

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

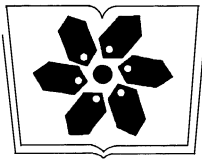
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **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 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目次

- 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例..... 孙永光,赵冬至,吴涛,等 (3645)
- 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征..... 张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
- 青岛市湿地生态网络评价与构建..... 傅强,宋军,毛锋,等 (3670)
- 大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例..... 叶春,李春华,王秋光,等 (3681)
- 绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态..... 王书敏,何强,张峻华,等 (3691)
- 坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响..... 何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
- 枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系..... 姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
- 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价..... 邹丽丽,陈晓翔,何莹,等 (3722)
- 温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应..... 朱晓闻,王辉,刘进,等 (3729)
- 鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险..... 赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
- 黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系..... 张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
- DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响..... 邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
- 粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响..... 郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
- 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例..... 陈杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
- 城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例..... 林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
- 高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例..... 王录仓,高静 (3795)
- 太湖湖滨带生态系统健康评价..... 李春华,叶春,赵晓峰,等 (3806)
- 秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量..... 党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
- 盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响..... 尤佳,王文瑞,卢金,等 (3825)
- 海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择..... 刘晋仙,陶建平,何泽,等 (3834)
- 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应..... 王振兴,朱锦懋,王健,等 (3841)
- 基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究..... 金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
- 不同径级油松径向生长对气候的响应..... 姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
- 珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布..... 袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
- 巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较..... 胡红玲,张健,万雪琴,等 (3873)
- 银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响..... 黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
- 基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究..... 孙守家,孟平,张劲松,等 (3892)
- 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性..... 张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
- 含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈琳,谷洁,高华,等 (3912)
- 钝叶枧不同性别花的花部形态与传粉特征比较..... 王茜,邓洪平,丁博,等 (3921)
- 我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性..... 何奇瑾,周广胜 (3931)
- 烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响..... 樊高琼,杨恩年,郑亭,等 (3940)

专论与综述

- 中国产业共生发展模式的国际比较及对策..... 石磊,刘果果,郭思平 (3950)

研究简报

- 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化..... 张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
- 杨树人工林生态系统通量贡献区分析..... 金莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说:鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201107251093

樊高琼, 杨恩年, 郑亭, 吴中伟, 王秀芳, 邵庆勤, 杨文钰. 烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响. 生态学报, 2012, 32(12): 3940-3949.

Fan G Q, Yang E N, Zheng T, Wu Z W, Wang X F, Shao Q Q, Yang W Y. Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3940-3949.

烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及 籽粒蛋白质品质的影响

樊高琼¹, 杨恩年², 郑亭¹, 吴中伟¹, 王秀芳¹, 邵庆勤³, 杨文钰^{1,*}

(1. 四川农业大学/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 成都 611130;

2. 四川省农业科学院作物研究所, 成都 610066; 3. 安徽科技学院植物科学学院, 凤阳 233100)

摘要:通过田间试验,研究了不同烯效唑干拌种剂量对3个不同筋力小麦品种植株氮素积累、运转和籽粒蛋白质品质的影响,结果表明,基因型、环境及烯效唑处理对小麦品质的影响效应依次减小,且均达到了极显著水平,但三者的互作效应较小。烯效唑处理后提高了不同生态点下不同小麦品种籽粒蛋白质含量和产量,处理后的面筋含量和沉淀值增加,面团形成时间和稳定时间延长;干拌种增加了开花期各营养器官中的氮素含量和单株氮素积累量,花后氮素总转移量、总转移率及其对籽粒氮的贡献率极显著提高,且处理后旗叶中可溶性蛋白质含量在花后15 d内均显著高于对照;对籽粒中氮含量而言,烯效唑处理后提高了灌浆初期籽粒中的非蛋白氮含量,花后5—20 d内均高于对照,灌浆期间籽粒蛋白氮含量均高于对照,因而处理后的粗蛋白质含量变化动态特点为谷底高、回升快。研究认为,烯效唑处理如同基因、环境一样独立影响小麦籽粒品质,而烯效唑处理后提高了开花初期旗叶中的可溶性蛋白质含量和花前营养器官中氮素含量及花后氮素转运量,可能是其提高籽粒非蛋白氮含量、促进籽粒蛋白质含量增加和蛋白质质量提高的重要原因之一,烯效唑干拌种对小麦籽粒蛋白质品质的改善具有广适性。

关键词:小麦;烯效唑干拌种;籽粒品质;氮素积累和运转

Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat

FAN Gaoqiong¹, YANG Ennian², ZHENG Ting¹, WU Zhongwei¹, WANG Xiufang¹, SHAO Qingqin³, YANG Wenyu^{1,*}

1 Sichuan Agricultural University, Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of P. R. China, Chengdu 611130, China

2 Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China

3 Department of Botany, Anhui Science and Technology University, Fengyang Anhui 233100, China

Abstract: Wheat is the main food crop grown and consumed in Sichuan province, but the poor quality and inadaptability of the food processing industry has become a bottleneck for development of the Sichuan wheat industry. Uniconazole [(E)-(p-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol] belongs to a group of triazoles, which were developed as a high efficiency, low toxic and residual plant growth retardant, Uniconazole plant growth regulators have a strong influence on seedling cultivation and markedly increase yields. Dry seed dressing is a safe and environmentally friendly method of chemical application compared with foliar application. However, its effect on wheat protein quality is rarely

基金项目:四川省小麦丰产科技工程(2006BAD02A05);四川省育种攻关(2006YZGG-28)

收稿日期:2011-07-25; 修订日期:2012-04-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wenyu.yang@263.net

reported, so the relevant theoretical basis for increased wheat protein quality in response to uniconazole treatment is unclear. Therefore, the objectives of this study were, firstly, to study the effects on protein content, gluten content and quality, and dough rheological properties of different uniconazole concentrations (0, 20, 40, and 60 mg/kg) in three different gluten wheat cultivars (medium-weak gluten wheat Chuanmai 32 and Chuanmai 107, and medium-strong gluten wheat Chuanmai 36) in four representative wheat-growing regions in Sichuan (Qionglai in the West Sichuan Plain wheat area, Jingyan in the central Sichuan shallow-hills wheat area, Hanyuan in the southwest Sichuan mountains wheat area, and Yaan in the montane wheat area around the Sichuan Basin). Secondly, we studied the effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation in vegetative organs and its transportation to grains, dynamics of the soluble protein content of the flag leaf, and dynamics of grain protein and non-protein nitrogen content. Thirdly, we explored the effect and mechanism of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation as well as the protein quality of the wheat kernel. The results showed that genotype, environment and uniconazole highly influenced wheat grain quality, and their effects decreased significantly in turn, but the interaction effects were much weaker. Under different ecological conditions, the kernel protein content and yield, wet gluten content, sedimentation value, and dough development and stability time were improved significantly by uniconazole treatment. Uniconazole dry seed dressing increased the nitrogen content in vegetative organs and improved nitrogen accumulation per plant at the flowering stage; the total nitrogen translocation amount and rate after anthesis, together with its contribution to kernel nitrogen content, was enhanced significantly. Uniconazole treatment increased the soluble protein content in the flag leaf during the 15-day period after anthesis. Regarding the protein content in kernels, the non-protein nitrogen contents at the onset of anthesis and in the period 5—20 days after anthesis, as well as protein nitrogen content during grain filling, were higher with uniconazole treatment than in the control. Accordingly, the crude protein content was high at the bottom and climbing back rapidly. In summary, uniconazole treatment affected wheat kernel quality independently of genotype and environment. Uniconazole dry seed dressing increased the soluble protein content in the flag leaf at the early flowering stage, promoted nitrogen accumulation in vegetative organs before anthesis, improved nitrogen translocation from vegetative organs to kernels after anthesis, and enhanced the non-protein nitrogen content of kernels, all of which may be major reasons for the promotive effect of uniconazole on grain protein content and quality. The latter effects of uniconazole are of broad applicability.

Key Words: winter wheat; uniconazole dry seed dressing; kernel quality; nitrogen accumulation and translocation

四川盆地是我国南方小麦主产区之一,小麦也是四川主要粮食作物和消费的主要品种,由于四川小麦生育期间湿度较大、光照不足、光照强度差、昼夜温差小的气候条件,导致其品质差,商品率不高,加之长期以来追求高产的育种目标也使四川小麦品质育种进展缓慢^[1],“质次、价高、加工业不适应”一度成为四川小麦的代名词^[2]。随着城市化进程加快,面制食品的需求量增加,如何改善四川小麦品质现状对于提升四川小麦生产地位、促进四川小麦产业发展、满足多元化食品制作需求及增加农民收入显得尤其重要。

Lous G Nickell 认为植物生长调节剂的应用,是人们继遗传改良、改变作物生长的环境条件以及人工嫁接修剪以后的第四种能够改进作物生产的方法^[3]。研究结果表明,烯效唑干拌种技术对于解决四川盆地小麦生产上旺长弱苗问题行之有效,具有很好的增产效果^[4-6],但对品质的影响尚不明确。国内外有关烯效唑处理后对园艺作物品质的影响报道较多,如促进牵牛成花,花朵大小适宜^[7],增强蓝雪花观赏性^[8],促进葡萄和苹果着色^[9-10]等;在粮油作物上也见烯效唑使用后提高稻米和大豆蛋白质含量和产量及大豆脂肪产量的相关报道^[11-12],另外,叶面喷施烯效唑也可提高马铃薯块茎中的淀粉含量、Vc 含量和可溶性糖含量^[13],而有关烯效唑对小麦品质的影响却少见报道。鉴于花前氮素积累和花后氮素转运是决定小麦籽粒蛋白质含量和质量的重要因素^[14],本文从烯效唑干拌种后对不同生态点下不同小麦品种开花期营养器官氮素积累和花后氮素运转、以及旗叶和籽粒中的氮素变化动态出发,研究烯效唑干拌种对小麦籽粒蛋白质品质的影响及机理,研究

结果可为四川小麦优质高产调控措施的制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验设计

试验选择在四川省有代表性的 4 个生态点进行,分别是:邛崃(川西平原麦区,103.47°E,30.42°N)、井研(川中浅丘麦区,104.06°E,29.67°N)、汉源(川西南山地麦区,102.66°E,29.4°N)和雅安(盆周边缘山地麦区,102.97°E,29.97°N),土壤养分状况见表 1,供试品种为川麦 32(中弱筋)、川麦 107(中弱筋)和川麦 36(中强筋),四川省提供,供试药剂烯效唑为江苏建湖农药厂生产的 5% 可湿性粉剂。各生态点下均采用二因素裂区设计,品种为主处理,设 3 个水平,分别以 A1(川麦 32)、A2(川麦 107)、A3(川麦 36)表示;干拌种剂量为副处理,设 4 个水平,分别记作 B0(0 mg/kg)、B1(20 mg/kg)、B2(40 mg/kg)、B3(60 mg/kg),试验设 3 次重复。各生态点试验小区面积 12 m²,撬窝点播,行窝距为 20 cm×10 cm,播种密度为 150 万/hm²。试验地施尿素 326 kg/hm²(折 N 150 kg),过磷酸钙 450 kg/hm²(折 P₂O₅ 76.5 kg),氯化钾 150 kg/hm²(折 K₂O 78 kg)。磷钾肥全部作为底肥施入,氮肥按基:追比 7:3 进行,基肥于播种覆土后兑水施入,追肥于拔节期施用,其它栽培措施同一般大田生产。

表 1 试验地土壤养分含量状况
Table 1 The content of the experimental soil nutrients

地点 Sites	有机质 Organic matter /%	全氮 Total nitrogen /%	水解氮 Hydrolyzable nitrogen /(mg/kg)	全磷 Total phosphorus /%	有效磷 Available phosphorus /(mg/kg)	全钾 Total potassium /%
雅安	2.875	0.173	157.8	0.0946	23.79	20.84
邛崃	3.843	0.240	191.5	0.0651	13.69	19.83
井研	1.108	0.101	80.7	0.0757	9.84	20.96
汉源	6.271	0.329	281.0	0.0978	21.05	24.61

1.2 调查测定项目与方法

1.2.1 开花期、成熟期植株样品制备

各生态点于开花期和成熟期取样,按平均数取样法,每小区取 3 窝,分叶、茎、鞘、穗几部分,于 105 ℃ 杀青,70 ℃ 烘干至恒重,称干重,然后用小型高速粉碎机粉样,过 100 目筛后存放于干燥器中,用于测定全氮含量。

1.2.2 开花后籽粒、旗叶样品制备

以雅安点为取样点,在抽穗期选择生长一致、同一天抽穗的主茎茎秆挂牌,保留同天开花的样穗,开花当天取样,以后每隔 5 d 取样 1 次,每次取 15 穗,分旗叶、籽粒两部分,旗叶用刀片切碎后混匀,准确称取 0.5 g 液氮速冻后放入超低温冰箱备用,用于测定可溶性蛋白质含量,样穗采回后及时剥粒,105 ℃ 烘箱内杀青 20—60 min,再于 70 ℃ 烘干至恒重,称干重,然后用小型高速粉碎机粉样,过 100 目筛后用于测定全氮及蛋白氮、非蛋白氮含量。

1.2.3 成熟期籽粒样品制备

小麦成熟时,分小区单打实收记产,从每小区中随机抽取晒干籽粒 1 kg,后熟 1 个月后,用德国 Brabender 公司生产的实验磨磨粉,磨粉后放置 15 d 后熟,测定籽粒粗蛋白和其余品质指标。

1.2.4 测定方法

氮的测定采用凯氏定氮法^[15],用瑞士产 BüCHI 凯氏定氮系统测定,籽粒蛋白质含量按照全氮量的 5.7 倍换算,蛋白质产量为籽粒蛋白质含量与籽粒产量的乘积;湿面筋含量用德国 Brabender 公司的自动洗面筋机按 ICC13 号标准测定;沉淀值用德国 Brabender 公司生产的专用设备按 ICC116 号标准测定;用德国 Brabender 公司生产的粉质仪做面粉粉质图,分析面团形成时间、面团稳定时间;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法^[16]。

1.3 数据处理

小麦植株氮素积累与运转参照 Przulj 的方法^[17]:

$$\text{植株氮素积累量} = \text{植株干重} \times \text{植株含氮量} \quad (1)$$

$$\text{花前氮素转运量} = \text{开花期营养器官氮素积累量} - \text{成熟期营养器官氮素积累量} \quad (2)$$

$$\text{花前氮素转运率} = (\text{花前氮素转运量} / \text{开花期营养器官氮素积累量}) \times 100\% \quad (3)$$

数据采用 DPS V7.05 软件进行方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 籽粒蛋白质含量、产量和质量

由表 2 可见,3 个生态点烯效唑处理后 3 个不同筋力品种的蛋白质含量均得到提高,雅安、邛崃、井研、汉源点烯效唑处理后 A1 品种上蛋白质含量的增幅分别为 0.508—1.038、0.448—0.797、0.853—1.544、0.504—0.938 个百分点,A2 上分别为 0.583—0.811、0.537—0.615、0.905—1.212、0.249—0.524 个百分点,A3 上分别为 0.554—0.799、0.821—1.130、0.748—0.942、0.017—0.675 个百分点。受产量的影响,蛋白质产量以汉源点最高,但烯效唑处理后的蛋白质产量也高于对照,雅安、邛崃、井研、汉源点烯效唑处理的分别较对照增加 10.3%、10.2%、11.2% 和 7.9%。同时,烯效唑处理改善了各生态点各小麦品种的蛋白质质量,处理后的湿面筋含量、沉淀值增加,面团形成时间和稳定时间延长,就 3 个品种的平均值而言,雅安、邛崃、井研、汉源点烯效唑处理后的湿面筋含量分别较对照增加 2.9、2.0、2.7 和 2.6 个百分点,沉淀值分别较对照增加 14.6%、13.9%、7.3% 和 21.3%,面团稳定时间分别较对照延长 30.8%、11.5%、25.6% 和 22.9%。

分析基因型、环境(3 个生态点)、烯效唑三因素对小麦籽粒品质影响的显著性及互作效应,结果表明(表 3),各品质指标均极显著地受到基因型、环境、烯效唑处理的影响。就方差占总方差的百分数而言,以基因型的最大(蛋白质产量例外),其次是环境,再次是烯效唑,尤其是在沉淀值、面团形成时间和稳定时间上,基因型占总方差的百分数均在 90% 以上,表明这些指标主要受基因型的影响。而蛋白质产量受环境的影响更大,其所占的方差占总方差的 70%,这与环境对籽粒产量的影响更有关。除蛋白质产量外,基因型×环境互作(G×E)对所测品质指标的影响均达到差异极显著,但其互作方差较小,远小于基因型方差和环境方差所占的百分数;环境×烯效唑(E×U)在湿面筋含量和沉淀值上表现显著的互作效应,基因型×烯效唑(G×U)在沉淀值、稳定时间上表现显著的互作效应,而基因型×环境×烯效唑(G×E×U)仅在湿面筋含量上表现显著的互作效应,总体而言,互作效应的方差占总方差的百分数均远远小于烯效唑所占的百分数,更小于环境所占的百分数和基因型所占的百分数,表明这些籽粒品质性状主要受基因的表达、环境和烯效唑处理的独立影响,烯效唑对于小麦籽粒品质的改善具有广适性。

2.2 开花前后氮素积累与运转

2.2.1 开花时植株氮素含量和积累量

各生态点下,烯效唑处理均提高 3 个品种各器官中的氮素含量,如雅安点 A1 品种中叶、穗、鞘、茎的氮素含量烯效唑处理分别较对照提高 0.456、0.230、0.193、0.322 个百分点,A2 品种上分别较对照提高 0.269、0.156、0.182、0.139 个百分点,A3 品种上分别较对照提高 0.271、0.021、0.334、0.250 个百分点,可见烯效唑处理后氮素含量在叶片上提高的幅度较大。

进一步分析表明(图 2),开花期 4 个生态点间单株氮素积累量有差异,以邛崃点最高,汉源点最低,各生态点下又以 A3 单株氮素积累量最低。烯效唑处理后提高了各生态点下的单株氮素积累量,就三品种的平均值而言,邛崃点 B1、B2、B3 处理分别较对照提高 11.33%、5.08%、7.46%,雅安点分别较对照提高 18.06%、19.31%、13.96%,井研点分别较对照提高 27.15%、15.66%、32.16%,汉源点分别较对照提高 12.72%、15.47%、12.66%。

2.2.2 花后氮素转运

从表 4 可以看出,开花后营养器官中氮素转移对籽粒氮贡献在 76.9%—83.0% 之间,占籽粒氮素的绝大

表 2 不同生态点烯效唑干拌种对不同基因型小麦籽粒蛋白质含量及质量的影响

性状 Traits	Table 2 Effect of uniconazole on grain protein content and quality in three cultivars under four sites									
	雅安			邛崃			井研			汉源
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1
蛋白质含量/% Protein content	B0	12.707	11.482	16.201	13.832	11.962	16.386	17.317	14.699	10.270
	B1	13.371	12.065	17.000	14.28	12.526	17.317	12.425	15.584	11.176
	B2	13.746	12.293	16.755	14.295	12.577	17.207	11.243	15.641	10.774
	B3	13.215	12.168	16.777	14.629	12.499	17.516	11.837	15.447	11.208
蛋白质产量 /(kg/hm ²)	B0	603.6	530.3	648.1	750.9	589.1	708.3	445.1	535.2	863.7
	B1	666.6	591.0	741.8	821.5	642.6	805.6	567.7	588.8	956.4
	B2	660.3	604.7	720.1	906.1	624.0	785.4	541.1	584.9	982.2
	B3	640.6	572.0	700.6	790.2	634.1	762.1	568.6	573.5	960.8
湿面筋含量/% Wet gluten content	B0	28.7bB	28.6cB	39.8bB	32.5	30.3	39.0	30.3	35.8	23.9cC
	B1	30.6aAB	33.4aA	42.4aA	33.0	31.4	41.3	27.5	37.5	28.4aAB
	B2	31.3 aA	30.5bB	42.3aA	33.7	33.0	42.6	32.3	38.0	26.0bBC
	B3	32.3aA	33.6aA	41.2abAB	34.4	32.0	42.1	28.8	37.3	28.8aA
沉淀值/mL Sedimentation value	B0	16.3	20.0	40.5	18.9	24.4	40.0	14.6	37.2	13.5cB
	B1	18.9	24.5	44.8	22.0	27.4	44.5	16.4	38.5	18.3aA
	B2	20.3	26.0	42.5	19.8	28.9	43.0	15.9	39.2	16.5bA
	B3	19.8	25.3	42.0	24.0	29.0	46.7	19.5	38.0	18.5aA
形成时间/min Dough developing time	B0	1.70	1.63	3.63	1.57	2.17	4.93	1.63	4.47	1.30
	B1	1.83	2.00	4.27	1.93	2.73	5.47	2.00	4.93	1.67
	B2	2.00	2.20	4.20	2.13	3.00	5.73	1.83	5.03	1.53
	B3	1.90	2.13	4.27	2.03	2.53	5.37	2.03	4.90	1.77
稳定时间/min Dough stability time	B0	0.70	1.03bB	2.63bB	0.83	1.77	4.20	0.60bA	1.23cC	0.80
	B1	0.83	1.50aA	3.37aA	0.90	2.20	4.50	0.90abA	2.60aA	0.93
	B2	0.90	1.70aA	3.20aA	1.00	2.47	4.80	0.93abA	1.83bB	0.83
	B3	0.80	1.67aA	3.23aA	0.97	1.67	4.27	1.07aA	4.87bAB	0.88
同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间差异达 5% 和 1% 显著水平										

表 3 基因型、环境、烯效唑对小麦籽粒主要品质性状的影响及其互作效应的方差分析

性状 Traits	Table 3 MS and SS/SST of genotype(G), environment(E) and uniconazole(U) and G×E, G×U, E×U, G×E×U for wheat grain qualities									
	基因型 Genotype		环境 Environment		烯效唑 Uniconazole		G×E		G×U	
	方差 MS	%	方差 MS	%	方差 MS	%	方差 MS	%	方差 MS	%
蛋白质含量 Protein content	209.66**	64.81	104.81**	32.40	4.83**	1.49	3.77**	1.17	0.12	0.04
蛋白质产量 Protein yield	216235**	23.13	654398**	69.99	37090**	3.97	22646	2.42	1820	0.19
湿面筋含量 Wet gluten content	943.57**	65.74	383.89**	26.75	60.57**	4.22	37.14**	2.59	2.58	0.18
沉淀值 Sedimentation value	5452.01**	90.93	356.45**	5.94	111.00**	1.85	60.74**	1.01	7.00*	0.12
形成时间 Dough developing time	106.74**	91.68	6.56**	5.63	1.86**	1.60	1.05**	0.90	0.085	0.07
稳定时间 Dough stability time	131.68**	93.48	4.95**	3.51	1.72**	1.22	1.91**	1.36	0.31*	0.12
* 和 ** 分别表示 5% 和 1% 的显著水平, % 表示方差占总方差的百分数										

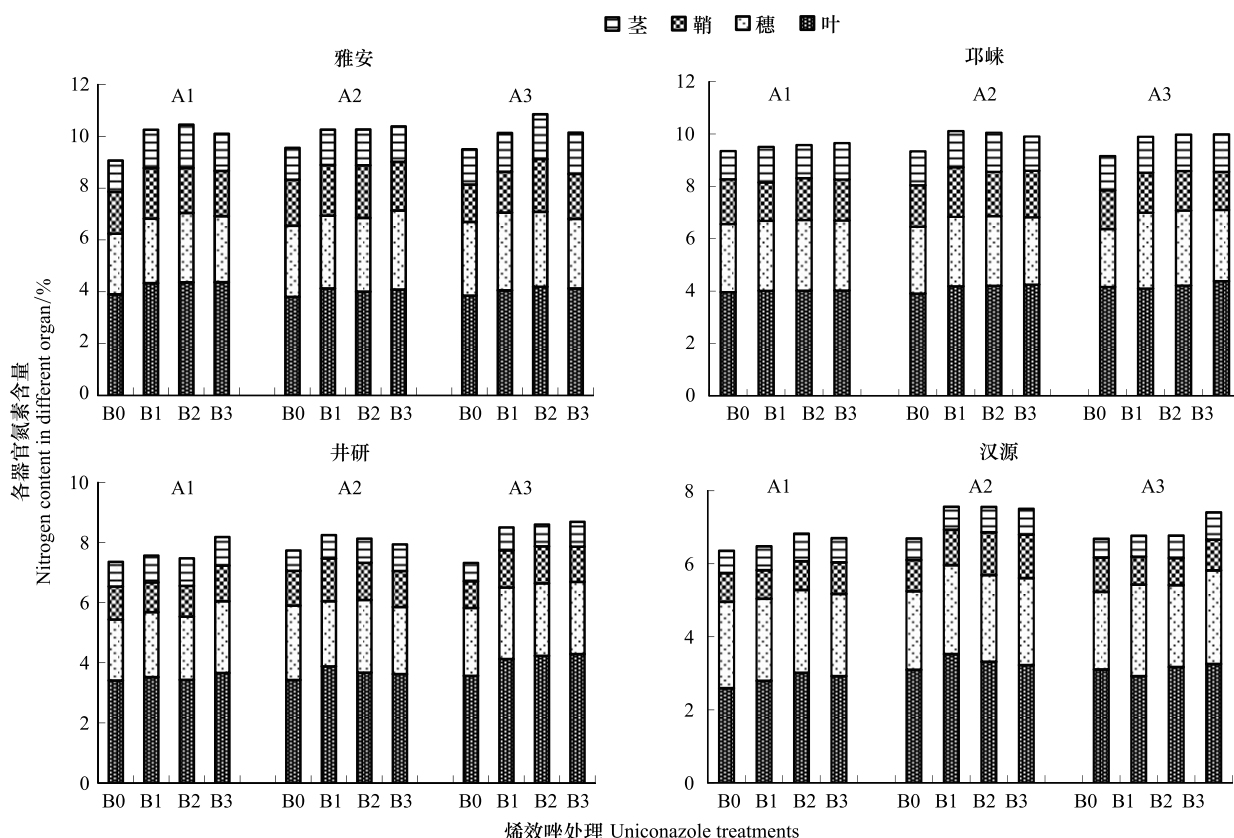


图 1 开花期各生态点小麦不同品种各器官中的氮素含量

Fig. 1 Nitrogen content among different organs of three cultivars under four sites at anthesis stage

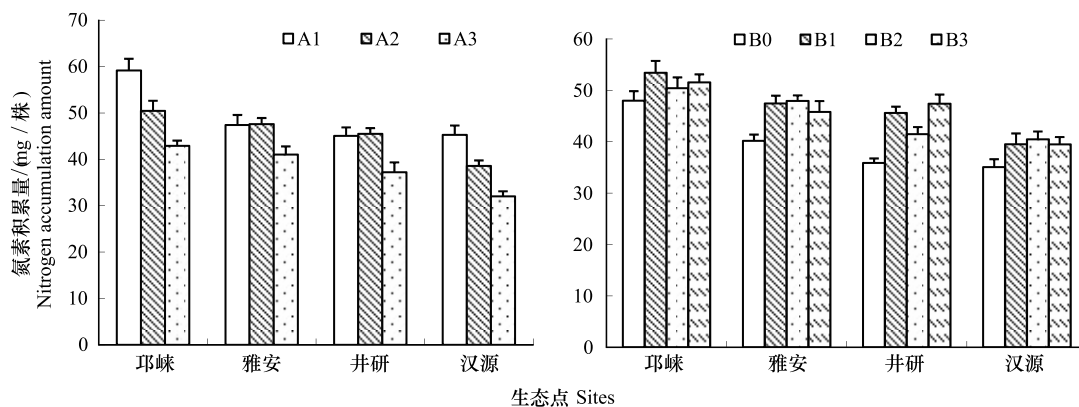


图 2 不同生态点开花期单株氮素积累量

Fig. 2 Nitrogen accumulation in single plant among different sites at anthesis stage

部分。各器官中氮素转移量对籽粒氮素积累贡献大小顺序为: 叶>茎>穗轴+颖壳>鞘>根。A1、A2 品种营养器官氮素向籽粒的转移量显著高于 A3, 而转移率则显著低于 A3。烯效唑处理后, 显著提高了叶、茎、鞘、穗轴+颖壳、根中的氮素转移量及转移率, 如叶中 B1、B2、B3 处理下的转移量分别较对照提高 13.45%、14.79%、15.94%, 转移率分别较对照提高 2.25、2.2、3.92 个百分点, 对籽粒氮的贡献率分别较对照增加 0.62、0.49、0.95 个百分点, 茎中 B1、B2、B3 处理下的转移量分别较对照提高 26.49%、36.63%、19.39%, 转移率分别较对照提高 7.51、8.51、5.04 个百分点, 对籽粒氮的贡献分别较对照增加 2.97、4.50、1.38 个百分点, 因而营养器官中氮素总转移量、总转移率及对籽粒氮的贡献均极显著地高于对照, B1、B2、B3 处理下氮素总转移量分

别较对照提高 19.25%、21.63%、18.42%，总转移率分别较对照提高 4.08、4.03、4.36 个百分点，对籽粒氮的贡献分别较对照增加 5.62、6.08、4.29 个百分点。

表 4 花后小麦植株营养器官中氮素向籽粒的运转
Table 4 Translocation of nitrogen from nutritive organs to kernel after anthesis

项目 Items	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	鞘 Sheath	穗轴+颖壳 SAAKH	合计 Total
A1 转移量 TA/(mg/stem)	0.75bB	9.48	13.46aA	4.79aA	5.81bA	34.28aA
转移率 TP/%	58.92	66.78	72.58bB	61.68	69.19cC	68.47bA
占籽粒 RTTKN/%	1.77bB	22.33	31.78aA	11.32abAB	13.71cB	80.92
A2 转移量 TA/(mg/stem)	1.16aA	10.06	11.36bB	5.08aA	6.38abA	34.04aA
转移率 TP/%	59.29	63.92	73.55bB	62.99	73.30bB	68.25bA
占籽粒 RTTKN/%	2.80aA	24.32	27.55bAB	12.35aA	15.47bAB	82.49
A3 转移量 TA/(mg/stem)	0.58bB	9.02	10.09cC	3.96bB	6.79aA	30.43bA
转移率 TP/%	53.27	63.87	77.56aA	63.53	76.84aA	70.39aA
占籽粒 RTTKN/%	1.50bB	23.38	26.31bB	10.27bB	17.70aA	79.16
B0 转移量 TA/(mg/stem)	0.67bA	7.89cC	10.48bB	3.95bB	5.68bB	28.67bB
转移率 TP/%	52.84	59.59cB	72.47bB	60.47bB	70.86cB	65.92bB
占籽粒 RTTKN/%	1.79	21.13cC	28.03	10.54cB	15.36	76.86bA
B1 转移量 TA/(mg/stem)	0.87aA	9.98abAB	11.89aA	4.97abA	6.47aAB	34.19aA
转移率 TP/%	59.30	67.10abA	74.72aAB	62.89abA	74.24abA	70.00aA
占籽粒 RTTKN/%	2.09	24.10abAB	28.65	11.96 aA	15.68	82.48aA
B2 转移量 TA/(mg/stem)	0.90aA	10.78aA	12.03aA	4.89aA	6.27aAB	34.87aA
转移率 TP/%	58.27	68.10aA	74.67aAB	63.19aA	72.53bcAB	69.95aA
占籽粒 RTTKN/%	2.12	25.63aA	28.52	11.66abA	15.00	82.94aA
B3 转移量 TA/(mg/stem)	0.88aA	9.42bB	12.15aA	4.63aA	6.87aA	33.95aA
转移率 TP/%	58.24	64.63bA	76.39aA	64.39aA	74.81aA	70.28aA
占籽粒 RTTKN/%	2.09	22.51bcBC	28.98	11.10bcAB	16.46	81.15aA

TA:转移量 Translocation amount;TP:转移率 Translocation proportion;RTTKN:占籽粒的百分比 Ration to total kernel nitrogen;SAAKH:穗轴+颖壳 Spike axis and kernel husk

2.3 开花后旗叶中可溶性蛋白质含量动态

旗叶是小麦后期冠层的主要部分,其氮代谢状况不仅影响着小麦产量,也影响着小麦品质。从图 3 中可以看出,开花后旗叶中可溶性蛋白质含量呈下降趋势,开花后 0—15 d 下降较缓,15—35 d 则快速下降,开花后 35d,A1、A2、A3 品种旗叶可溶性蛋白质含量仅为初始值的 28.3%、24.0%、36.9%,表明叶片的迅速衰老,也意味着叶片中的可溶性蛋白质分解外运。旗叶中可溶性蛋白质含量以 A3 品种最高。烯效唑处理后提高了开花时旗叶中的可溶性蛋白质含量,A1、A2、A3 品种下烯效唑处理后的可溶性蛋白质含量平均分别较对照高 7.46%、11.46%、11.56%,开花后 15 d 平均分别较对照高 16.20%、25.94%、19.22%,开花后 35d 烯效唑处理与对照的可溶性蛋白质含量均较低,处理与对照差异减小但仍略高于对照。烯效唑处理后可溶性蛋白质含量的提高有利于增强旗叶的光合能力和氮素同化能力,延缓叶片衰老的同时促进氮素向籽粒中的运输。

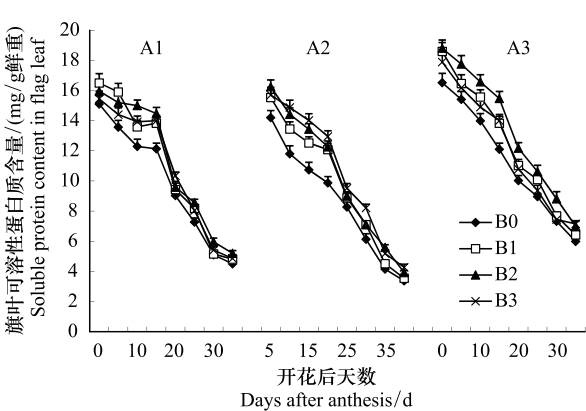


图 3 烯效唑干拌种对小麦不同品种花后旗叶中可溶性蛋白质含量的影响
Fig. 3 Effects of uniconazole dry seed dressing on soluble protein contents in flag leaves of different variety after anthesis

2.4 开花后籽粒中氮含量动态

2.4.1 蛋白氮、非蛋白氮动态

由图4可以看出,开花后籽粒蛋白氮含量呈“快-慢-快”速度上升,品种间差异较大,A1、A2品种在开花后20—30 d蛋白氮含量相对平稳,而A3品种只在开花后20—25 d这一阶段含量相对稳定,此后又快速上升。与蛋白氮含量相反的是,开花后籽粒非蛋白氮含量快速下降(图4),以开花后5—20 d下降最快,与此期籽粒蛋白氮快速上升相对应,此后籽粒非蛋白氮下降速度减缓。A3品种籽粒发育过程中蛋白氮和非蛋白氮含量均高于A1、A2品种,且蛋白氮含量后期差异最大,而非蛋白氮含量前期差异最大,后期三品种非蛋白氮含量差异小。

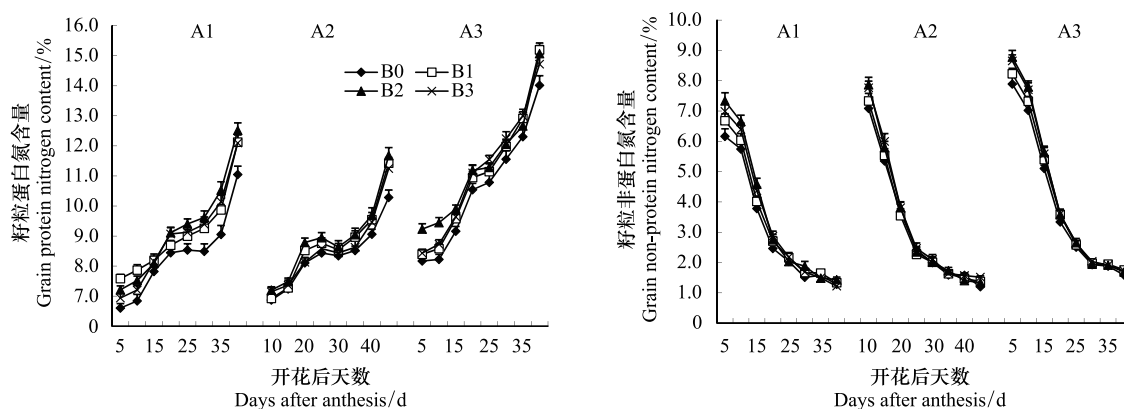


图4 烯效唑干拌种对小麦不同品种花后籽粒中蛋白氮、非蛋白氮含量的影响

Fig.4 Effects of uniconazole dry seed dressing on grain protein and non-protein nitrogen content of different variety after anthesis

在籽粒灌浆全过程中,烯效唑各处理均提高了A1、A2、A3品种籽粒中的蛋白氮含量,处理后蛋白氮含量曲线均位于对照的上方。以B2处理为例,开花后5 d,A1、A2、A3上B2处理下的蛋白氮含量分别较对照高0.609、0.332、1.06个百分点;开花后40 d,分别较对照高1.470、1.392、1.055个百分点。同时,烯效唑处理后籽粒灌浆开始时非蛋白氮含量起点高,A1、A2、A3上B2处理下的非蛋白氮含量分别较对照提高1.170、0.778、0.889个百分点,处理后的非蛋白氮含量在开花后5—20 d内均高于对照,为蛋白质含量的提高打下了基础。

2.4.2 籽粒中粗蛋白含量动态

籽粒灌浆过程中蛋白质含量呈“V”字型变化(图5),其低谷出现在开花后25—30 d。此期正值非蛋白氮下降减慢,蛋白氮含量较稳定,同时也对应于籽粒淀粉的快速充实。品种间变化趋势相同,但A3品种籽粒灌浆过程中蛋白质含量均显著高于A1、A2品种。烯效唑各处理均提高了A1、A2、A3品种下籽粒中的蛋白质含量,起始值高于对照,谷底也较对照高,回升也较对照快。就3个品种的平均值而言,开花后5 d,B1、B2、B3处理下的蛋白质含量分别较对照提高0.786、1.613、1.047个百分点,开花后30 d分别较对照提高0.629、0.889、0.677个百分点,开花后40 d分别较对照提高1.265、1.433、1.038个百分点。

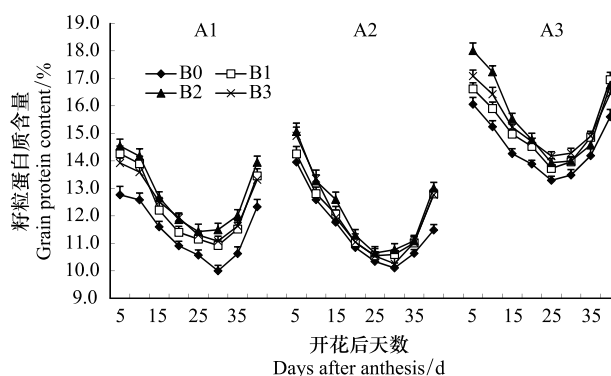


图5 烯效唑干拌种对小麦不同品种花后籽粒蛋白质含量的影响

Fig.5 Effects of uniconazole dry seed dressing on grain protein content of different variety after anthesis

3 讨论与结论

3.1 烯效唑干拌种对小麦籽粒的品质效应

遗传改良,优质栽培和合理的品质区划被认为是改良小麦品质的三大主要途径^[18]。本试验中,4个生态点均以中强筋小麦川麦36蛋白质含量最高,表明基因型对品质性状的影响居第一位,与前人研究结果一致^[19-20],同时,同一品种又以汉源点(代表川西南山地麦区)的蛋白质含量最低,且对高蛋白的川麦36影响最大,其蛋白质含量较邛崃点(川西平原麦区)下降近5个百分点,再次印证了生态环境条件对小麦品质的重要影响^[21-22]。而方差分析也表明,基因型、环境、烯效唑三因素均极显著地影响着小麦籽粒品质,就方差占总方差的百分数而言,以基因型的最大(蛋白质产量例外),其次是环境,再次是烯效唑。同时,基因型×烯效唑、环境×烯效唑、基因型×环境×烯效唑的互作效应仅在部分品质指标上显著,且互作效应的方差占总方差的百分数均远远小于烯效唑所占的百分数。因此,本文研究认为:烯效唑如同基因和环境一样,独立影响着小麦籽粒品质,在不同生态条件下,针对不同筋力小麦品种,烯效唑干拌种均显著地提高了籽粒蛋白质含量和蛋白质产量,蛋白质质量提高,表明烯效唑处理对小麦籽粒蛋白质品质的改善具有广适性。

3.2 烯效唑干拌种对小麦籽粒蛋白质品质改善的机理

小麦籽粒积累的氮素来自开花前营养器官贮存氮素的再运转和开花后直接同化的氮素,前者是主要的,一般占80%左右,变幅在53.0%—80.5%之间^[23-24]。本试验结果表明,4个生态点烯效唑处理均提高了开花时3个小麦品种各营养器官中的氮素含量,处理后的单株氮素积累量增加。就三品种的平均值而言,雅安、邛崃、井研、汉源点烯效唑处理后的单株氮素积累量增幅分别为13.96%—19.31%、5.08%—11.33%、15.66%—32.16%、12.66%—15.47%。同时,烯效唑处理后营养器官中氮素总转移量、总转移率及对籽粒氮的贡献率均极显著地高于对照,增幅分别为18.42%—21.63%、4.03—4.36和4.29—6.08个百分点,可见烯效唑处理促进了氮素的同化和转运,为籽粒发育提供了充足的氮源。

籽粒灌浆期间氮代谢旺盛,表现为非蛋白氮含量下降,蛋白氮含量上升,籽粒蛋白质含量呈“V”型曲线。非蛋白氮与蛋白氮含量之间存在显著或极显著的负相关关系,川麦32、川麦107和川麦36上相关系数分别为-0.8495**、-0.8122*、-0.8974**。前人研究认为,非蛋白氮主要由氨基酸、酰胺和少量未同化的无机氮组成,是籽粒蛋白氮合成的原料,非蛋白氮在灌浆始期的大量积累,是籽粒蛋白质积累的基础^[25]。烯效唑处理提高了灌浆初期籽粒中的非蛋白氮含量,如开花后5d,不同剂量烯效唑处理后川麦32上非蛋白氮含量的增幅为0.517—1.170个百分点,川麦107上为0.245—0.778个百分点,川麦36上为0.338—0.889个百分点,处理后的非蛋白氮含量在花后5—20d内均高于对照,为蛋白质含量的提高奠定了基础。同时,籽粒蛋白质的合成又以衰老茎叶中的氮素输出为主,氮素中又以可溶性蛋白质为主,开花后旗叶中可溶性蛋白质含量与籽粒非蛋白氮含量间呈极显著正相关(三品种上的相关系数分别为0.8633**、0.8683**、0.9316**),与籽粒蛋白氮含量间呈极显著负相关(三品种上的相关系数分别为-0.8996**、-0.8981**、-0.9280**)。烯效唑处理提高了旗叶中可溶性蛋白质的初始含量,并促进其分解外运,有利于籽粒蛋白质含量的提高。

综上,烯效唑处理增加了开花前营养器官中的氮素含量和积累量,提高了开花初期旗叶可溶性蛋白质含量,促进了花后营养器官中氮素向籽粒的转运,因而烯效唑处理增加了灌浆初期籽粒中的非蛋白氮含量,且籽粒灌浆过程中蛋白氮含量均高于对照,籽粒蛋白质含量变化曲线谷底高、回升快,因而烯效唑处理后在不同生态点下均提高了不同品种籽粒蛋白质含量和质量。

References:

- [1] Ren Z L. Several limiting factors of wheat production in south area of China and the new approach of wheat breeding. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2002, 20(3): 299-303.
- [2] Ren Z L. The wheat production for agricultural industrialization in Sichuan Province: current situation, problem and strategy. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2000, 18(1): 89-93.
- [3] Shao L M, Meng X X. *Plant Growth Regulator Application Manual*. Beijing: Jin Dun Press, 1999.

- [4] Yang W Y, Fan G Q, Ren W J, Wang Z, Yu Z W, Yu S L. Physiological effect of uniconazole waterless-dressed seeds on root and leaf of wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(7): 1339-1345.
- [5] Yang W Y, Fan G Q, Dong Z Y, Ren W J, Liu W G. Effect of uniconazole waterless-dressing seed on root growth and absorption capacity of wheat. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2005, 19(3): 222-227.
- [6] Yang W Y, Yu Z W, Yu S L, Fan G Q, Han H F, Dong Z Y, Liang X L. Effects of uniconazole waterless-dressing seed on yield of wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(5): 502-506.
- [7] Arnold M A, McDonald G V, Bryan D L. Paclobutrazol and uniconazole applications improve the quality of container-grown Bush Morning Glory. *Plant Growth Regulation Society of America Quarterly*, 2002, 30(1): 1-4.
- [8] Arnold M A, McDonald G L. Paclobutrazol and uniconazole applications affect production quality and subsequent landscape performance of blue plumbago. *Plant Growth Regulation Society of America Quarterly*, 2001, 29(4): 112-126.
- [9] Yu Y, Jia X H, Hao J J, Fu S J, Li Y P. Effects of S-3307 on the color and quality of grape fruit. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2005, 36(3): 294-297.
- [10] Li Y C, Hao J J, Chen Y M, Guo J H, Li Y P, Fu S J, Yu Y. Slection of the best concentration of S3307 for the coloring of "Hanfu" apple fruit and its mechanism. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2005, 36(1): 29-32.
- [11] Yang W Y, Xiang Z F, Ren W J, Wang X C. Effect of S-3307 on nitrogen metabolism and grain protein content in rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 2005, 19(1): 63-67.
- [12] Yan Y H, Yang W Y, Zhang J, Wan Y, Lou Q M. Effect of spraying uniconazole on soybean yield and quality. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(4): 251-254.
- [13] Yang W L, Liu T, Hu T, Zhang F W. Effect of uniconazole on the quality of potato tuber. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2003, (3): 49-50.
- [14] Desai R M, Bhatia C R. Nitrogen uptake and nitrogen harvest index in durum wheat cultivars varying in their grain protein concentration. *Euphytica*, 1978, 27(2): 561-566.
- [15] Institute of Plant Physiology and Ecology, The Chinese Academy of Sciences. *The Modern Plant Physiology Experiments Guide*. Beijing: Science Press, 1999.
- [16] Bai B Z, Tang X J. *Plant Physiology Testing Technology*. Beijing: China Science and Technology Press, 1993: 73-77.
- [17] Przulj N, Momčilović V. Dry matter and nitrogen accumulation and use in spring barley. *Plant Soil Environment*, 2003, 49(1): 36-47.
- [18] He Z H, Lin Z J, Wang L J, Xiao Z M, Wan F S, Zhuang Q S. Classification on Chinese wheat regions based on quality. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(4): 359-364.
- [19] Jing Q, Jiang D, Dai T B, Cao W X. Effects of genotype and environment on wheat grain quality and protein components. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1649-1653.
- [20] Panozzo J F, Eagles H A. Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. *Protein Australian Journal of Agricultural Research*, 2000, 51(5): 629-636.
- [21] Tribou E, Martre P, Tribou-Blondel A M. Environmentally-induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. *Journal of Experimental Botany*, 2003, 54(388): 1731-1742.
- [22] Deng Z Y, Tian J C, Hu R B, Zhou X F, Zhang Y X. Effects of genotype and environment on wheat main quality characteristics. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2757-2763.
- [23] Zhang Q J, Zhang L Y, Bi H W. Accumulation and distribution of carbohydrate and nitrogen and their relationships to grain protein content in wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1996, 11(3): 57-62.
- [24] Zhang Q J, Zhang L Y, Bi H W. The absorption, accumulation and translocation of nitrogen and their relationships to grain protein content in spring wheat variety. *Acta Agronomica Sinica*, 1997, 23(6): 712-718.
- [25] Su P, Jiang J Y. A preliminary study of accumulation laws of wheat grain protein. *Acta University Agriculture Boreali-Occidentalis*, 1992, 20(3): 59-63.

参考文献:

- [1] 任正隆. 中国南方小麦优质高效生产的若干问题. *四川农业大学学报*, 2002, 20(3): 299-303.
- [2] 任正隆. 适应四川农业产业化的小麦生产: 现状、问题和应对策略. *四川农业大学学报*, 2000, 18(1): 89-93.
- [3] 邵莉楣, 孟小雄. *植物生长调节剂应用手册*. 北京: 金盾出版社, 1999.
- [4] 杨文钰, 樊高琼, 任万军, 王竹, 于振文, 余松烈. 烯效唑干拌种对小麦根叶生理功能的影响. *中国农业科学*, 2005, 38(7): 1339-1345.
- [5] 杨文钰, 樊高琼, 董兆勇, 任万军, 刘卫国. 烯效唑干拌种对小麦根系生长及吸收功能的影响. *核农学报*, 2005, 19(3): 222-227.
- [6] 杨文钰, 于振文, 余松烈, 樊高琼, 韩惠芳, 董兆勇, 梁雪莲. 烯效唑干拌种对小麦的增产作用. *作物学报*, 2004, 30(5): 502-506.
- [9] 于洋, 贾晓辉, 郝建军, 付淑杰, 李云鹏. 烯效唑(S3307)对葡萄果实着色及品质的影响. *沈阳农业大学学报*, 2005, 36(3): 294-297.
- [10] 李颖畅, 郝建军, 陈耀明, 郭金海, 李云鹏, 付淑杰, 于洋. 烯效唑促进寒富苹果果实着色的最佳喷施浓度和机理研究. *沈阳农业大学学报*, 2005, 36(1): 29-32.
- [11] 杨文钰, 项祖芬, 任万君, 王小春. 烯效唑对水稻氮代谢及稻米蛋白质含量的影响. *中国水稻科学*, 2005, 19(1): 63-67.
- [12] 闫艳红, 杨文钰, 张静, 万燕, 罗庆明. 叶面喷施烯效唑对大豆产量及品质的影响. *草业学报*, 2010, 19(4): 251-254.
- [13] 杨伟力, 刘涛, 胡涛, 张凤武. 烯效唑对马铃薯块茎品质的影响. *黑龙江农业科学*, 2003, (3): 49-50.
- [15] 中国科学院植物生理所. *现代植物生理学实验指南*. 北京: 科学出版社, 1999.
- [16] 白宝璋, 汤学军. *植物生理学测试技术*. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 73-77.
- [18] 何中虎, 林作楫, 王龙俊, 肖志敏, 万富世, 庄巧生. 中国小麦品质区划的研究. *中国农业科学*, 2002, 35(4): 359-364.
- [19] 荆奇, 姜东, 戴廷波, 曹卫星. 基因型与生态环境对小麦籽粒品质与蛋白质组分的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(10): 1649-1653.
- [22] 邓志英, 田纪春, 胡瑞波, 周晓芳, 张永祥. 基因型和环境对小麦主要品质性状参数的影响. *生态学报*, 2006, 26(8): 2757-2763.
- [23] 张庆江, 张立言, 毕桓武. 普通小麦碳氮物质积累分配特征及与籽粒蛋白质的关系. *华北农学报*, 1996, 11(3): 57-62.
- [24] 张庆江, 张立言, 毕桓武. 春小麦品种氮的吸收积累和转运特征及与籽粒蛋白质的关系. *作物学报*, 1997, 23(6): 712-718.
- [25] 苏佩, 蒋纪芸. 小麦籽粒蛋白质积累规律的初步研究. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 1992, 20(3): 59-63.

CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland	ZHANG Qunjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes; a case study of Lake Taihu	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphor in stormwater runoff from green roofs	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker)	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration; a case study of Gongyi City	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use; a case study of Xiamen, China	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level; a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathcartii</i>	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i>	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
Review and Monograph	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
Scientific Note	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

《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 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 12 (June, 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:1000717	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