

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

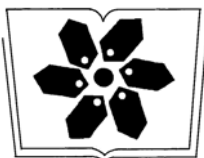
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第11期 Vol.34 No.11 **2014**

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 34 卷 第 11 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

土壤大孔隙流研究现状与发展趋势..... 高朝侠,徐学选,赵娇娜,等 (2801)

能源基地生态修复

我国大型煤炭基地建设的生态恢复技术研究综述..... 吴 钢,魏 东,周政达,等 (2812)

国家大型煤电基地生态环境监测技术体系研究——以内蒙古锡林郭勒盟煤电基地为例.....

..... 魏 东,全 元,王辰星,等 (2821)

基于 DPSIR 模型的国家大型煤电基地生态效应评估指标体系 周政达,王辰星,付 晓,等 (2830)

西部干旱区煤炭开采环境影响研究..... 雷少刚,卞正富 (2837)

露天煤矿区生态风险受体分析——以内蒙古平庄西露天煤矿为例..... 高 雅,陆兆华,魏振宽,等 (2844)

草原区矿产开发对景观格局和初级生产力的影响——以黑岱沟露天煤矿为例.....

..... 康萨如拉,牛建明,张 庆,等 (2855)

三七对土壤中镉、铬、铜、铅的累积特征及健康风险评价 林龙勇,阎秀兰,廖晓勇,等 (2868)

某焦化场地土壤中多环芳烃分布的三维空间插值研究..... 刘 庚,毕如田,权 腾,等 (2876)

个体与基础生态

杉木人工混交林对土壤铝毒害的缓解作用 雷 波,刘 彬,罗承德,等 (2884)

基于 $\delta^{15}\text{N}$ 稳定同位素分析的人工防护林大型土壤动物营养级研究 张淑花,张雪萍 (2892)

铅镉抗性菌株 JB11 强化植物对污染土壤中铅镉的吸收 金忠民,沙 伟,刘丽杰,等 (2900)

陕北地区石油污染土壤中不动杆菌属的筛选、鉴定及降解性能 王 虎,吴玲玲,周立辉,等 (2907)

祁连山高山植物根际土放线菌生物多样性..... 马爱爱,徐世健,敏玉霞,等 (2916)

新疆沙冬青 AM 和 DSE 真菌的空间分布 姜 桥,贺学礼,陈伟燕,等 (2929)

聚糠茶水剂对不同积温带玉米花后叶片氮同化的影响..... 高 娇,董志强,徐田军,等 (2938)

内蒙古河套灌区玉米与向日葵霜冻的关键温度..... 王海梅,侯 琼,云文丽,等 (2948)

四种类型栓皮栎栲胶含量..... 尹艺凝,张文辉,何景峰,等 (2954)

食物胁迫对翅二型丽斗蟋飞行肌和繁殖发育的影响..... 吴红军,赵吕权,曾 杨,等 (2963)

颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响..... 杨小凡,马春森,范 凡,等 (2971)

缓释单萜类挥发物对落叶松毛虫行为及落叶松主要防御蛋白的影响..... 林 健,刘文波,孟昭军,等 (2978)

种群、群落和生态系统

黄土丘陵沟壑区不同植被恢复格局下土壤微生物群落结构 胡婵娟,郭 雷,刘国华 (2986)

刺参池塘底质微生物群落功能多样性的季节变化..... 闫法军,田相利,董双林,等 (2996)

基于 DGGE 技术的茯砖茶发花过程细菌群变化分析 刘石泉,胡治远,赵运林 (3007)

景观、区域和全球生态

中国区域间隐含碳排放转移..... 刘红光,范晓梅 (3016)

西南地区退耕还林工程主要林分 50 年碳汇潜力 姚 平,陈先刚,周永锋,等 (3025)

青海湖流域草地植被动态变化趋势下的物候时空特征..... 李广泳,李小雁,赵国琴,等 (3038)

黑龙江省温带森林火灾碳排放的计量估算..... 魏书精,罗碧珍,孙 龙,等 (3048)

三峡库区森林植被气候生产力模拟..... 潘 磊,肖文发,唐万鹏,等 (3064)

三峡水库支流拟多甲藻水华的形成机制..... 朱爱民,李嗣新,胡 俊,等 (3071)

流域库坝工程开发的生物多样性敏感度分区..... 李亦秋,鲁春霞,邓 欧,等 (3081)

城乡与社会生态

基于集对分析的京津冀区域可持续发展协调能力评价..... 檀菲菲,张 萌,李浩然,等 (3090)

江西省自然保护区发展布局空缺分析 黄志强,陆 林,戴年华,等 (3099)

鄱阳湖生态经济区生态经济指数评价 黄和平,彭小琳 ,孔凡斌,等 (3107)

基于有害干扰的中国省域森林生态安全评价..... 刘心竹,米 锋,张 爽,等 (3115)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ￥90.00 * 1510 * 35 * 2014-06



封面图说：三峡库区森林植被——三峡地区属亚热带区域,山高坡陡、地形复杂、物种丰富,森林是其最重要的自然资源之一,其面积占到库区总面积的 37%左右,库区内现有森林可初步分为 2 个植被型组,8 个植被型,18 个群系组,44 个群系,102 个群丛,主要树种有马尾松、杉树、柏树等,低海拔处多为落叶阔叶林、常绿阔叶林,较高海拔分布有针阔混交林、针叶混交林、灌木林等,人工林主要有经济林、竹林等。对三峡库区森林气候生产力进行模拟,分析库区森林植被的生产力并进行预测,可以为三峡库区的生态建设决策提供科学依据。

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

DOI: 10.5846/stxb201212101773

高娇,董志强,徐田军,陈传晓,焦浏,卢霖,董学瑞.聚糠萆水剂对不同积温带玉米花后叶片氮同化的影响.生态学报,2014,34(11):2938-2947.

Gao J, Dong Z Q, Xu T J, Chen C X, Jiao L, Lu L, Dong X R. Effects of PASP-KT-NAA on maize leaf nitrogen assimilation after florescence over different temperature gradients. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(11): 2938-2947.

聚糠萆水剂对不同积温带玉米花后叶片氮同化的影响

高 娇^{1,2}, 董志强^{1,*}, 徐田军^{1,3}, 陈传晓¹, 焦 浏¹, 卢 霖¹, 董学瑞¹

(1. 中国农业科学院作物科学研究所 / 农业部作物生理生态与栽培重点开放实验室, 北京 100081;

2. 北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京 100079; 3. 北京市农林科学院玉米研究中心, 北京 100097)

摘要: 试验于 2010—2011 年在黑龙江省 3 个积温带哈尔滨市 (I)、绥化市 (II)、依安县 (III) 的试验站进行, 以郑单 958 和丰单 3 号为材料, 研究大田条件下温度差异对花后玉米穗位叶氮同化及产量的影响与化学调控剂——聚糠萆水剂 (PASP-KT-NAA, PKN) 的调控效应。结果表明: (1) 硝酸还原酶活性 (Nitrate Reductase Activity, NRA)、硝态氮、叶绿素、叶片氮含量表现为 I > II > III; 可溶性蛋白与游离氨基酸含量花后 0—10 d 表现为 III 高于 I、II; 在花后 30—40 d 游离氨基酸 I 高于 II、III; PKN 处理提高 NRA、硝态氮、叶绿素、叶片氮含量、可溶性蛋白和游离氨基酸含量。(2) 玉米产量均表现为 I > II > III, 郑单 958 产量均高于丰单 3 号; PKN 处理后, 玉米产量均高于清水对照, 其中郑单 958 化控处理 (Zhengdan treatment, ZDTR) 在 I、II、III 的增产幅度分别为 3.09%—8.81%, 4.61%—10.91%, 5.91%—13.51%; 丰单 3 号化控处理 (Fengdan treatment, FDTR) 在 I、II、III 的增产幅度为 2.43%—5.19%, 3.03%—6.01%, 2.57%—4.62%。PKN 处理提高了 3 个积温带玉米穗位叶氮同化关键酶活及其产物含量, 促进低温条件下氮同化正常进行, 最终提高产量。

关键词: 玉米; 积温带; 叶片氮同化; PASP-KT-NAA; 产量

Effects of PASP-KT-NAA on maize leaf nitrogen assimilation after florescence over different temperature gradients

GAO Jiao^{1,2}, DONG Zhiqiang^{1,*}, XU Tianjun^{1,3}, CHEN Chuanxiao¹, JIAO Liu¹, LU Lin¹, DONG Xuerui¹

1 Key Laboratory of Crop Eco-physiology and Cultivation, Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

2 Beijing Agricultural Machinery Testing & Extension Station, Beijing 100079, China

3 Institute of Corn, Beijing Academy of Agriculture and Forestry, Beijing 100097, China

Abstract: Northeast China is a key area for maize production, but the low temperatures often result in delayed maize growth and slow maturity, as well as low grain quality and high grain moisture. So, to help improve maize yield, we studied the effects of PASP-KT-NAA on maize leaf nitrogen assimilation characteristics after florescence over different accumulated temperature regions with Zhengdan 958 and Fengdan 3 maize seeds as materials, in Heilongjiang province. The protein content in maize leaves is low and the key enzyme activities of nitrogen metabolism are susceptible to changes in environment, such as frost harm, etc. For this reason, the effects of different temperatures and the PASP-KT-NAA mixture on maize NRA (nitrogen reductive activity) in leaf tissue has been studied in three different accumulated temperature zones in Heilongjiang province, during 2010—2011. In field experiments, the first zone trial plot is located in the science station of Heilongjiang academy of agriculture sciences in Harbin. Its general accumulated temperature is $\geq 2800^{\circ}\text{C}$, but the accumulated temperature in the maize growing season in 2010 and 2011 is 3154.2°C and 3004.2°C , respectively. The second zone trial plot is located in the science station of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences in Suihua City. Its

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30971726); 国家科技支撑计划项目 (2011BAD16B14-4)

收稿日期: 2012-12-10; **网络出版日期:** 2014-02-24

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

general accumulated temperature is $\geq 2600^{\circ}\text{C}$, but the accumulated temperature in the maize growing season in 2010 and 2011 is 2901.8°C and 2885.0°C , respectively. The third zone trial plot is located in Yi'an County. Its general accumulated temperature is $\geq 2400^{\circ}\text{C}$, but the accumulated temperature in the maize growing season in 2010 and 2011 is 2728.3°C and 2602.6°C , respectively. The results showed that: (1) The NRA, NO_3^- content, leaf nitrogen content and chlorophyll content were affected by temperature, in zone order of $\text{I} > \text{II} > \text{III}$. After PKN treatment, FDTR and ZDTR ear leaf NRA in the three accumulated temperature zone were significantly higher than that in the water control and leaf nitrogen content and chlorophyll content was higher than the water control. The average of the ear leaf free amino acid of the two maize varieties performed "up-down" trends with the growth process, and reached its maximum 20 d after florescence. The soluble protein of zone I tended to decrease with the growth process, with zones II, and III firstly increasing then decreasing with the growth process, reaching its maximum at 10 d after florescence. After PKN treatment, ear leaf free amino acid and soluble protein in samples from zone I, II and III were significantly higher than the water control; (2) The grain yield of zone I was higher than that for zone II and III. PKN treatment raised grain yield higher than those of the water control. The increased rate of ZDTR yield in zones I, II and III in 2010 and 2011 were 3.09%—8.81%, 4.61%—10.91%, 5.91%—13.51%, respectively. The increased rate of FDTR yield in zones I, II and III, in 2010 and 2011 were 2.43%—5.19%, 3.03%—6.01%, 2.57%—4.62%, respectively. PKN treatment improved the maize ear leaf nitrogen assimilation key enzyme activity and its product content over different accumulated temperature regions, promoted nitrogen assimilation normally under low temperature conditions and eventually increased yield.

Key Words: maize; accumulated temperature zone; leaf nitrogen assimilation; PASP-KT-NAA; yield

东北春玉米生育后期延迟型冷害经常发生,玉米产量随积温高低变化^[1-2]。然而玉米是低蛋白植物,其氮素代谢关键酶活性容易受逆境影响^[3]。硝酸还原酶(Nitrate Reductase, NR)是氮同化的关键酶,其活性高低影响各种代谢酶与光合色素合成,致使作物营养和生殖器官建成受阻,最终将导致产量和品质下降^[4-6],而环境条件对硝酸还原酶活性(Nitrate Reductase Activity, NRA)影响较大^[7]。小麦花后叶片 NRA 对可溶性蛋白含量有显著影响^[8],可溶性蛋白含量与植株体内的代谢强度有关^[9],影响植株的正常生长发育。植物激素在提高植物抵抗非生物胁迫方面具有重要作用^[10-11],外施 α -NAA(1-萘乙酸)、KT(细胞分裂素)等具有提高保护酶活性,增强植物抗逆性的作用^[12-13],适宜浓度的外源 KT 及其活性类似物 6-苄基嘌呤,可提高叶片、叶鞘和根组织中 NRA^[14-16],叶面喷施聚天门冬氨酸(PASP)增加玉米生物学产量^[17]。目前,在东北春玉米区大面积示范应用的抗冷调节剂-聚糠茶水剂(PASP、KT、NAA、PKN),其调节低温下氮同化效应机理需要进一步明确。

本试验采用两种基因型玉米品种,应用 PKN,研究不同积温带花后玉米叶片氮同化变化规律与产量

的关系及 PKN 的调控效应。进一步明确 PKN 调节低温下氮同化机理、完善 PKN 的应用技术。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2010—2011 年在黑龙江省哈尔滨市、绥化市、依安县的 3 个积温带试验站进行,3 个试验地土质均为黑土,0—20 cm 耕层的基础地力如表 1 所示。其中 3 个积温带分别位于哈尔滨市黑龙江省农科院试验站(第 I 积温带,以下简称 I,活动积温 $\geq 2800^{\circ}\text{C}$,2010 年和 2011 年玉米生长期实际活动积温为 3154.2°C 和 3004.2°C),绥化市黑龙江省农科院绥化分院试验站(第 II 积温带,以下简称 II,活动积温 $\geq 2600^{\circ}\text{C}$,2010 年和 2011 年玉米生长期实际活动积温为 2901.8°C 和 2885.0°C),齐齐哈尔市依安县农场试验站(第 III 积温带,以下简称 III,活动积温 $\geq 2400^{\circ}\text{C}$,2010 年和 2011 年玉米生长期实际活动积温为 2728.3°C 和 2602.6°C)。

1.2 试验材料

以不同基因型玉米品种郑单 958(适宜于有效积温 $\geq 1954.7^{\circ}\text{C}$ 区域种植,以下简称 Zhengdan, ZD)和丰单 3 号(适宜于有效积温 $\geq 1400^{\circ}\text{C}$ 区域种

植,以下简称 Fengdan, FD)为试验材料。

表 1 黑龙江省不同积温带 3 个试验点的基础地况

Table 1 The base condition of three experimental point in Heilongjiang Province

含量 Content	哈尔滨(I) Haerbin(I)	绥化(II) Suihua(II)	依安(III) Yian(III)
全氮/% Total nitrogen	0.15	0.14	0.15
速效氮/(mg/kg) Available nitrogrn	125.80	122.80	128.80
速效磷/(mg/kg) Available phosphorous	34.46	35.52	33.56
速效钾/(mg/kg) Available potassium	127.74	120.24	122.24
有机质/% Organic matter	2.38	2.42	2.47
pH	6.50	6.70	6.60

I—III: I—III 积温带 Accumulated temperature zone of I—III

PKN(PASP-KT-NAA, PKN)由中国农业科学院作物科学研究所栽培生理系研制,黑龙江禾田丰泽兴农业科技开发有限公司生产提供。

1.3 试验设计

试验采用拉丁方设计,设置积温带(I、II、III)与化控处理(Treatment, TR、Check, CK)两个因素。每积温带 4 个处理(郑单 958 化控-Zhengdan 958 treatment, ZDTR, 郑单 958 对照-Zhengdan 958 check, ZDCK, 丰单 3 号化控-Fengdan 3 treatment, FDTR。丰单 3 号对照 Fengdan 3 check, FDCK), 4 次重复。化控处理(TR)为玉米 6 展叶期叶面喷施 PKN, 对照(CK)喷施等量的清水。试验小区均为 5 行区, 67 cm 等行距, 25 cm 的株距, 小区面积 75 m²。

田间管理:基肥采用有机肥 60 m³/hm²和玉米长效专用肥(23N-10P-12K, 总养分 ≥ 45%) 500 kg/hm²;种肥(玉米长效专用肥) 500 kg/hm²;追肥(尿素) 1000 kg/hm², 拔节期施 1/2, 吐丝期施 1/2, 其他管理同当地大田生产。

2010 年,哈尔滨 5 月 3 日播种,9 月 27 日收获;绥化和依安 5 月 13 号播种,9 月 30 日收获。2011 年,哈尔滨 4 月 28 号播种,9 月 26 号收获;绥化 4 月 29 号播种,9 月 29 号收获,依安 5 月 8 号播种,9 月 28 号收获。

开花期选取同天开花且长势长相基本相同的单株挂牌标记,于花后每 10 d 取样 1 次(穗位叶);液氮速冻后放入 -20 °C 冰柜储存待测生理指标。NR

样品于 9:00 取样,现取现测。

1.4 测定项目

(1) NRA 测定

参考李合生^[18]的磺胺比色法;

(2) 硝态氮含量测定

用 NR 反应对照酶液充分反应后,采用磺胺比色法测定换算成硝态氮含量。

(3) 可溶性蛋白含量测定

采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定。

(4) 游离氨基酸含量测定

采用茚三酮比色法测定。

(4) 叶绿素含量的测定

叶绿素含量(Chl a+ Chl b)参照 Arnon^[19]的方法测定。

(5) 叶片氮含量的测定

采用凯式定氮仪测定。

1.5 数据处理与分析

采用 Excel 数据整理作图, DPS 进行统计分析, 其中处理平均数间差异显著性采用 LSD 进行检验 ($P^* < 0.05$; $P^{**} < 0.01$)。

2 结果与分析

2.1 2011 年 3 个积温带玉米花后温度特征变化

由表 2 可知,最高温度、最低温度、日均温度和积温 4 个参数均随生育期呈降低趋势,从 I 到 III 逐渐降低,但也有特例,具体分析如下:3 个积温带间日均最高温度差异较小,丰单 3 号在 3 个积温带间差异幅度为 0.74%—39.06%,在花后 30—40 d 时 I、II 略低于 III;郑单 958 在 3 个积温带间差异大小为 1.00%—46.85%,在花后 20—30 d, 50—60 d I 略低于 II, 0—10 d, 30—40 d II 略低于 III。日均最低温度差异幅度较大,丰单 3 号在 3 个积温带间表现的差异幅度为 4.9%—89%,但在 0—20 d I 略低于 II, 10—20 d I、II 略低于 III。郑单 958 的差异幅度为 1.12%—93.43%,在 0—10 d II 略低于 III。3 个积温带间日平均温度与活动积温变化趋势一致,丰单 3 号与郑单 958 日平均温度在 3 个积温带间差异幅度为 2.56%—46.12%、4.47%—49.19%,活动积温差异为 5.00%—174.54%、7.41%—230.96%。0—10 d, 郑单 958 II 略低于 III。

表 2 黑龙江省 3 个积温带花后日均气温和积温的变化情况

Table 2 The Active accumulated temperature of three experimental point after florescence in Heilongjiang Province			取样间隔 Sampling interval					
丰单 3	I	最高温度 HT	0—10 d					
			10—20 d					
郑单 958	I	最低温度 LT	20—30 d					
		日均温度 ADT	30—40 d					
		活动积温 AAT	40—50 d					
		最高温度 HT	50—60 d					
	II	最低温度 LT						
		日均温度 ADT						
		活动积温 AAT						
		最高温度 HT						
	III	最低温度 LT						
		日均温度 ADT						
		活动积温 AAT						
		最高温度 HT						

2.2 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶 NRA 的调控效应

NRA 变化趋势如图 1 所示, I 极显著高于 II、III, NRA 与最低温度,日均温度,活动积温呈显著相

关系($r_{LT}=0.26^*$; $r_{ADT}=0.25^*$; $r_{AAT}=0.27^*$)。I 的郑单 958 上的 NRA 含量高于丰单 3 号, II、III 的丰单 3 号高于郑单 958。

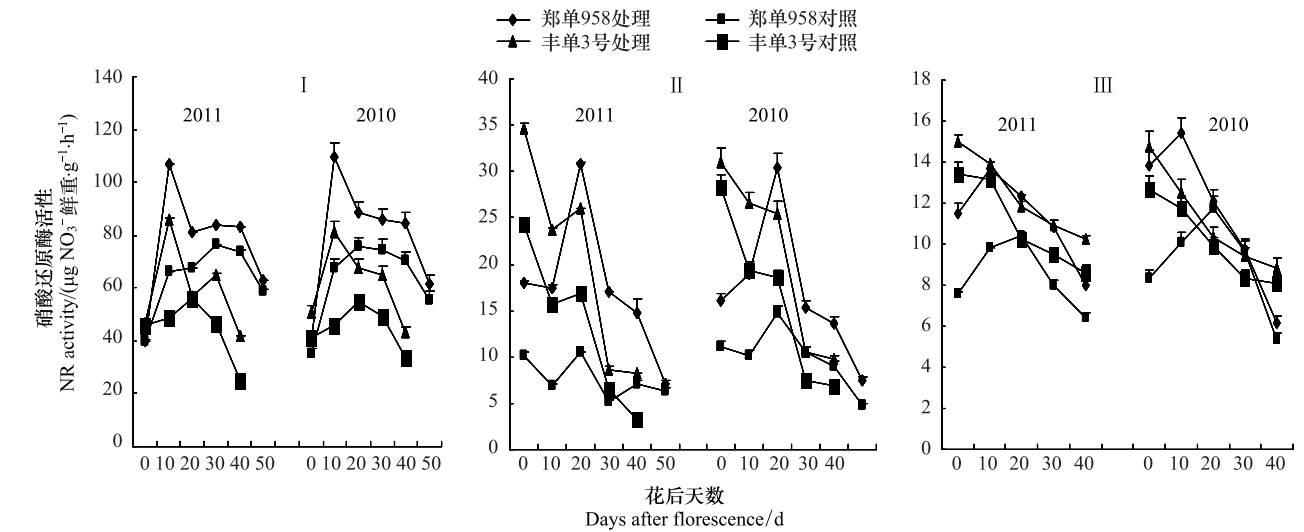


图 1 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶 NRA 的调控效应

Fig.1 The effect of PKN on NR activity of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

I—III 为积温带

PKN 处理后,花后 10 d 起, I, II 的郑单 958 与丰单 3 号的 NRA 极显著高于各自清水对照。丰单 3 号化控处理的 NRA 较清水对照高 1.59%—76.44%, 9.51%—148.96%。郑单 958 化控处理的 NRA 较清水对照高 6.96%—62.04%, 12.92%—233%。III 的郑单 958 化控处理的 NRA 极显著高于其清水对照, 较清水对照高 0.68%—66.51%。丰单 3 号化控处理高于清水对照但未达到显著水平, 较清水对照高 4.44%—19.36%。

2.3 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶硝态氮含量的调控效应

硝态氮含量变化趋势如图 2 所示,在花后 10 d 达最大值,花后 10—60 d, I、II 显著高于 III, 硝态氮含量与最高温度、最低温度、日均温度、活动积温呈极显著相关关系 ($r_{HT} = 0.57^{**}$; $r_{LT} = 0.65^{**}$; $r_{ADT} = 0.62^{**}$; $r_{AAT} = 0.62^{**}$)。

PKN 处理后,郑单 958 与丰单 3 号的硝态氮含量均高于各自清水对照。丰单 3 号化控处理较清水对照高 2.12%—60.80%, 2.55%—146.86%, 11.16%—66.59%。郑单 958 化控处理较清水对照高 6.74%—80.03%, 0.68%—41.55%, 10.07%—94.38%。

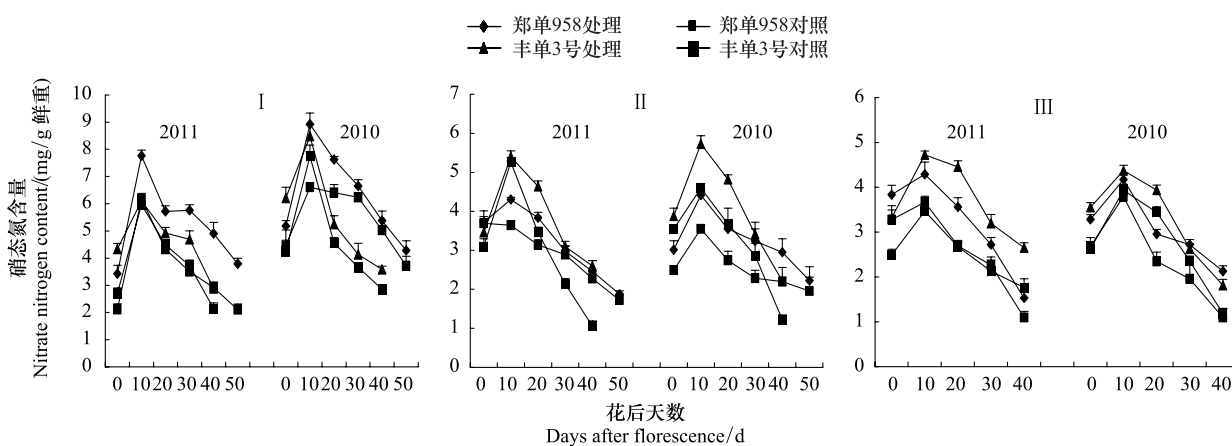


图 2 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶硝态氮含量的调控效应

Fig.2 The effect of PKN on nitrate nitrogen content of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

2.4 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶可溶性蛋白含量的调控效应

可溶性蛋白含量变化趋势如图 3 所示,最大值出现在花后 10 d 左右,且 III 高于 I、II;花后 20 d

起, I、II 可溶性蛋白含量平稳下降, III 则迅速降低。可溶性蛋白含量与最高温度、最低温度、日均温度、活动积温呈极显著相关关系 ($r_{HT} = 0.59^{**}$; $r_{LT} = 0.62^{**}$; $r_{ADT} = 0.62^{**}$; $r_{AAT} = 0.62^{**}$)。

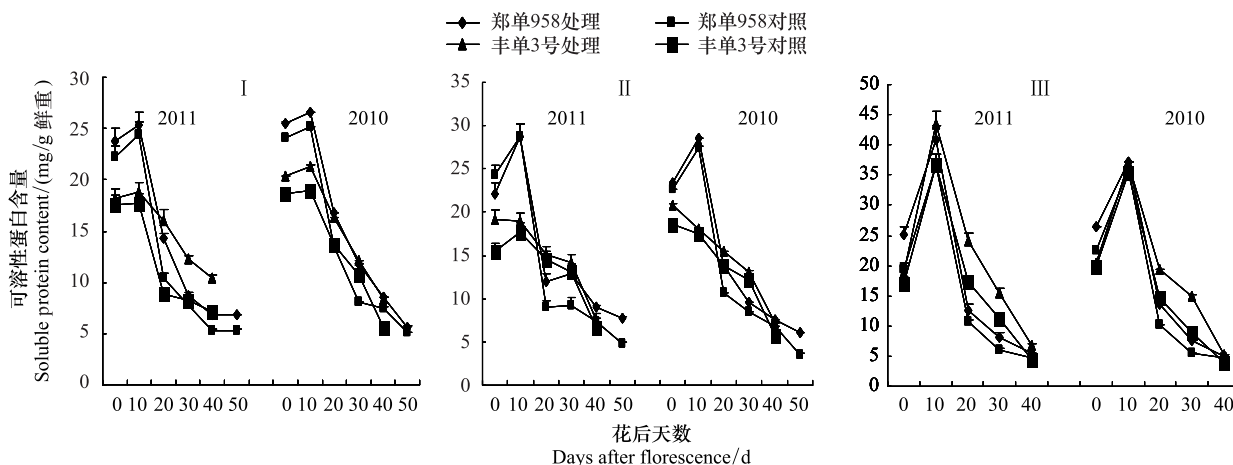


图 3 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶可溶性蛋白含量的调控效应

Fig.3 The effect of PKN on protein content of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

PKN 处理后,郑单 958 和丰单 3 号的可溶性蛋白含量均显著高于各自清水对照。分别高出 3.78%—45.14% 和 3.51%—82.60%, 0.41%—71.35% 和 3.40%—24.22%, 3.89%—39.18% 和 1.90%—70.12%。表明 PKN 处理能够增加花后穗位叶中可溶性蛋白含量,延缓叶片衰老,从而可延长光合时间,增加光合产物积累。

2.5 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶游离氨基酸含量调控效应

游离氨基酸变化规律如图 4 所示,花后 0—10

d,Ⅲ显著高于Ⅰ、Ⅱ;花后 30—40 d,Ⅰ极显著高于Ⅱ、Ⅲ。游离氨基酸含量与最高温度、最低温度,日均温度,活动积温呈极显著相关关系($r_{HT}=0.41^{**}$; $r_{LT}=0.50^{**}$; $r_{ADT}=0.47^{**}$; $r_{AAT}=0.48^{**}$)。

PKN 处理后,郑单 958 和丰单 3 号的游离氨基酸含量均显著高于清水对照。郑单 958 提高 1.96%—19.39%,1.75%—36.17%,5.50%—19.19%; 丰单 3 号提高 3.26%—34.70%,0.31%—29.77%,0.48%—34.90%。表明 PKN 处理提高了灌浆后期穗位叶中游离氨基酸含量,促进了氮素的运转。

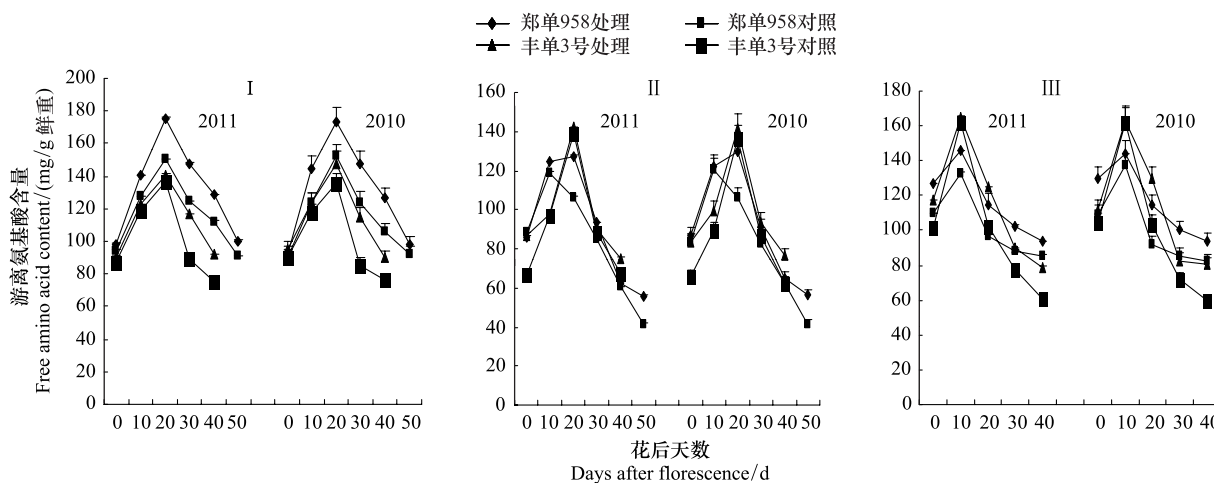


图 4 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶游离氨基酸含量的调控效应

Fig.4 The effect of PKN on free amino acid content of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

2.6 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶氮含量调控效应

由图 5 可知,Ⅰ到Ⅲ,两品种叶片氮含量呈降低趋势。同一积温带丰单 3 号和郑单 958 不同处理呈单峰曲线变化趋势,花后 10 d 达最大值;丰单 3 号叶片氮含量高于郑单 958。叶片氮含量与最高温度、最

低温度,日均温度,活动积温呈极显著相关关系($r_{HT}=0.82^{**}$; $r_{LT}=0.83^{**}$; $r_{ADT}=0.83^{**}$; $r_{AAT}=0.83^{**}$)。

PKN 处理提高两品种叶片氮含量,丰单 3 号和郑单 958 化控处理较各自对照分别高 4.38%—64.53% 和 3.78%—45.14%, 2.50%—56.80% 和 0.52%—71.35%,1.90%—52.57% 和 6.86%—44.18%。

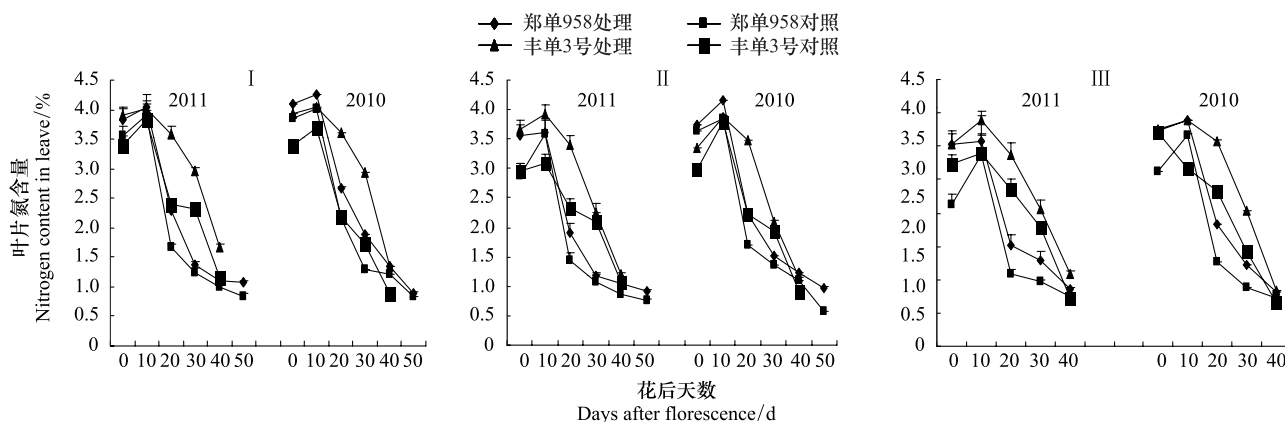


图 5 聚糠萘水剂对不同积温带玉米穗位叶氮含量的调控效应

Fig.5 The effect of PKN on nitrogen content of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

2.7 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶叶绿素含量调控效应

由图 6 可知, I 到 III, 两品种叶绿素呈降低趋势。同一积温带丰单 3 号花后穗位叶叶绿素含量均呈下降趋势, 而郑单 958 呈单峰曲线变化趋势, 峰值出现在花后 20 d。叶绿素含量与最高温度、最低温度、日均温度、活动积温呈极显著相关关系 ($r_{HT} =$

0.71^{**} ; $r_{LT} = 0.78^{**}$; $r_{ADT} = 0.74^{**}$; $r_{AAT} = 0.75^{**}$)。

PKN 处理提高两品种叶绿素含量。丰单 3 号和郑单 958 化控处理较各自对照分别高 8.94%—576.8% 和 2.38%—178.28%, 4.65%—515.63% 和 18.67%—207.70%, 9.27%—535.88% 和 11.57%—727.06%。

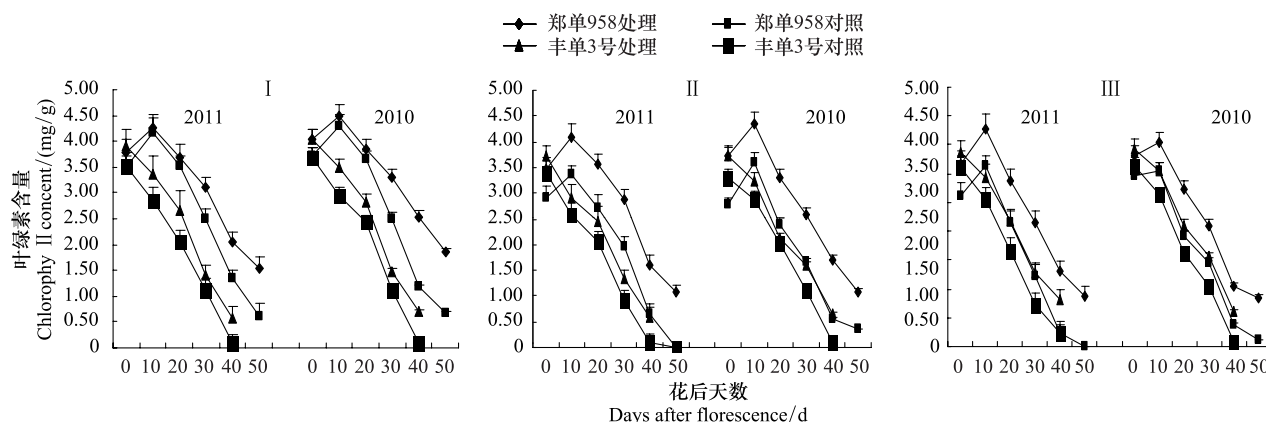


图 6 聚糠萆水剂对不同积温带玉米穗位叶叶绿素含量的调控效应

Fig.6 The effect of PKN on Chlorophyll content of ear leaves of two maize lines in three accumulative temperature regions

2.8 聚糠萆水剂对不同积温带玉米产量的调控效应

由图 7 可知, 2011 年的产量与 2010 年表现一致, 均为: I > II > III, 且郑单 958 的产量高于丰单 3 号。2011 年, I 的郑单 958 和丰单 3 号清水对照的公顷产量分别比 II 的高 2175.1 kg 和 1704.1 kg、比 III 高 1348.2 kg 和 4054.4 kg; II 的郑单 958 和丰单 3

号清水对照的公顷产量分别比 III 的高 1879.3 kg 和 355.9 kg。2010 年 I 的郑单 958 清水对照的产量比 II 的高 416.2 kg, 比 III 的高 1261.2 kg; I 的丰单 3 号清水对照的产量比 II 的高 158.2 kg, 比 III 的高 628.7 kg; II 的郑单 958 和丰单 3 号清水对照的公顷产量分别比 III 的分别高 845.0 kg 和 470.4 kg。

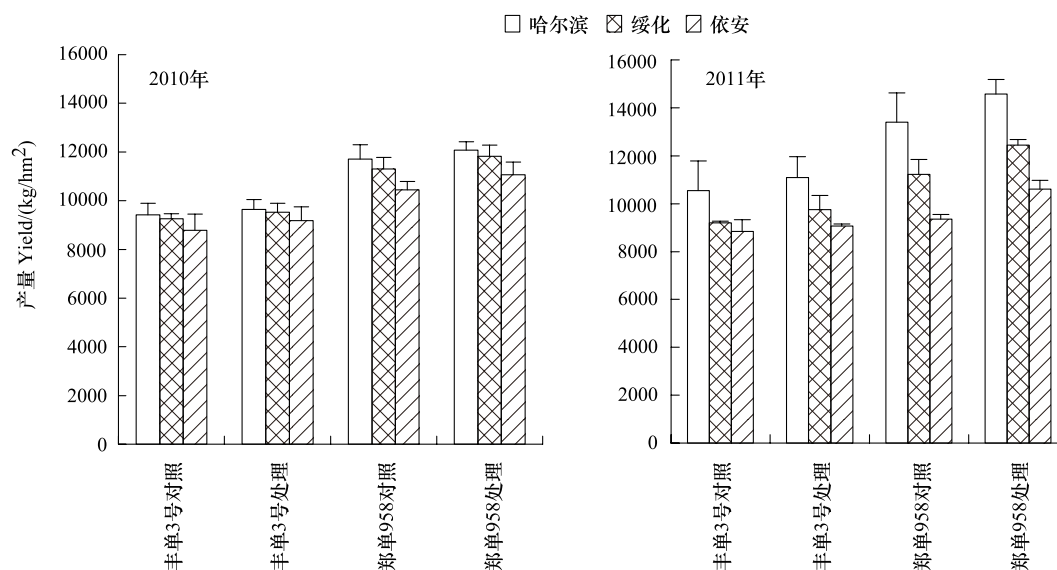


图 7 聚糠萆水剂对不同积温带两玉米品种产量的调控效应

Fig.7 The effect of PKN on the yield of two maize cultivars under three accumulated temperature zone

PKN 处理后,2011 年、2010 年,郑单 958 和丰单 3 号化控处理的产量与各自的对照相比均达到显著水平($P^* < 0.05$),2011 年郑单 958 化控处理在 I、II、III 的增产幅度为 8.81%,10.91%和 13.51%;丰单 3 号化控处理在 I、II、III 的增产幅度为 5.19%,6.01%和 2.57%。2010 年郑单 958 化控处理在 I、II、III 的增产幅度为 3.09%,4.61%和 5.91%;丰单 3 号化控处理在 I、II、III 的增产幅度为 2.43%,3.03%

和 4.62%。

2.9 玉米产量与花后玉米穗位叶片 NRA 的相关分析

玉米产量与 NRA 相关分析(表 3)。丰单 3 号的 NRA,在花后各天数均与玉米产量达到显著正相关关系($P^* < 0.05$),且在 0 d—20 d 达到极显著正相关关系($P^{**} < 0.01$);郑单 958 在花后 0—40 d 与产量达显著正相关关系。

表 3 玉米产量与花后穗位叶片硝酸还原酶活性的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of the maize yield and NR activity in leaves after florescence

	开花后天数 Days after florescence/d					
	0	10	20	30	40	50
丰单 3 号穗位叶硝酸还原酶活性 NRA in leaves of fengdan 3	0.97 ^{**}	0.90 ^{**}	0.95 ^{**}	0.86 [*]	0.76 [*]	
郑单 958 穗位叶硝酸还原酶活性 NRA in leaves of zhengdan 958	0.80 [*]	0.83 [*]	0.84 [*]	0.76 [*]	0.85 [*]	0.64

* 为 0.05 水平下差异显著; ** 为 0.01 水平下差异极显著

3 讨论

3.1 不同积温带间花后玉米穗位叶氮同化关键酶活与其产物的关系及聚糠茶水剂调控效应

氮素代谢合成植物体内所需的各种酶类,NR 是氮同化过程的关键酶,其活性高低对作物光合、呼吸作用及碳代谢等有极大影响^[20]。NRA 是诱导酶,受底物 NO_3^- 含量影响,在一定范围内,NRA 与其呈显著正相关^[21],并受到其它许多环境因素的影响^[22]。花后叶片 NRA 对可溶性蛋白与游离氨基酸含量有显著影响^[8],叶片氮含量主要包括蛋白氮与非蛋白氮含量,蛋白氮含量占主要部分,因此 NRA 直接影响叶片氮含量变化。且花后叶片氮含量与叶绿素呈极显著相关性^[23],而低温导致叶绿素含量下降^[24]。

本研究发现玉米叶片 NO_3^- 含量、可溶性蛋白、游离氨基酸、叶片氮含量、叶绿素含量均与温度 4 个参数呈极显著相关关系,NRA 与最高温度以外的 3 个温度参数呈显著相关关系。因此,NRA、 NO_3^- 含量、叶片氮含量、叶绿素含量均表现为, I > II > III。0—20 d 内 NRA 与最高温度呈极显著相关关系($r_{\text{HT}} = 0.57^{**}$),而此时最高温度三积温带间差异较大,导致三积温带间 NRA 差异幅度较大。叶片氮含量与 NRA 呈极显著相关关系($r = 0.33^{**}$),叶绿素含量与叶片氮含量呈极显著相关关($r = 0.74^{**}$)。可溶性蛋白与游离氨基酸含量对温度反应敏感,低温导致可溶性蛋白与游离氨基酸含量增加,灌浆前期 II、III 高

于 I;灌浆后期,NRA 降低,可溶性蛋白与游离氨基酸含量随之降低,此时营养器官同化和积累的氮素降解为游离氨基酸的形式迅速向籽粒中转移^[25]。花后 30—60 d,III 的温度逐渐降低,导致可溶性蛋白和游离氨基酸含量降解低于 I,II,推断其向籽粒中转移较少。I,II 可溶性蛋白含量随生育进程平稳下降,而 III 可溶性蛋白含量骤降,衰老过程中叶片可溶性蛋白含量骤降,加速衰老进程^[26],影响灌浆期物质向籽粒中转移,最终影响产量。

PKN 处理提高不同积温带氮同化关键酶活及其产物含量,本研究推测其主要原因为:首先 PKN 处理提高低温胁迫下玉米抗氧化系统酶活,降低活性氧产生速率,提高叶绿素含量^[27],提高玉米抗冷性。其次,外源细胞分裂素及其活性类似物 6-苄基嘌呤具有提高玉米叶片、根系 NRA 作用^[14-16],而 PKN 是细胞分裂素等植物激素的复合剂,因而 PKN 处理后提高了 NRA,促进 NO_3^- 同化作用,进而提高了叶片中全氮、叶绿素、可溶性蛋白和游离氨基酸含量,维持玉米体内基本代谢正常进行。

3.2 不同积温带间花后玉米穗位叶氮同化与玉米产量的关系及聚糠茶水剂调控效应

积温和产量之间存在密切的线性关系^[28],玉米灌浆期是决定产量形成的关键时期,灌浆期籽粒重占总增重的比例与玉米灌浆期 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温正相关^[29]。而花后温度差异影响 NRA,NRA 与产量呈正相关关系^[30]。本文研究发现,两个玉米品种均表现

为花后 NRA 与产量呈显著正相关关系,同时叶片氮含量与 NRA 呈极显著正相关关系,叶绿素含量与叶片氮含量呈极显著正相关关系。表明高 NRA,提高叶片氮含量,进而提高叶片叶绿素含量,提高玉米光合作用。同时,Ⅰ、Ⅱ的 NRA 和 NO_3^- 含量显著高于Ⅲ,进而影响灌浆后期叶片可溶性蛋白与游离氨基酸含量差异,而二者的变化关系到植株的衰老与营养体物质向籽粒中的转移,最终影响玉米产量。同时 PKN 中所含 PASP 具有提高生物量作用^[7],且 PKN 处理提高 NRA,促进氮素同化作用,提高玉米叶片全氮、叶绿素、可溶性蛋白与游离氨基酸含量,增强植物代谢能力,提高碳化物、氮化物等营养体物质向籽粒中转移,最终提高产量。

References:

- [1] Guo J P, Zhuang L W, Chen Y Y. Study on forecasting methods of corn heat index in northeastern China I-Heat Index and Corn Yield. *Journal of Catastrophology*, 2009, 24(4): 6-10.
- [2] Chilling Injury Research Group. Regional distribution regularity of the delayed type chilling injury in the northeast of China. *Scientia Agricultura Sinica*, 1986(2): 5-10.
- [3] Xie G X, Rong X M, Liu Q, Peng J W, Zhu H M. Effects of differently-concentrated plant growth regulator on nitrogen metabolism in maize. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Science Edition*, 2006, 32(4): 352-356.
- [4] Liu S Y, Dong S T, Zhao B Q, Li X Y, Zhang Z S. Effects of long-term fertilization on activities of key enzymes related to nitrogen metabolism (ENM) of maize leaf. *Acta Agronomica Sinica*, 2007, 33(2): 278-283.
- [5] Liu C M, Luo S G, Liu Y Y. Effects of controlled release urea on the nitrate reductase activity and yield of spring wheat. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2011, 17(13): 103-131.
- [6] Zhu C F, Miao Y N. The relation of nitrate reductase activity to nitrate content in soybean. *Soybean Science*, 1990, 9(1): 33-38.
- [7] Cregan P B, Nair J V R. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. *Theoretical and Applied Genetics*, 1984, 67(2/3): 97-111.
- [8] Wang X Y, Yu Z W. Differences in characteristics of quality and related enzymes activity of different wheat cultivars. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(10): 1980-1988.
- [9] Yin L P, Chai X Q, Li D, Zhang C Q, Hong J M, Liu X L, Zhao W P. Changes of glutamine synthesis and proteolase in different wheat species during the leaves nature senescence. *Journal of Shanxi Normal University: Natural Science Edition*, 1997, 11(1): 46-49.
- [10] Santner A, Estelle M. Recent advances and emerging trends in plant hormone signalling. *Nature*, 2009, 459 (7250): 1071-1078.
- [11] Argueso C T, Ferreira F J, Kieber J J. Environmental perception avenues: the interaction of cytokinin and environmental response pathways. *Plant, Cell and Environment*, 2009, 32 (9): 1147-1160.
- [12] Liu Y, Zhong Z C, Marinus J A W, Cao G X, Yin K L, Long Y. Effects of α -NAA and UA-B radiation on photosynthetic pigments and activities of protective enzymes in *Trichosanthes kirilowii* Maxim leaves. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 12-15.
- [13] Leshem Y Y, Wurzbarger J, Grossman S, Frimer A A. Cytokinin interaction with free radical metabolism and senescence: effects on endogenous lipoxygenase and purine oxidation. *Physiologia Plantarum*, 1981, 53(1): 9-12.
- [14] Freschi L, Nievola C C, Rodrigues M A, Dominggues D S, van Sluys M A, Mercier H. Thermoperiod affects the diurnal cycle of nitrate reductase expression and activity in pineapple plants by modulating the endogenous levels of cytokinins. *Physiologia Plantarum*, 2009, 137(3): 201-212.
- [15] Kapoor H C, Prakash S, Madaan T R. Regulation of in vivo nitrate reductase activity in cotton (*Gossypium hirsutum*) leaves in light and dark and the possible role of cytokinin. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 1987, 24(6): 326-328.
- [16] Dong Z Q, Xie Z X, Xue J T, Zhang B M, Zhao M. The effect of 6-BA on NRA of corn seedling by leaf spraying. *Journal of Maize Sciences*, 2008, 16(5): 54-57.
- [17] Leng Y X, Rui X S, He P H. Study of the yield increasing of maize by using polyaspartic acid. *Journal of Maize Sciences*, 2005, 13(3): 100-102.
- [18] Li H S. Principles and Techniques of Plant Physiological and Biochemical Experiment. Beijing: Higher Education Press, 2000: 95-100.
- [19] Arnon D I, Whatley F R. Factors influencing oxygen production by illuminated chloroplast fragments. *Archives of Biochemistry*, 1949, 23: 141-156.
- [20] Sánchez E, Rivero R M, Ruiz J M, Romero L. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high $\text{NH}_4\text{-NO}_3$ application rates. *Scientia Horticulturae*, 2004, 99(3/4): 237-248.
- [21] Huang G B, Zhang N H, Hu H J. Eco-physiological mechanism on nitrogen use efficiency difference of corn varieties. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2001, 7(3): 293-297.
- [22] Xu C A, Ni J S. Regulation of nitrate reductase activity by upward transport and vacuolar efflux of nitrate in wheat leaves. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1990, 16(4): 340-346.
- [23] Cai H G, Mi G H, Chen F J, Zhang X Z, Gao Q. Genotypic variation of leaf SPAD value, nitrogen and nitrate content in

- maize. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(4): 866-873.
- [24] Ying J, Lee E A, Tollenaar M. Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during the grain-filling period. *Field Crops Research*, 2000, 68(2): 87-96.
- [25] Feng M Q, Sun J R, Guo A G. The relation of wheat flag leaf protein operation and grain protein accumulation during the grain-filling period. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1999, (2): 1-3.
- [26] Wang Y F, Yu Z W, Li S X, Yu S L. Effect of nitrogen nutrition on the change of key enzyme activity during the nitrogen metabolism and kernel protein content in Winter Wheat. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2003, 9(2): 178-183.
- [27] Xu T J, Dong Z Q, Lan H L, Pei Z C, Gao J, Xie Z X. Effects of PASP-KT-NAA on photosynthesis and antioxidant enzyme activities of maize seedlings under low temperature stress. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(2): 352-359.
- [28] Ma S Q, Wang Q, Xu L P, Yu H, Zhang T L. Effect of accumulated temperature on maize LAI, biomass and yield. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2001, (13): 284-288.
- [29] Zhang B S, Li S Y, Hu L H, Yin S H, Pu Q F. The effects of sowing season on growth, development, dry matter production and partition of maize (*Zea mays*). *Acta Botanica Yunnanica*, 2001, 23(2): 243-250.
- [30] Li H Q, Lin H M, Liang S R, Zhao H J, Wang J Z. Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(20): 6548-6590.
- [6] 朱长甫, 苗以农. 大豆硝酸还原酶活力与硝态氮含量的关系. *大豆科学*, 1990, 9(1): 33-38.
- [8] 王小燕, 于振文. 不同小麦品种主要品质性状及相关酶活性研究. *中国农业科学*, 2005, 38(10): 1980-1988.
- [9] 印莉萍, 柴小清, 李丹, 张承谦, 洪剑明, 刘祥林, 赵微平. 不同小麦品种叶片衰老过程中谷氨酰胺合成酶和蛋白水解酶的活性变化. *山西师范大学学报: 自然科学版*, 1997, 11(1): 46-49.
- [12] 刘芸, 钟章成, Marinus J A W, 操国兴, 尹克林, 龙云. α -NAA 和 UA-B 辐射对栝楼幼苗光和色素及保护酶活性的影响. *生态学报*, 2003, 23(1): 12-15.
- [16] 董志强, 解振兴, 薛金涛, 张保明, 赵明. 苗期叶面喷施 6-BA 对玉米硝酸还原酶活力的影响. *玉米科学*, 2008, 16(5): 54-57.
- [17] 冷一欣, 芮新生, 何佩华. 施用聚天门冬氨酸增加玉米产量的研究. *玉米科学*, 2005, 13(3): 100-102.
- [18] 李合生. *植物生理生化实验原理和技术*. 北京: 高等教育出版社, 2000: 95-100.
- [21] 黄高宝, 张恩和, 胡恒觉. 不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制. *植物营养与肥料学报*, 2001, 7(3): 293-297.
- [22] 许长嵩, 倪晋山. NO_3^- 上运和液泡内 NO_3^- 外流对小麦叶内硝酸还原酶活性的调节. *植物生理学报*, 1990, 16(4): 340-346.
- [23] 蔡红光, 米国华, 陈范骏, 张秀芝, 高强. 玉米叶片 SPAD 值、全氮及硝态氮含量的品种间变异. *植物影响与肥料学报*, 2010, 16(4): 866-873.
- [25] 丰明干, 孙俊荣, 郭嵩光. 小麦灌浆期旗叶蛋白质运转与籽粒蛋白质积累的关系. *陕西农业科学*, 1999, (2): 1-3.
- [26] 王月福, 于振文, 李尚霞, 余松烈. 氮素营养水平对小麦旗叶衰老过程中蛋白质和核酸代谢的影响. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(2): 178-183.
- [27] 徐田军, 董志强, 兰宏亮, 裴志超, 高娇, 解振兴. 低温胁迫下聚糠茶合剂对玉米幼苗光合作用和抗氧化酶活性的影响. *作物学报*, 2012, 38(2): 352-359.
- [28] 马树庆, 王琪, 徐丽萍, 于海, 张铁林. 积温对春玉米叶面积、生物量和产量的影响. *现代农业科技*, 2001, (13): 284-288.
- [29] 张石宝, 李树云, 胡丽华, 尹树华, 普琼芬. 播种季节对玉米生长发育及干物质生产和分配的影响. *云南植物研究*, 2001, 23(2): 243-250.
- [30] 李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 赵会杰, 王俊忠. 密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响. *生态学报*, 2012, 32(20): 6584-6590.

参考文献:

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.11 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Review on macropore flow in soil GAO Zhaoxia, XU Xuexuan, ZHAO Jiaona, et al (2801)

Ecological Restoration

A summary of study on ecological restoration technology of large coal bases construction in China
..... WU Gang, WEI Dong, ZHOU Zhengda, et al (2812)

The ecology and environment monitoring technical systems in national large-scale coal-fired power base: a case study in Xilingol
League, Inner Mongolia WEI Dong, QUAN Yuan, WANG Chenxing, et al (2821)

Evaluation index system on ecological effect of national large-scale coal-fired power base based on the dpsir conceptual model
..... ZHOU Zhengda, WANG Chenxing, FU Xiao, et al (2830)

Research progress on the environment impacts from underground coal mining in arid western area of China
..... LEI Shaogang, BIAN Zhengfu (2837)

Ecological risk receptors analysis of pingzhuang western open-cut coal mining area in inner mongolia
..... GAO Ya, LU Zhaohua, WEI Zhenkuan, et al (2844)

Impacts of mining on landscape pattern and primary productivity in the grassland of Inner Mongolia: a case study of Heidaigou
open pit coal mining KANG Sarula, NIU Jianming, ZHANG Qing, et al (2855)

Accumulation of soil Cd, Cr, Cu, Pb by *Panax notoginseng* and its associated health risk
..... LIN Longyong, YAN Xiulan, LIAO Xiaoyong, et al (2868)

3D interpolation of soil PAHs distribution in a coking contaminated site of China ... LIU Geng, BI Rutian, QUAN Teng, et al (2876)

Autecology & Fundamentals

Catabatic effect from artificial mixed plantation of *Cunninghamia lanceolata* on soil aluminum toxicity
..... LEI Bo, LIU Bin, LUO Chengde, et al (2884)

Study on the trophic levels of soil macrofauna in artificial protection forests by means of stable nitrogen isotopes
..... ZHANG Shuhua, ZHANG Xueping (2892)

Lead- and cadmium-resistant bacterial strain JB11 enhances lead and cadmium uptake in the phytoremediation of soils
..... JIN Zhongmin, SHA Wei, LIU Lijie, et al (2900)

Identification and oil-degrading performance of *Acinetobacter* sp. isolated from North Shaanxi oil-contaminated soil
..... WANG Hu, WU Lingling, ZHOU Lihui, et al (2907)

Phylogenetic and physiological diversity of actinomycetes isolated from plant rhizosphere soils in the Qilian Mountains
..... MA Aiai, XU Shijian, MIN Yuxia, et al (2916)

Spatial distribution of AM and DSE fungi in the rhizosphere of *Ammopiptanthus nanus*
..... JIANG Qiao, HE Xueli, CHEN Weiyan, et al (2929)

Effects of PASP-KT-NAA on maize leaf nitrogen assimilation after florescence over different temperature gradients
..... GAO Jiao, DONG Zhiqiang, XU Tianjun, et al (2938)

Key temperatures of corn and sunflower during cooling process in Hetao irrigation district, Inner Mongolia
..... WANG Haimei, HOU Qiong, YUN Wenli, et al (2948)

The content of tannin extract in four types of *Quercus variabilis* YIN Yining, ZHANG Wenhui, HE Jingfeng, et al (2954)

Effect of food stress on flight muscle and reproduction development in a wing dimorphic cricket, *Velarifictorus ornatus*
..... WU Hongjun, ZHAO Lüquan, ZENG Yang, et al (2963)

- Effect of colours on oviposition preference of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck
 YANG Xiaofan, MA Chunsen, FAN Fan, et al (2971)
- Monoterpene volatiles affecting host selection behavior of *Dendrolimus superans* and the activities of defense protein in larch needles
 LIN Jian, LIU Wenbo, MENG Zhaojun, et al (2978)
- Population, Community and Ecosystem**
- Soil microbial community structure under different vegetation restoration patterns in the loess hilly area
 HU Chanjuan, GUO Lei, LIU Guohua (2986)
- Seasonal variation of functional diversity of microbial communities in sediment and shelter of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*)
 cultural ponds YAN Fajun, TIAN Xiangli, DONG Shuanglin, et al (2996)
- Analysis of bacterial flora during the fahua-fermentation process of fuzhuan brick tea production based on DGGE technology
 LIU Shiquan, HU Zhiyuan, ZHAO Yunlin (3007)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- CO₂ emissions transfer embedded in inter-regional trade in China LIU Hongguang, FAN Xiaomei (3016)
- Carbon sequestration potential of the major stands under the Grain for Green Program in Southwest China in the next 50 years
 YAO Ping, CHEN Xiangang, ZHOU Yongfeng, et al (3025)
- Characteristics of spatial and temporal phenology under the dynamic variation of grassland in the Qinghai Lake watershed
 LI Guangyong, LI Xiaoyan, ZHAO Guoqin, et al (3038)
- Estimates of carbon emissions caused by forest fires in the temperate climate of Heilongjiang Province, China, from 1953 to 2012 ...
 WEI Shujing, LUO Bizhen, SUN Long, et al (3048)
- Simulation of the climatic productivity of forest vegetation in Three Gorges Reservoir area
 PAN Lei, XIAO Wenfa, TANG Wanpeng, et al (3064)
- The mechanism for occurrence of *Peridiniopsis* blooms in the tributaries of Three Gorges Reservoir
 ZHU Aimin, LI Sixin, HU Jun, et al (3071)
- Biodiversity sensitivity zoning of river dam and reservoir engineering development ... LI Yiqiu, LU Chunxia, DENG Ou, et al (3081)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Assessment on coordinative ability of sustainable development of Beijing-Tianjin-Hebei Region based on set pair analysis
 TAN Feifei, ZHANG Meng, LI Haoran, et al (3090)
- Vacancy analysis on the development of nature reserves in Jiangxi Province
 HUANG Zhiqiang, LU Lin, DAI Nianhua, et al (3099)
- Evaluation of ecological economy index in the poyang lake ecological economic zone
 HUANG Heping, PENG Xiaolin, KONG Fanbin, et al (3107)
- Research on China's provincial forest ecological security appraisal based on the detrimental interferences
 LIU Xinzhu, MI Feng, ZHANG Shuang, et al (3115)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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 34 卷 第 11 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 11 (June, 2014)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元