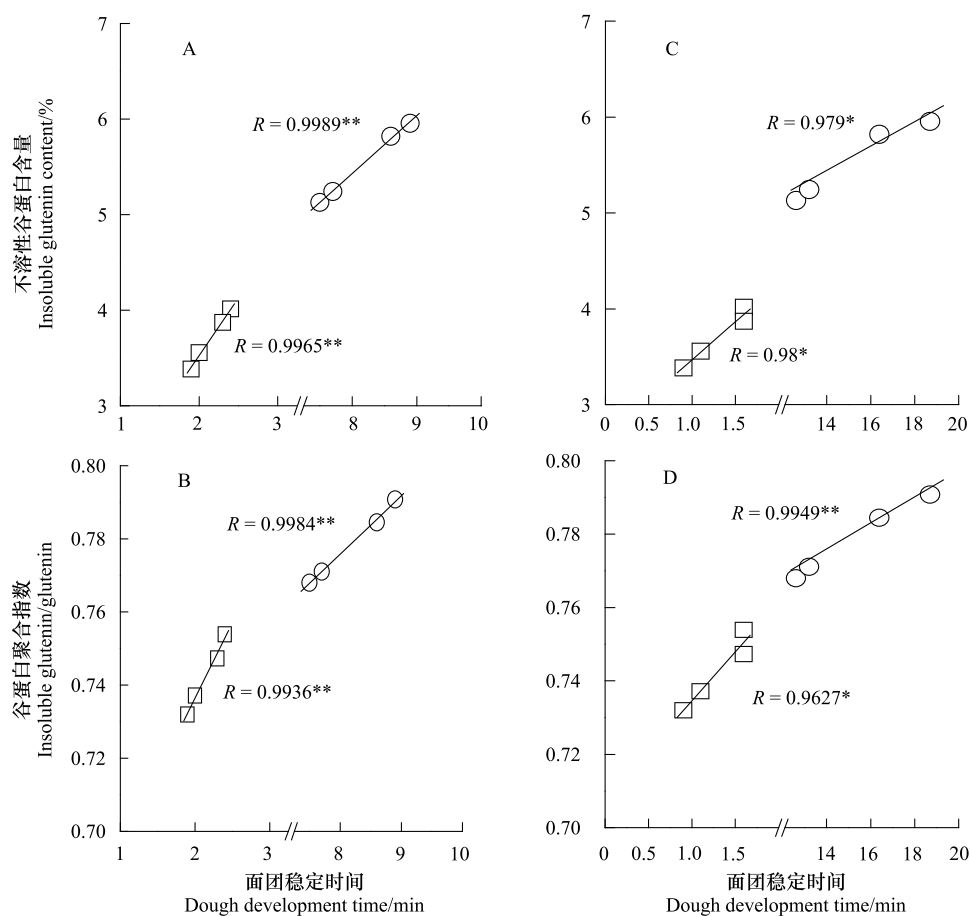


图5 小麦粉质仪指标与不溶性谷蛋白含量(A、C)和谷蛋白聚合指数(B、D)的关系(2005—2006年)

Fig. 5 Relations of farinograph parameters to insoluble glutenin content (A, C) and glutenin polymerization index (B, D) (2005—2006)

○: 济麦 20; □: 山农 1391; *, ** 分别代表 0.05 和 0.01 显著性水平

加,而转移到籽粒的氮素显著减少,造成氮素收获指数显著降低,这表明籽粒蛋白质含量的升高并没有提高其氮素的收获指数。

3.2 灌浆期弱光对强筋与弱筋小麦加工品质的影响及生理基础

本研究表明,灌浆期弱光对强筋和弱筋这两类优质小麦面筋含量、沉淀值和面团粉质仪指标等食品加工品质的影响基本一致。灌浆期不同阶段弱光均显著增加小麦面筋含量和沉淀值;灌浆中、后期弱光使小麦面粉的吸水率、面团形成时间和稳定时间显著升高,灌浆前期弱光对粉质仪参数影响较小。由于不同类型专用小麦对籽粒品质的差异需求,即强筋品种具有较高的蛋白质含量与面团形成和稳定时间,而弱筋品种需要较低的蛋白质含量与面团形成和稳定时间^[22],因此灌浆期短暂的较弱光照强度对可能有利改善强筋品种的加工品质,但使弱筋品种加工品质变劣。

蛋白质既是小麦籽粒中重要的营养成分,也是衡量加工品质的重要指标。小麦籽粒加工品质不仅与蛋白质含量有关,而且与蛋白质组分、结构的关系更密切。研究表明,小麦面粉中谷蛋白含量、谷蛋白/醇溶蛋白比值与面团的揉混、延伸等流变学特性和面包制作品质关系密切^[22-23]。谷蛋白是小麦籽粒加工品质的重要决定因素,不溶性谷蛋白和可溶性谷蛋白含量与加工品质关系密切^[24]。Sapirstein 和 Fu^[25]研究认为,可溶性谷蛋白与最大拉伸阻力显著负相关,Gupta 等^[26]研究认为,不溶性谷蛋白与最大拉伸阻力显著正相关。本试验研究发现,小麦灌浆期(主要是灌浆中后期)弱光处理使籽粒谷蛋白质组分发生显著变化,不溶性谷蛋白含量显著增加,进而显著提高了谷蛋白聚合指数。这与面团形成时间和稳定时间的变化趋势是一致的(图 5)。表明,弱光使籽粒不溶性谷蛋白增加和谷蛋白聚合指数升高,是弱光使两品种粉质仪参数显著增加的一个重要

原因。

4 结论

灌浆期不同阶段弱光均显著降低小麦籽粒产量。弱光使籽粒蛋白质含量显著升高,原因可能是由粒重降低造成。灌浆中、后期短暂弱光显著提高小麦籽粒不溶性谷蛋白含量及谷蛋白聚合指数,这对改善强筋小麦粉质仪参数这一重要加工品质指标有利,但不利于弱筋小麦的改善。

References:

- [1] Jin S B. Wheat in China. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 58-151.
- [2] Takahashi T, Kanazawa T. Grain filling mechanisms in spring wheat; IV. Effects of shadings on number and size of spikes, grains, endosperm cells and starch granules in wheat. *Japanese Journal Crop Science*, 1996, 65(2): 277-281.
- [3] Wang Z, Yin Y, He M, Zhang Y, Lu S, Li Q, Shi S. Allocation of photosynthates and grain growth of two wheat cultivars with different potential grain growth in response to pre- and post-anthesis shading. *Journal Agronomy Crop Science*, 2003, 189(5): 280-285.
- [4] Ayoub M, Guertin S, Fregeau-Reid J, Smith D L. Nitrogen fertilizer effect on breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern Canada. *Crop Science*, 1994, 34(5): 1346-1352.
- [5] Kuktaite R, Larsson H, Johansson E. Variation in protein composition of wheat flour and its relationship to dough mixing behaviour. *Journal of Cereal Science*, 2004, 40(1): 31-39.
- [6] Li Q C, Wang Z L, Zhang Y, Liu X, Shi S B. Effect of nitrogen application rate on noodlemaking quality of wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(2): 420-424.
- [7] Hu X Z, Wei Y M, Zhang G Q, Ouyang S H, M I P K Kovacs, Wang C. Protein fraction of wheat and their relationships with noodle quality. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(5): 739-743.
- [8] Wang C, Kovacs M I P. Swelling index of glutenin test I. Method and comparison with sedimentation, gel-protein, and insoluble glutenin tests. *Cereal Chemistry*, 2002, 79(2): 183-189.
- [9] Guo T C, Zhang X L, Fan S P, Zhu Y J, Wang C Y, Ma D Y. Effects of different environments on qualitative characters of three gluten wheat cultivars. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(6): 917-920.
- [10] Liu X, Li Q C, Wang Z L, He M R, Yin Y P. Effects of nitrogen rates on grain protein components and processing quality of wheat. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(1): 70-76.
- [11] Shi S B, Ma L, Shi Q H, Liu X, Chen L M, Liu J X, Wang Z L. Effect of nitrogen application timing on protein constitutes and its dynamic change in wheat grain. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2005, 11(4): 456-460.
- [12] Barber J S. Factors influencing the grain yield and quality in irrigated wheat. *Journal Agricultural Science*, 1987, 109(1): 19-26.
- [13] Zhao G C, He Z H, Tian Q Z, Liu L H, Li Z H, Zhang W B, Zhang Q L. Regulating effect of the treatment of agronomic practice on protein component and bread making quality in Zhongyou 9507 wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2003, 29(3): 408-412.
- [14] Demotes-Mainard S, Jeuffroy M H. Effects of nitrogen and radiation on dry matter and nitrogen accumulation in the spike of winter wheat. *Field Crops Research*, 2004, 87(2/3): 221-233.
- [15] Li Y G, Yu Z W, Liang X F, Zhao J Y, Qiu X B. Response of wheat yields and quality to low light intensity at different grain filling stages. *Acta phytocologica Sinica*, 2005, 29(5): 807-813.
- [16] Cao C F, Kong L C, Wang J L, Zhao B, Zhao Z. Effect of nitrogen nutrition on the quality of different types of wheat varieties. *Journal of Triticeae Crops*, 2004, 24(1): 47-50.
- [17] Guttieri M J, Ahmad R, Stark J C, Souza E. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Science*, 2000, 40(3): 631-635.
- [18] Jiang D, Yu Z W, Li Y G, Yu S L. Dynamic changes of enzyme activities involving in starch synthesis in superior and inferior grains of high-yield winter wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(4): 378-383.
- [19] Wang W H, Guo W S, Fang M K, Feng C N, Zhu X K, Peng Y X. Endosperm cell proliferating and grain filling dynamics in wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2003, 29(5): 779-784.
- [20] Tian J C, Zhang Z Y, Liang Z Q. Studies on the difference of nitrogen absorption, transportation and distribution in high and low protein wheat cultivars. *Acta Agronomica Sinica*, 1994, 20(1): 76-83.
- [21] Kiniry J R. Nonstructural carbohydrate Utilization by wheat shaded during grain growth. *Agronomy Journal*, 1993, 85(4): 844-849.
- [22] MacRitchie F. Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. *Cereal Food World*, 1999, 44(4): 188-193.

- [23] MacRitchie F. Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 1987, 6(3): 259-268.
- [24] Miller K A, Hoseney R C. Dynamic rheological properties of wheat starch gluten dough. *Cereal Chemistry*, 1999, 76(1): 105-109.
- [25] Sapirstein H D, Fu B X. Intercultivar variation in the quantity of monomeric proteins, soluble and insoluble glutenin, and residue protein in wheat flour and relationships to breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 1998, 75(4): 500-507.
- [26] Gupta R B, Batey I L, MacRitchie F. Relationship between protein composition and functional properties of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 1992, 69(2): 125-131.

参考文献:

- [1] 金善宝. 中国小麦学. 北京: 中国农业出版社, 1996: 58-151.
- [6] 李青常, 王振林, 张艳, 刘霞, 石书兵. 施氮水平对小麦面条加工品质的影响. *中国农业科学*, 2005, 38(2): 420-424.
- [7] 胡新中, 魏益民, 张国权, 欧阳韶晖, Kovacs M I P, 王春. 小麦籽粒蛋白质组分及其与面条品质的关系. *中国农业科学*, 2004, 37(5): 739-743.
- [9] 郭天财, 张学林, 樊树平, 朱云集, 王晨阳, 马冬云. 不同环境条件对三种筋型小麦品质性状的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(6): 917-920.
- [10] 刘霞, 李青常, 王振林, 贺明荣, 尹燕桦. 施氮水平对小麦籽粒蛋白质组分和加工品质的影响. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(1): 70-76.
- [11] 石书兵, 马林, 石庆华, 刘霞, 陈乐梅, 刘建喜, 王振林. 不同施氮时期对冬小麦籽粒蛋白质组分及其动态变化的影响. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(4): 456-460.
- [13] 赵广才, 何中虎, 田奇卓, 刘利华, 李振华, 张文彪, 张全良. 农艺措施对中优 9507 小麦蛋白组分和加工品质的调节效应. *作物学报*, 2003, 29(3): 408-412.
- [15] 李永庚, 于振文, 梁晓芳, 赵俊晔, 邱希宾. 小麦产量和品质对灌浆期不同阶段低光照强度的响应. *植物生态学报*, 2005, 29(5): 807-813.
- [16] 曹承富, 孔令聪, 汪建来, 赵斌, 赵竹. 氮素营养水平对不同类型小麦品种品质性状的影响. *麦类作物学报*, 2004, 24(1): 47-50.
- [18] 姜东, 于振文, 李永庚, 余松烈. 高产小麦强势和弱势籽粒淀粉合成相关酶活性的变化. *中国农业科学*, 2002, 35(4): 378-383.
- [19] 王蔚华, 郭文善, 方明奎, 封超年, 朱新开, 彭永欣. 小麦籽粒胚乳细胞增殖及物质充实动态. *作物学报*, 2003, 29(5): 779-784.
- [20] 田纪春, 张忠义, 梁作勤. 高蛋白和低蛋白小麦品种的氮素吸收和运转分配差异的研究. *作物学报*, 1994, 20(1): 76-83.

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