

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

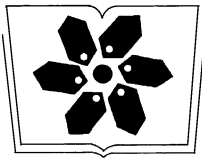
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响

赵宝平¹, 张娜¹, 任长忠^{2,*}, 刘景辉¹, 莫非³, Ma Baoluo⁴

(1. 内蒙古农业大学燕麦科技创新团队, 内蒙古呼和浩特 010019; 2. 吉林省白城市农业科学院, 吉林白城 137000;

3. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃兰州 730000;

4. 加拿大农业与农业食品部东部谷物与油料作物研究中心, 加拿大渥太华 K1A 0C6)

摘要:盆栽试验研究了不同光周期对不同熟期燕麦品种的穗分化进程和生育时期影响及生理生态机制。试验材料包括早熟品种白燕8号, 中熟品种白燕2号以及晚熟品种坝苡3号, 跟踪测定了叶片保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性等生理指标的动态变化。结果表明, 晚熟品种坝苡3号对光周期反应敏感, 短日照(8h)条件下, 其穗分化只能到二棱期, 未能正常抽穗; 早熟品种白燕8号在短日照条件下可完成穗分化、抽穗开花, 但3个品种生育时期和穗分化时间均延长。随着光周期延长, 各燕麦品种单株小穗数和穗重均增加。光周期对穗分化进程的影响机制可从叶片保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性等指标中得到证明, 白燕8号在8h短日照处理下SOD、POD活性均高于白燕2号和坝苡3号, 而MDA含量和相对电导率低于另两个品种。MDA含量和相对电导率与光周期呈显著正相关。燕麦早熟性与光周期不敏感性具有一定相关性, 且燕麦光周期适应性调控机理可能与保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性等生理变化密切相关。

关键词:光周期; 燕麦; 生育时期; 穗分化; 抗氧化酶

Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (*Avena nuda* L.)

ZHAO Baoping¹, ZHANG Na¹, REN Changzhong^{2,*}, LIU Jinghui¹, MO Fei³, MA Baoluo⁴

1 Oat scientific and technical innovation team, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China

2 Baicheng Academy of Agricultural Science, Baicheng, Jilin 137000, China

3 MOE Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China

4 Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa ON, K1A 0C6, Canada

Abstract: A controlled pot culture experiment was conducted to determine the influence of different photoperiods on the phenological progression, spike differentiation and development of oat varieties differing in maturity. Three varieties (Bayou3, representing a late maturity variety, Baiyan8 representing an early maturing variety and Baiyan2 representing an intermediate maturing variety) were treated with 8, 12, and 16 h photoperiods, in a factorial arrangement with three replications. Phenological traits and apical development were monitored at weekly intervals. At the jointing, booting, heading and grain-filling stages, superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), malondialdehyde (MDA) and relative cell membrane conductivity (REC) were determined after destructive leaf sampling. Our results showed that the late maturing Bayou3 was sensitive to photoperiod and was unable to complete spike differentiation and reach heading under 8 h photoperiod. Variety Baiyan8, on the other hand was not sensitive to changes in photoperiod. All varieties took longer to reach specific phenological stages and spike differentiation with the 8 h photoperiod. The SOD and POD activities were greater for Baiyan8 than for Bayou3 and Baiyan2. In contrast, Baiyan8 had lower MDA content and lower REC than the other two varieties. MDA content and REC were correlated with photoperiod. Our data indicate that the earliness *per se* of oat was related with photoperiod insensitivity, and there was also a relationship between foliar antioxidant enzyme activity

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(nycyt-14); 内蒙古科技计划项目(20090708)

收稿日期:2010-10-28; **修订日期:**2011-02-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: renchangzhong@163.com

and the response of varieties to photoperiod.

Key Words: photoperiod; oat; phenological period; spike differentiation; antioxidant enzymes

光周期反应是植物生长与发育过程的重要质变过程之一,主要影响麦类作物的幼穗分化,幼穗器官能否发育良好,直接影响着作物产量的高低^[1]。作物幼穗分化过程既受本身的遗传特性的影响,又与环境条件极为密切^[2]。钱兆国研究了光周期对冬小麦穗分化进程影响,在短日条件下,光不敏感性品种受影响程度小于光敏感性品种,短日照条件小麦幼穗分化时间延长,促进穗粒数增加,而长日照条件下,穗粒数减少^[3-4]。Serrago 等研究发现小麦在拔节期延长光照时间,可育小花数减少^[5]。米国华研究了小麦幼穗分化对温光的反应,在短日照条件下二棱期和护颖期受到影响较大^[6]。

光周期还对植物保护酶活性、膜脂过氧化作用以及质膜透性产生影响,Beril 等在对拟南芥研究中发现,长日照条件可显著提高其抗氧化酶活性^[7]。刘磊等发现延长光照时间可以提高洋葱幼苗可溶性蛋白和过氧化物酶(POD)活性^[8];王成章等研究随着光周期缩短,苜蓿中过氧化物歧化酶(SOD)和 POD 活性呈增加趋势^[9]。此外巴特利·巴克等发现一种特早熟非光敏小麦品种在穗分化期间对光照不敏感^[10]。Hoogendoorn 发现低纬度地区小麦对日长较不敏感而且有更多基因涉及早熟性^[11]。在燕麦上,Sorrels 和 Simmons 发现不同品种对光周期反应不同,高纬度地区种植的燕麦对光周期反应更敏感^[12]。Locatelli 等发现一个光不敏感型燕麦品系 UFRGS 8,无论光照时间长短都能提早开花^[13]。然而针对不同光周期对不同熟期燕麦品种穗分化影响研究尚未见报道。

目前对植物物候变化的气候因子的研究较多地集中在温度、光周期和土壤湿度上,已有研究表明:对许多植物类群,光周期控制其冬芽形成,并诱导跟落叶、抗寒、打破休眠相关的组织产生^[14-16]。圆锥花序在长期的光周期环境下生长一段时间,开花期将会被推迟^[17]。变温和持续延长日照时间最能促进植物花芽开放,在昼夜温度分别为 20℃ 和 10℃ 时,当日照时间在 6h 的基础上每天延长 10min,再利用变温处理能使萌芽期提前 10d 或更多,当缩短日照时间,花芽萌发期推迟^[18]。在小麦的研究上发现光周期敏感性与拔节期持续期密切相关^[19],而且光周期延长其整个生育期缩短^[20]。迄今,燕麦物候对光周期变化的响应还鲜有报道。

燕麦是我国北方重要的粮饲兼用作物,传统方式下为一年一熟的种植制度^[21]。近年来我国北方多熟种植制度有向北、向高海拔地区推移趋势^[22],因此结合选育种植早熟燕麦品种,在我国北方实现一年两熟,对于充分利用光热资源、提高复种指数和燕麦产量具有重要意义^[23]。但是燕麦作为长日照作物,在种植第二茬时由于受到光周期变短等因素影响,往往不能正常抽穗成熟,影响燕麦产量。

因此本试验通过对不同熟期燕麦品种在不同光照时间处理下,研究其穗分化进程、生育时期、穗部生物量变化以及保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性等生理特性变化,以明确不同熟期燕麦品种的光敏感差异性以及光周期对生育时期和穗分化的影响及其生理生态机制,为燕麦在不同地区引种,早熟高产燕麦选育以及燕麦双季栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验条件及试验设计

本试验分别于 2009 年 7 月—10 月和 2009 年 11 月—2010 年 2 月在内蒙古农业大学农学院人工气候室(光强 5250lx,空气湿度为 50%,温度:出苗-分蘖 17℃,拔节-抽穗 25℃,抽穗-灌浆 23℃,灌浆-成熟 18℃,夜间比白天低 5℃,CO₂浓度为 330mg/L。)进行。采用不同品种和光照时间处理的两因素盆栽试验,试验共设 9 个处理,重复 3 次;3 个光照时间处理分别为 8、12、16h;3 个供试品种分别为吉林省白城农业科学院选育的早熟品种白燕 8 号,中熟品种白燕 2 号和河北张家口市农业科学院选育的晚熟品种坝蓂 3 号品种。完全随机区组排列,共 165 盆。

盆栽基质为珍珠岩:草炭:蛭石 1:1:1 比例混合,基质密度为 0.781g/cm³,容重 0.393 g/cm³,孔隙度为

78.1%,田间持水量为118.2%。种植于高28cm,直径22cm的塑料盆,每隔4d浇施1次霍格兰全营养液,全生育期充足供水。

1.2 取样观察方法

从燕麦3叶1心(二棱)期开始用解剖镜随机抽取3株观察燕麦穗分化进程。穗分化期的划分依照麦类作物幼穗分化图谱^[24]。每隔5—7d取样观察1次,并记录、拍照。

在燕麦乳熟期,每盆选取具有代表性的植株5株,测定穗长,单株小穗数,穗重等生物学指标。

1.3 生理生化指标测定

在拔节期、孕穗期、抽穗期、灌浆期等4个时期取样,每次取5株长势一致燕麦,取顶部第一片展开叶后用湿纱布擦干,样品用液氮冷冻后,置于低温冰箱内待用。

1.3.1 酶液的提取 称取0.5g左右鲜样剪碎,加0.05mol/L,pH7.8的磷酸缓冲液(内含1%的PVP)5.0mL及少量石英砂,于冰浴中研磨提取,15000×G冷冻离心机,4℃下离心15min,取上清液定容至10mL,上清液为酶提取液,用于超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)测定。

1.3.2 SOD活性测定按照王爱国等^[25]的方法,以反应抑制氮蓝四唑(NBT)光氧化还原50%的酶量为一个酶活力单位,用unit·g⁻¹·min⁻¹表示。

1.3.3 POD活性测定用愈创木酚法^[26]测定,以unit·g⁻¹·min⁻¹表示酶活力单位。

1.3.4 MDA含量测定采用硫代巴比妥酸比色方法^[27]。

1.3.5 相对电导率用OAKTON35661-46型电导率仪测定,计算公式为:

相对电导率= [(初始电导率-本底值)/(煮沸电导率-本底值)] ×100%。

1.4 数据分析

对所得数据用Microsoft Excel和SAS8.2统计分析软件进行分析。燕麦各品种不同光周期处理下生育时期和穗分化差异通过比较各生育时期及穗分化期到达时间前后差别来分析;各品种不同光照时间处理的穗部生物量指标差异通过最小差异显著法(LSD)在0.05水平上检验;生理指标即通过各生育时期测定数值的变化趋势和差别来分析处理间差异。

2 结果与分析

2.1 不同光周期对燕麦穗分化及物候期的影响

光周期对燕麦穗分化进程的影响较大(表1),不同光照时间下,各品种的穗分化进程的速度均表现为

表1 不同光照时间燕麦穗分化及生育时期变化

Table 1 Influence of photoperiod on spike differentiation and phenological period of oat									
光照时间/h Photoperiod	品种 Variety	穗分化及生育时期 Spike differentiation and growth stage							
		二棱期/d Double ridge	颖片原基 分化期/d Glume primordium	小花原基 分化期/d Floret primordium	雌雄蕊原基 分化期/d Pistil and stamen primordium	药隔形 成期/d Anther connectives	抽穗期/d Heading	灌浆期/d Grouting	乳熟期/d Milk
8	白燕8号	26	26	31	36	39	55	无	无
	白燕2号	26	31	36	39	44	71	无	无
	坝菽3号	44	无	无	无	无	无	无	无
12	白燕8号	21	21	26	31	36	48	55	85
	白燕2号	21	26	31	36	39	55	63	92
	坝菽3号	26	31	36	39	44	62	无	无
16	白燕8号	21	21	26	26	31	45	55	85
	白燕2号	21	26	26	36	36	52	55	90
	坝菽3号	21	31	36	39	44	55	63	98

16h>12h>8h;在相同光照时间下,穗分化进程速度为:白燕8号>白燕2号>坝苳3号;在长日照条件(16h)下,燕麦可正常完成穗分化进程。在短光照条件(8h)下,白燕8号穗分化进程最快,受影响程度较小,而坝苳3号穗分化进程明显迟缓,并分化到二棱期时停留;白燕2号介于两者之间,说明不同熟期燕麦品种的穗分化进程受光周期影响较大,白燕8号可能对光周期反应不敏感。

各品种在8h光周期处理下其生育进程均有所延迟。随着光照时间延长,各品种到达抽穗期时间均缩短。在相同光照时间下,各品种受光周期影响程度为:坝苳3号>白燕2号>白燕8号。晚熟品种坝苳3号受短日照(8h)影响最大,不能正常抽穗开花;白燕8号在短日照(8h)下能正常抽穗,但抽穗期到达时间分别较12h和16h延后7d和10d;白燕2号介于二者之间。说明坝苳3号对受短日照影响较大,白燕8号对短日照反应不敏感,白燕2号对光周期敏感性居于二者之间。

2.2 不同光周期对燕麦穗部生物量的影响

不同光周期对燕麦品种穗部生物学指标影响较大(表2)。在8h光照下,早熟品种白燕8号单株小穗数,单穗鲜干重均显著高于另两个品种,白燕2号穗长最长;坝苳3号短日照条件下未能抽穗,穗部生物量为0。在12h光照条件下,各品种单株小穗数,穗长和单穗鲜干重均表现为白燕2号>白燕8号>坝苳3号,坝苳3号穗部生长仍受到抑制(表1)。在16h光照条件下,坝苳3号单株小穗数及穗部生物量显著少于另两个品种,白燕2号和白燕8号品种单株小穗数差异不显著,但白燕2号单穗生物量显著高于白燕8号。

表2 不同光照时间对燕麦穗部生物学指标的影响

Table 2 Influence of photoperiod on spike biological indicators of oat

光照时间/h Photoperiod	品种 Variety	单株小穗数/(个/株) Spikelet number per plant	穗长/cm Spike length	单穗鲜重/g Fresh weight per spike	单穗干重/g Dry weight per spike
8	白燕8号	21a	4.9b	0.914a	0.168a
	白燕2号	11b	7.2a	0.385b	0.055b
	坝苳3号	0c	0c	0c	0c
12	白燕8号	23b	4.5b	1.071b	0.409b
	白燕2号	48a	8.5a	2.160a	0.859a
	坝苳3号	4c	3.7b	0.036c	0.005c
16	白燕8号	43a	3.3b	1.978b	0.667b
	白燕2号	51a	6.7a	2.601a	1.734a
	坝苳3号	19b	6.5a	0.255c	0.0634c

表中同列中不同大写字母数值间差异显著($P < 0.05$)

不同光照时间比较,3个品种穗数,小穗干重均表现为:16h>12h>8h;白燕2号和白燕8号品种,在12h和16h光照下其穗部生物量差异不显著,但显著高于8h光照处理。

2.3 不同光周期对燕麦生理生化指标的影响

2.3.1 叶片保护酶活性

过氧化物酶(POD)的作用是清除体内的自由基,其活性的强弱反应了植物在逆境条件下的适应性。随着生育时期的推进,POD活性为先升高后降低趋势。短日照处理(8h)燕麦生长盛期(孕穗-抽穗期)的POD活性为白燕8号高于坝苳3号和白燕2号品种。白燕8号品种随着光周期延长,其POD活性下降;坝苳3号反之,即随着光照时间延长,其POD活性呈上升趋势;白燕2号在各光周期处理间变化趋势不明显。

SOD活性在控制脂质过氧化,减轻膜系统的伤害有一定的关系。随着生育时期的推进,SOD活性为先升高后降低。不同光照时间处理下,不同品种SOD活性表现不一致:白燕8号品种在各生育时期均为8h光照处理最高;坝苳3号品种在燕麦生长盛期(孕穗到抽穗期),8h光照处理的SOD活性最高,12hSOD活性最低,在灌浆期8h处理SOD活性最低;白燕2号品种在抽穗期以前不同光照处理SOD活性8h光照最高,在灌浆期不同光照处理差异不显著(图2)。光周期与POD和SOD之间的相关性不显著,可能是由不同品种叶片保护

酶活性对光周期反应差异造成的(表3)。

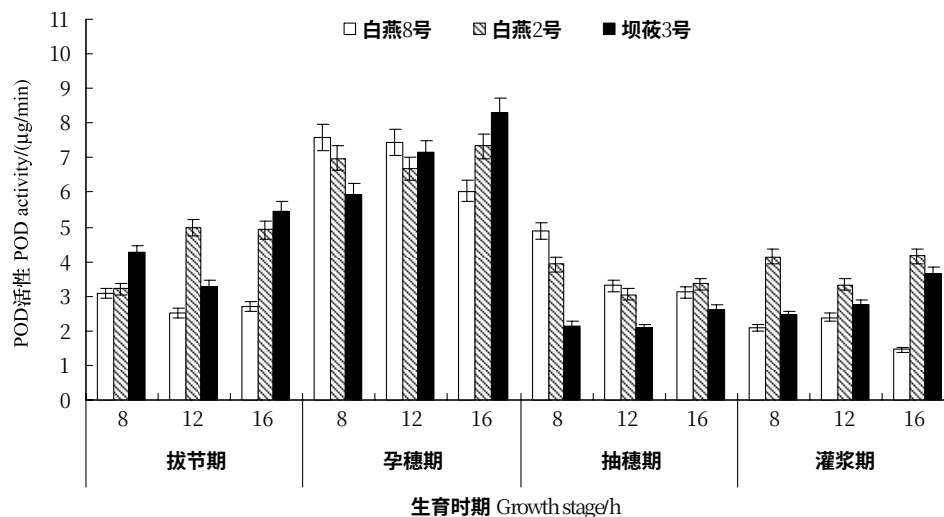


图1 不同光周期燕麦 POD 活性的变化

Fig.1 Influence of photoperiod on the activity of POD of oat

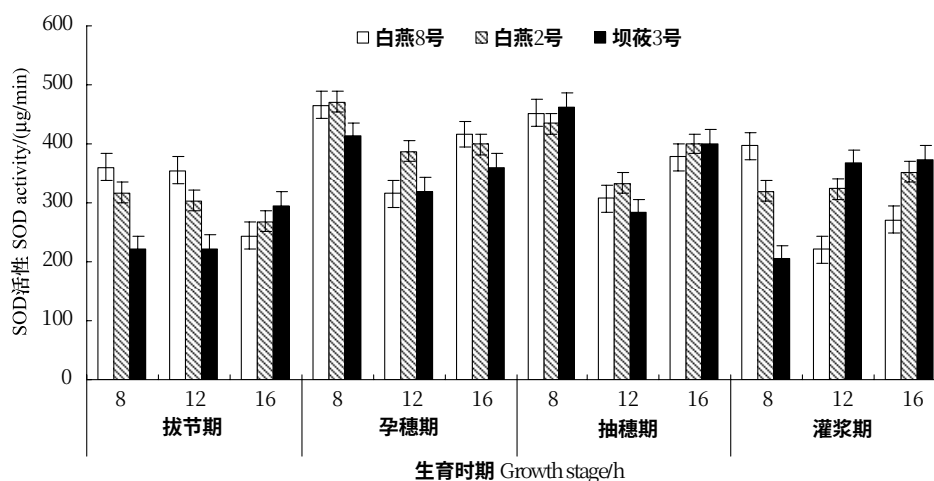


图2 不同光周期燕麦 SOD 活性的变化

Fig.2 Influence of photoperiod on the activity of SOD of oat

2.3.2 叶片膜脂过氧化作用(MDA 含量)

丙二醛(MDA)是脂膜过氧化的产物,其含量高低在一定程度上可以反映脂质过氧化程度,对细胞膜具有一定伤害作用。通过光周期与其相关性分析表明,MDA 含量与光照时间呈极显著正相关(表3),说明光照时间延长燕麦细胞膜会受到一定伤害。不同光周期不同燕麦品种的 MDA 含量变化不同,白燕8 号和坝莪3 号品种均随着光照时间延长而增大,说明光周期延长会扰乱其细胞代谢,使得自由基积累,脂膜过氧化程度加大。在短日照下(8h),白燕8 号品种 MDA 含量低于白燕2 号和坝莪3 号,说明短日照对白燕8 号叶片脂膜过氧化影响相对较小(图3)。

2.3.3 叶片质膜透性(相对电导率)

相对电导率的变化可以直接反应细胞膜透性的改变及细胞被破坏情况。由图4,随着生育进程推进,相对电导率呈增加趋势;同时,随着光周期延长,相对电导率相应增长,呈显著正相关(表3)。不同品种之间,短日照(8h)处理下,相对电导率为坝莪3 号>白燕2 号>白燕8 号;在12h 和16h 光照处理下,白燕2 号品种的相对电导率均低于另两个品种,细胞膜透性受光照时间影响较小。

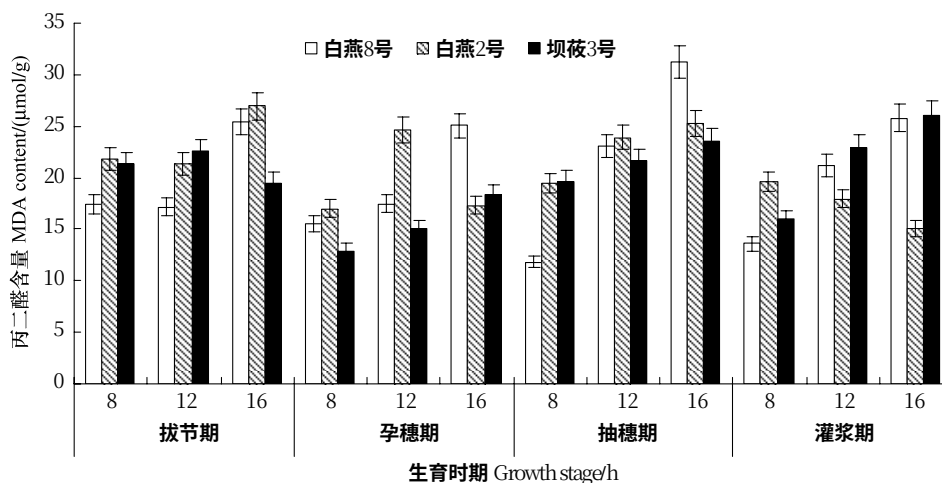


图3 不同光周期燕麦 MDA 含量的变化

Fig. 3 Influence of photoperiod on the content of MDA of oat

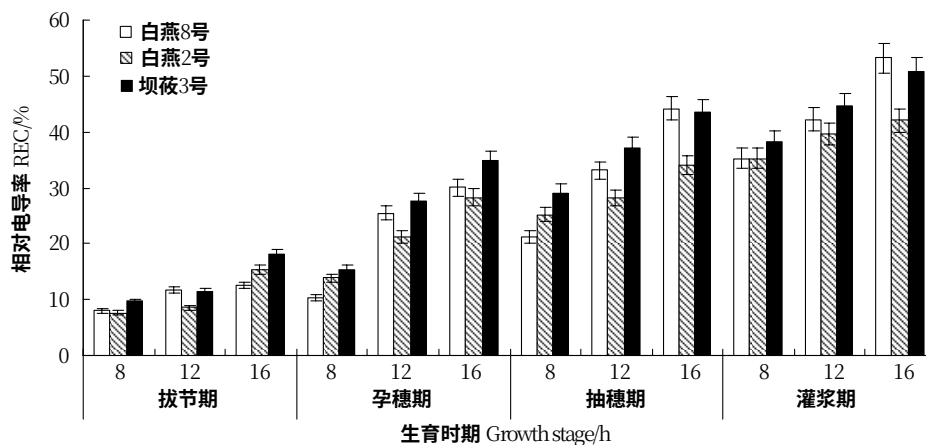


图4 不同光周期燕麦相对电导率的变化

Fig. 4 Influence of photoperiod on the RCE of oat

表3 光周期与各生理指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis of photoperiod and physiological indexes

	过氧化物酶 POD	超氧化物歧化酶 SOD	丙二醛含量 MDA	相对电导率 REC
相关系数 Correlation	0.0436ns	-0.1682ns	0.5686 **	0.4096 *

* 表示在 0.05 水平显著; ** 表示在 0.01 水平显著; ns 表示相关性不显著

3 结论与讨论

(1) 作物光周期适应性研究表明,不同作物如大豆,玉米和棉花,其早熟性与对日长相对不敏感性相关,但是在水稻和豇豆中却发现其固有的早熟性和光周期敏感性可能是独立遗传的^[28],Tanio 研究表明,日本西南部小麦穗的早熟性与光周期基因型密切相关^[29],而 Goldringer 等发现小麦不同时空下的早熟性是一个由春花作用和光周期敏感性等多重因素决定的复杂的特性^[30]。本研究通过对燕麦生育时期和穗分化进程发现,短日照(8h)条件下,早熟品种白燕8号能够正常开花,其穗分化过程受光周期影响小;而晚熟品种坝筱3号未能抽穗开花,穗分化只能分化到二棱期,这与前人在小麦和大豆上所得研究结果相似^[31-35]。说明燕麦早熟性可能与光周期不敏感性具有一定相关性。

(2) 光周期影响燕麦的小穗数和穗重,进而影响燕麦产量。延长光照时间,不同熟期品种单株小穗数和

穗重均显著增加。这与 Serrago 等^[5]和钱兆国等^[3]在小麦上的研究结果不一致,原因是前人研究是在田间自然条件下,人为延长光照时间,导致穗分化时间缩短,进而穗粒数减少;而本研究是在室内模拟条件,光照时间缩短影响了穗分化进程导致的。在长日照(16h)下,坝苡3号小穗数仍为最少,这可能与其对光周期反应敏感有关,其原因是长日照使二棱前期分化的总叶原基已转化的小穗原基数较少,同时二棱后小穗原基分化时间缩短^[3]。在8h条件下,白燕8号的穗数多于白燕2号,说明与早熟品种白燕8号相比,白燕2号品种受到短日照影响大。在12h和16h条件下,白燕2号的穗数,穗重均大于白燕8号,这可能是在正常光照下其品种本身品种特性所决定的。

(3)通过对不同光周期燕麦叶片保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性分析,白燕8号品种在短日照(8h)处理下的SOD,POD活性均高于白燕2号和坝苡3号^[7],而MDA含量和相对电导率低于另外两个燕麦品种,说明白燕8号品种在短日照条件下的保护酶活性增加速度快,清除氧自由基能力更强,而膜脂过氧化程度显著低于晚熟品种,膜系统具有更高稳定性,这可能是其对短光照不敏感的重要生理基础,说明不同熟期燕麦品种光周期适应性调控机理与保护酶活性、膜脂过氧化作用和质膜透性等生理变化密切相关。此外本研究发现光周期与POD和SOD活性相关性不显著,这是由于不同品种对光周期反应不一致的结果,例如,延长光照时间使晚熟品种坝苡3号的POD活性增加,而早熟品种白燕8号反而下降,这与刘磊等洋葱研究所得的延长光照时间可以提高POD活性结果不相一致^[8],这可能是在长光照下,早熟品种生长发育较快,叶片机能出现早衰所致。

(4)吉林白城(北纬45°)连续5a进行两季燕麦栽培技术研究结果证明,早熟燕麦品种白燕8号在吉林白城地区可实现两季双熟栽培(早熟+早熟),白燕8号在7月下旬播种,10月初正常成熟^[21,23],能够适应夏秋季较短的光周期。本研究从生理角度证明了该早熟燕麦品种可能具有光照不敏感基因,这对于进一步推广和发展燕麦双季栽培具有重要理论意义。我国燕麦主产区主要集中在华北、西北西南等干旱半干旱地区,通过利用燕麦光周期不敏感性,根据这些区域的水热条件,调整播种时期与雨季吻合,从而提高燕麦产量的稳定性。但是光照时间缩短,燕麦干物质积累及产量会相应下降,如何协调早熟与高产之间的矛盾,有待进一步研究。

References:

- [1] Li Z X, Zhao S J, Meng Q W, Zou Q. Advances in the study on physiological base of wheat population with high grain-leaf area ratio. *Journal of Triticeae Crops*, 2002, 22(4): 79-83.
- [2] Evans L T. Short day induction of inflorescence initiation in some winter wheat varieties. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1987, 14(3): 277-286.
- [3] Qian Z G. Study on the Effects of Different Photoperiod Treatment on Winter Wheat. Taian: Master thesis of Shan Dong Agricultural University, 2005.
- [4] González F G, Slafer G A, Miralles D J. Floret development and spike growth as affected by photoperiod during stem elongation in wheat. *Field Crops Research*, 2003, 81(1): 29-38.
- [5] Serrago R A, Miralles D J, Slafer G A. Floret fertility in wheat as affected by photoperiod during stem elongation and removal of spikelets at booting. *European Journal of Agronomy*, 2008, 28(3): 301-308.
- [6] Mi G H, Li W X. Study on the response of wheat spike differentiation to temperature and day length II. Effect of photoperiod. *Journal of Northeast Agricultural University*, 1996, 27(3): 209-218.
- [7] Becker B, Holtgreve S, Jung S, Wunrau C, Kandlbinder A, Baier M, Dietz K J, Backhausen J E, Scheibe R. Influence of the photoperiod on redox regulation and stress responses in *Arabidopsis thaliana* L. (Heynh.) plants under long- and short-day conditions. *Planta*, 2006, 224(2): 380-393.
- [8] Liu L, Liu S Q, Xu L, Du H T, Zhang Y Q. Studies on the changes of nitrogen metabolism and peroxidase activity in onions during different photoperiod and vernalization. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2005, 14(6): 90-95.
- [9] Wang C Z, Li J H, Guo Y X, Fang L Y, Gao Y G. Effect of photoperiod on SOD and POD activities in alfalfa varieties with different fall dormancy. *Acta Agrestia Sinica*, 2007, 15(5): 407-411.

- [10] Bake B, Zheng D W, Van Keulen H, Verhagen J, Wu F N, Zeng X G. Photo-thermal characteristics of a non-photosensitive and extra-premature winter wheat variety. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1265-1269.
- [11] Hoogendoorn J. The physiology of variation in the time of ear emergence among wheat varieties from different regions of the world. *Euphytica*, 1985, 34(2): 559-571.
- [12] Sorrels M E, Simmons S R. Influence of environment on the development and adaptation of oat//Marshall H G, Sorrels M E, eds. *Oat Science and Technology*. Madison WI: American Society of Agronomy, 1992: 115-163.
- [13] Locatelli A B, Federizzi L C, Milach S C K, McElroy A R. Flowering time in oat: genotype characterization for photoperiod and vernalization response. *Field Crops Research*, 2008, 106(3): 242-247.
- [14] Li C Y, Junttila O, Ernstsén A, Heino P, Palva E T. Photoperiodic control of growth, cold acclimation and dormancy development in silver birch (*Betula pendula*) ecotypes. *Plant Physiology*, 2003, 117(2): 206-212.
- [15] Keskitalo J, Bergquist G, Gardeström P, Jansson S. A cellular timetable of autumn senescence. *Plant Physiology*, 2005, 139(4): 1635-1648.
- [16] Jackson S D. Plant responses to photoperiod. *New Phytologist*, 2009, 181(3): 517-531.
- [17] Collinson S T, Ellis R H, Summerfield R J, Roberts E H. Durations of the photoperiod-sensitive and photoperiod insensitive phases of development to flowering in four cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Botany*, 1992, 70(4): 339-346.
- [18] Xu Y Q, Lu P L, Yu Q. Review and prospect in the researches of influence of climate change on plant phenology. *Resources Science*, 2004, 26(1): 129-137.
- [19] Whitechurch E M, Slafer G A, Miralles D J. Variability in the duration of stem elongation in wheat genotypes and sensitivity to photoperiod and vernalization. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2007, 193(2): 131-137.
- [20] Ribeiro T L P, Da Cunha G R, Pires J L F, Pasinato A. Phenological responses of Brazilian wheat cultivars to vernalization and photoperiod. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2009, 44(11): 1383-1390.
- [21] Ren C Z, Ma B L, Burrows V, Zhou J, Hu Y G, Guo L, Wei L, Sha L, Deng L. Evaluation of early mature naked oat varieties as a summer-seeded crop in dryland northern climate regions. *Field Crops Research*, 2007, 103(3): 248-254.
- [22] Deng Z Y, Zhang Q, Pu J Y, Liu D X, Guo H, Wang Q F, Zhao H, Wang H L. The impacts of climatic warming on crop planting and production in northwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3760-3768.
- [23] Ren C Z. Study of Photothermal Treats in Different Maturity Types of Naked Oat Genotypes. Beijing: China Agricultural University, 2010.
- [24] Yu Z W. Each theory of crop cultivation (Northern China). Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [25] Wang A G, Luo G H, Shao C B, Wu S J, Guo J Y. A study on the superoxide dismutase of soybean seeds. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1983, 9(1): 77-84.
- [26] Amalo K, Chen G X, Asade K. Separate assays specific for ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase and for the chloroplastic and cytosolic isozymes of ascorbate peroxidase in plants. *Plant Cell Physiology*, 1994, 35(3): 497-504.
- [27] Li H S. The Experiment Principle and Technique for Plant Physiology and Biochemistry. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [28] Evans L T. Crop Evolution, Adaptation and Yield. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [29] Tanio M, Kato K, Ishikawa N, Tabiki T, Nishio Z, Nakamichi K, Tamura Y, Sato M, Takagi H, Matsuoka M. Effect of shuttle breeding with rapid generation advancement on heading traits of Japanese wheat. *Breeding Science*, 2006, 56(3): 311-320.
- [30] Goldringer I, Prouin C, Rousset M, Galic N, Bonnin I. Rapid differentiation of experimental populations of wheat for heading time in response to local climatic conditions. *Annals of Botany*, 2006, 98(4): 805-817.
- [31] Song X Y, Sun M. Effects of sowing time on young panicle differentiation process in wheat varieties of different ecotypes. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, 37(7): 22-25.
- [32] Qian Z G, Wu K, Tian J C, Cong X J, Sun X Y, Wang C. Influence of photoperiod on the ear differentiation of winter wheat. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2008, 36(5): 1856-1857.
- [33] Liu Z Y, Zhu F H. Studies on response of wheat cultivars to the day length. *Journal of South China Agricultural University*, 1992, 13(1): 103-109.
- [34] Liu Y P, Li J P, Lan S Q, Zhao F W, Worland A J. Effects of photoperiod insensitive gene on agronomic characteristics of winter wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2001, 16(4): 59-64.
- [35] Wang Y, Wu C X, Zhang X M, Wang Y P, Han T F. Effects of soybean major maturity genes under different photoperiods. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 34(7): 1160-1168.

参考文献:

- [1] 李朝霞, 赵世杰, 孟庆伟, 邹琦. 高粒叶比小麦群体生理基础研究进展. *麦类作物学报*, 2002, 22(4): 79-83.

- [3] 钱兆国. 冬小麦品种对不同日长反应的研究. 泰安: 山东农业大学, 2005; 43-45.
- [6] 米国华, 李文雄. 小麦幼穗分化的温光反应研究 II. 光周期反应对小麦穗分化的影响. 东北农业大学学报, 1996, 27(3): 209-218.
- [8] 刘磊, 刘世琦, 许莉, 杜洪涛, 张云起. 光周期及春化处理对洋葱蛋白质合成代谢与 POD 活性的影响. 西北农业学报, 2005, 14(6): 90-95.
- [9] 王成章, 李建华, 郭玉霞, 方丽云, 高永革. 光周期对不同秋眠型苜蓿 SOD、POD 活性的影响. 草地学报, 2007, 15(5): 407-411.
- [10] 巴特尔·巴克, 郑大玮, Herman van Keulen, Jan Verhagen, 吴富宁, 曾晓光. 一种非光敏特早熟小麦品种光温特性之初探. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1265-1269.
- [22] 邓振镛, 张强, 蒲金涌, 刘德祥, 郭慧, 王全福, 赵鸿, 王鹤龄. 气候变暖对中国西北地区农作物种植的影响. 生态学报, 2008, 28(8): 3760-3768.
- [23] 任长忠. 不同熟期裸燕麦品种光温气候特性研究. 北京: 中国农业大学, 2010.
- [24] 于振文主编. 作物栽培学各论(北方本). 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [25] 王爱国, 罗光华, 邵从本, 吴淑君, 郭俊彦. 大豆种子超氧化物歧化酶的研究. 植物生理学报, 1983, 9(1): 77-84.
- [27] 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.
- [31] 宋晓彦, 孙敏. 播期对不同生态型小麦品种幼穗分化的影响. 山西农业科学, 2009, 37(7): 22-25.
- [32] 钱兆国, 吴科, 田纪春, 丛新军, 孙宪印, 王超. 光周期对冬小麦穗分化的影响. 安徽农业科学, 2008, 36(5): 1856-1857.
- [33] 刘振宇, 朱芳华. 小麦品种对日长反应的研究. 华南农业大学学报, 1992, 13(1): 103-109.
- [34] 刘玉平, 李建平, 兰素缺, 赵风梧, 李杏普, Worland A J. 光周期迟钝基因对冬小麦农艺性状的影响. 华北农学报, 2001, 16(4): 59-64.
- [35] 王英, 吴存祥, 张学明, 王云鹏, 韩天富. 不同光周期条件下大豆生育期主基因的效应. 作物学报, 2008, 34(7): 1160-1168.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

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