

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

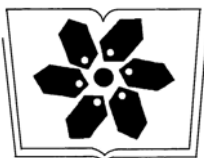
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

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 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳,李晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震,张利文,虞毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云,陈辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重,王瑜,李娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,鄧军锐,田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何飞,樊华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对贫筲湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

- 艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应…………… 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)
- 田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征…………… 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

- 光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 …………… 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)
- 棉花节水灌溉气象等级指标…………… 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

- 云南红豆杉人工林萌枝特性…………… 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)
- 赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响…………… 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

- 2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 …………… 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

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/stxb201207271067

隗 溟, 李冬霞. 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力. 生态学报, 2013, 33(22): 7098-7107.

Wei M, Li Dong X. The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7098-7107.

水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力

隗 溟*, 李冬霞

(西南大学农学与生物科技学院, 南方山地农业教育部工程研究中心, 重庆北碚 400716)

摘要: 选用两个籼稻杂交品种西农优 1 号和冈优 725, 采用人工去蘖形成分蘖初期的早发、中发、迟发 3 个处理, 在群体条件下研究分蘖和生产力的补偿能力。发现, 迟发处理高节位群的分蘖补偿能力最明显, 但绝对补偿量小。迟发处理高节位群的生长势、有效分蘖倍数增加, 抽穗期单茎叶面积有增加的趋势, 但抽穗期有效穗数、叶面积系数降低; 迟发处理冠层光分布增加, 叶绿素、蛋白质含量提高, 叶片细胞内保护酶类(超氧化物歧化酶 Superoxide dismutase, SOD; 过氧化氢酶 catalase, CAT) 活性下降慢, 叶片衰老慢, 但是漏光率增加, 截光率下降; 迟发处理净光合生产率(NAR) 增加, 同化物分配合理, 经济系数有增加的趋势, 但物质积累速度(CGR) 和干物质生产量减少。在实验条件下, 早发与中发处理的经济产量差异不显著, 但早发与迟发处理的经济产量差异达极显著。研究结果表明大苗秧对生物、非生物因素胁迫, 如本田前期一定程度的人工去蘖, 具有一定的分蘖补偿能力。

关键词: 水稻; 分蘖; 主茎节位; 补偿能力

The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice

WEI Ming*, LI Dongxia

Engineering Research Center for Agriculture for Southern Mountainous Region of Ministry of Education, College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716, China

Abstract: Two *O. indica* hybrid rice cultivars, Xinongou 1 characterized with high tiller and Gangyou 725 characterized with high yield potential, were used to investigate the compensation capacity of tillering and production of main stem nodes by artificially specific tiller removal treatment in the initial tillering stage under population condition. The tiller removal treatments included the early tiller emerge that doesn't remove any tiller, the middle tiller emerge that removes the first primary tiller, and the later tiller emerge that removes the first and second primary tillers. The result showed that the canopy light distribution is an important environment factor affecting the compensational capacity of tillering, and the tillering compensational capacity of upper node group was higher than that of middle and low node group under enough water and fertilizer. Compared with the early tiller emerge treatment, in the morphological characteristics, the later tiller emerge treatment reduced the leaf area index, improved the light intensity or quality of stem base, delayed the shade escape, and promoted the differentiation and growth of upper node tiller, increased the growth potential and effective tiller multiple in the upper node group and increased the single stem leaf area in the heading stage. However, the tiller development characteristic of upper node group reduced the effective panicles and leaf area index, so the absolute compensation capacity was low. In the ecological and physiological characteristics, the canopy light distribution, chlorophyll and protein content increased, and the activity of cell protective enzymes (superoxide dismutase, SOD; catalase, CAT) drop slowly, and the leaf senescence rate delayed, whereas the light penetration loss rate increased and the light interception rate decreased. In

基金项目: 重庆市自然科学基金次资助项目(2006BB1324)

收稿日期: 2012-07-27; 修订日期: 2013-06-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: weibeiming@sina.com

the material production and distribution, the leaf net assimilation rate (NAR) increased, assimilation allocation was reasonable, and the economic coefficient had an increasing tendency. The leaf area index reduced, the crop growth rate (CGR) decreased, dry matter accumulation significantly decreased, and the coordination between material production and distribution changed. In the present experiment condition, no significant difference of economic yield existed between the early tiller emerge treatment and the middle tiller emerge treatment, but extremely significant difference of economic yield existed between the early tiller emerge treatment and the later tiller emerge treatment. The present study indicated that the big seedlings have some extent compensation ability of tillering for the biotic and abiotic stress like the artificially specific tiller removal in the initial tillering stage, and the compensation ability exhibited in increasing the growth potential in the tillering stage, increasing the single stem leaf area and canopy light distribution in the heading stage, and delaying the last leaf senescence rate and increasing the NAR and economic coefficient in the mature stage.

Key Words: rice; tillering; main stem nodes; compensational capacity

由于全球的温室效应和环境恶化,使得农业上自然灾害频繁发生,严重威胁作物生产的稳定和发展,研究作物对逆境响应的机制和应对逆境的调控技术已是作物栽培学研究的一个重要任务^[1]。而目前国内外代表性的栽培法,如松岛省山“理想株型”、“稀、少、平”、“三稳一高”栽培方法和“叶龄模式”和“群体质量”栽培方法都是利用早发的低中节位分蘖^[2-4],只注重了在顺境下低中分蘖节位的利用,而对逆境下分蘖是个体、群体发育的缓冲者^[5],对稳定产量起到重要调节的分蘖补偿现象注意不够。Biswas 等^[6]在泰国热带气候下用光周期敏感和迟钝的 2 个水稻品种进行了移栽后 30 d 人工去蘖强度对经济产量影响的研究,结果表明,每穴去掉 1—4 个分蘖对去分蘖稻田的经济产量没有影响,但去掉 6 或 8 个分蘖经济产量降低 20%—27%,Roy 等^[7]在孟加拉也有类似报道,为洪水泛滥区的灾后稻作恢复提供了依据;国内外已有的相关研究报道^[8-12]但多侧重从产量和产量构成因素方面,对大田群体条件下的分蘖补偿形式、机制内容较少涉及,本文将大田群体条件下分蘖补偿的研究报道如下,期望为水稻抗逆境栽培和灾后稻作恢复提供理论指导。

1 材料与方法

选用分蘖力、生产能力不同的两个杂交籼稻品种西农优 1 号和冈优 725,2005—2008 年在重庆北碚西南大学农场进行试验,前作冬闲。2005 年密度预备试验,确定两者的适宜密度。2006 年进行早、中、迟发试验,2007 年用西农优 1 号、2008 年冈优 725 进行验证试验。3 月上旬播种,薄膜湿润育秧,播种量 15kg/667m²,6.2 叶移栽,平均单株分蘖 2—3 个,西农优 1 号和冈优 725 秧田分蘖分别是 1/0、2/0 节位和 2/0、3/0 节位;移植密度分别为 20 cm×27.7cm(即 1.2 万穴/667m²)和 16.1 cm×27.7cm(即 1.5 万穴/667m²),1 株/穴,每小区面积 13.4 m²;试验 3 个处理,早发处理是按习惯栽培方式,移栽后促进大田分蘖正常产生;中发处理是通过人工剔除的方法,去除移栽后主茎产生的第 1 个节位上的一次分蘖,即西农优 1 号和冈优 725 分别去除 3/0、4/0 节位分蘖,其余分蘖促进正常产生;晚发处理是通过人工剔除的方法,去除移栽后主茎产生的第 1 个节位和第 2 个节位上的一次分蘖,即西农优 1 号和冈优 725 分别去除 3/0、4/0 节位分蘖和 4/0、5/0 节位分蘖,其余分蘖促进正常产生;试验分品种采用完全随机区组设计,3 次重复,每品种 9 个小区,两个品种共 18 个小区;该试验采用较高水平施氮量,纯氮 14kg/667m²,基肥:分蘖肥:穗肥为 4:4:2,不晒田,形成足肥足水条件,其余管理同一般大田。

从插秧直到最高分蘖期后 10 d,在此时间内每 8—10 d,用不同颜色细电缆线挂牌标记不同节位分蘖,定点定株调查各节位分蘖数的消长变化,每处理共定点定株 25 株,为避免连续调查引起的植伤,每次调查 20 株,抽穗、成熟后分节位考种并实测产量。叶面积用 LI-3000A 便携式叶面积仪测定,抽穗期分节位测定单茎上三叶面积;成熟期分节位测定单茎生物量和单茎粒重,再与各节有效穗数进行加权平均数计算,为平均单茎叶面积、平均单茎生物量和平均单茎粒重。

为了便于比较分蘖节位的补偿能力和减少抽样误差,定义:

某主茎节位生长势 = 20 株该节位最高苗数总和/20 株该节位一次分蘖出现数总和

有效分蘖倍数 = 20 株该节位有效穗数总和/20 株该节位一次分蘖出现数总和

分蘖出生率 = 20 株该节位一次分蘖出现数总和/20

抽穗期截光率% = $(1 - \frac{\text{冠层上 } 30\text{cm 处反射光强} + \text{冠层内离地面 } 20\text{cm 透射光强}}{\text{自然光强}}) \times 100$

反射率% = 冠层上 30 cm 反射光强/自然光强 $\times 100$

漏光率(或透光率)% = 冠层内离地面 20 cm 透射光强/自然光强 $\times 100$

用 AccuPAR model LD-80 冠层分析仪测定光合有效辐射(Photosynthetically active radiation, PAR)

冠层光分布(%) = 冠层内各高度层透光率(%)的平均数

选择在晴朗天气 12:00—13:00 测定,高度层为离地面 20、40、60、80、100、110cm,每层 5 点以上,同时测定自然光强。

超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量的检测由南京建成生物工程研究所提供相关试剂盒;叶绿素和可溶性蛋白质含量的测定(考马斯亮蓝)^[13]方法测定。

2 结果

2.1 与分蘖补偿有关的形态特点

2.1.1 节位生长势的比较

在表 1 能看到分蘖节位的补偿能力,与早发处理相比较,中、迟发处理的 1/0、2/0 秧田分蘖节位 4/0、5/0、6/0 中节位群的补偿能力不明显,而 7/0、8/0、9/0 高节位群的生长势较强,分蘖出生率和有效分蘖倍数较高,如西农优 1 号 3 个处理的 8/0 节位比较,早、中、迟发处理的生长势和有效分蘖倍数分别是 1.2、1.3、1.4 和 0.7、0.8、0.9,甚至迟发处理 10/0 节位还出现有效分蘖,分蘖出生率的差异也比较明显;在表 2 冈优 725 也

表 1 西农优 1 号主茎节位分蘖变化趋势(20 株)

Table 1 The tendency of tillers on the main stem node of Xinong you 1 (20 plants)

处理 Treatment	节位 Main stem node										合计 Total
	1/0	2/0	3/0	4/0	5/0	6/0	7/0	8/0	9/0	10/0	
早发 EE											
7d	10(1)*	16*(1)									
15d	16(1.6)	26(1.6)	10(1)	14(1)	20(1)						
23d	24(2.4)	42(2.6)	20(2.0)	26(1.9)	32(1.6)	20(1)	20(1.0)				
31d	52(5.2)	78(4.9)	42(4.2)	52(3.7)	70(3.5)	50(2.5)	34(1.7)	15(1)	12(1.0)		
40d	48(4.8)	60(3.8)	42(4.2)	48(3.4)	68(3.4)	44(2.2)	25(1.3)	18(1.2)	12(1.0)		
成熟 Mature	44(4.4)	54(3.4)	20(2.0)	28(2.0)	42(2.1)	38(1.9)	22(1.1)	10(0.7)	5(0.4)		263aA**
中发 ME											
7d	11(1)	15(1)									
15d	16(1.5)	23(1.5)		15(1)	20(1)						
23d	23(2.1)	44(2.9)		28(1.9)	26(2.3)	20(1)	20(1)				
31d	53(4.5)	75(5.0)		48(3.2)	73(3.7)	48(2.4)	36(1.8)	16(1)	14(1)		
40d	47(4.3)	72(4.8)		46(3.0)	62(3.1)	49(2.5)	30(1.5)	20(1.3)	16(1.2)		
成熟 Mature	44(4.0)	56(3.7)		28(1.9)	41(2.2)	38(1.9)	26(1.3)	12(0.8)	7(0.5)		252aAB
晚发 LE											
7d	10(1)	16(1)									
15d	14(1.4)	25(1.6)			20(1)						
23d	27(2.7)	48(3.0)			30(1.5)	20(1)	20(1)				
31d	56(5.6)	78(4.9)			71(3.6)	45(2.3)	38(1.9)	20(1)	18(1)		
40d	52(5.2)	71(4.4)			68(3.4)	50(2.5)	34(1.7)	28(1.4)	20(1.1)	8(1)	
成熟 Mature	45(4.5)	53(3.3)			42(2.1)	37(1.8)	28(1.4)	18(0.9)	11(0.6)	3(0.4)	237bB

EE: The early tiller emerge treatment; ME: The middle tiller emerge treatment; LE: The later tiller emerge treatment

* 括号外的数值是 20 株该节位的分蘖总数;括号内的数值是 20 株该节位的分蘖总数与最初分蘖总数的比值,括号内的最大数值是生长势,成熟期的数值是有效分蘖倍数; ** 小写字母表示显著性差异($P < 0.05$),大写字母表示极显著性差异($P < 0.01$)

有类似的趋势,8/0 节位比较,早、中、迟发处理的生长势和有效分蘖倍数分别是 1.2、1.3、1.5 和 1.0、1.4、1.7。但高节位群生长势和有效分蘖倍数的数值低,绝对补偿量少,如西农优 1 号在损失了 3/0 和 3/0、4/0 节位的有效穗数后绝对补偿量不足,导致在成熟期有效穗数不足,早、中、迟发 3 处理 20 株合计分别是 263、252、237,早、中发与迟发处理间达到显著性差异,表 2 冈优 725 也有类似的趋势。

表 2 冈优 725 主茎节位分蘖变化趋势(20 株)

Table 2 The tendency of tillers on the main stem node of Gangyou-725 (20 plants)

处理 Treatment	节位 Main stem node									合计 Total
	2/0	3/0	4/0	5/0	6/0	7/0	8/0	9/0	10/0	
早发 EE										
7d	17(1)	12(1)								
15d	22(1.3)	17(1.4)	8(1)	12(1)	18(1)					
23d	38(2.2)	27(2.3)	12(1.5)	15(1.3)	20(1.1)	20(1)				
31d	78(4.6)	50(4.2)	28(3.5)	36(3.0)	50(2.8)	30(1.5)	18(1)	15(1)		
40d	70(4.1)	53(4.4)	20(2.5)	27(2.3)	53(2.9)	36(1.8)	22(1.2)	15(1)		
成熟 Mature	61(3.6)	39(3.3)	14(1.8)	16(1.3)	29(1.6)	20(1)	10(0.5)	5(0.3)		194aA
中发 ME										
7d	16(1)	12(1)								
15d	24(1.5)	18(1.5)		10(1)	17(1)					
23d	35(2.2)	35(2.9)		13(1.3)	21(1.2)	20(1)				
31d	73(4.6)	58(4.8)		28(2.8)	42(2.5)	30(1.5)	20(1.0)	15(1)		
40d	64(4.0)	51(4.3)		15(1.5)	52(3.1)	40(2.0)	26(1.3)	17(1.1)	8(1)	
成熟 Mature	60(3.8)	38(3.2)		16(1.6)	30(1.8)	24(1.2)	14(0.7)	5(0.3)	3(0.4)	190abA
晚发 LE										
7d	16(1)	11(1)								
15d	22(1.4)	20(1.8)			15(1)					
23d	37(2.3)	37(3.3)			19(1.3)	20(1)	20(1)			
31d	76(4.8)	52(4.7)			42(2.8)	30(1.5)	26(1.3)	15(1)		
40d	69(4.3)	50(4.5)			50(3.3)	45(2.3)	30(1.5)	16(1.1)	11(1)	
成熟 Mature	61(3.8)	34(3.1)			30(2.0)	26(1.3)	17(0.9)	9(0.6)	4(0.4)	180bA

2.1.2 抽穗期节位叶面积比较

表 3 测定了抽穗期单茎叶面积(上三叶面积)、成熟期单茎生物产量和单茎粒重,分蘖节位的补偿能力在 3 项指标中主要反映在 7、8、9 高节位群,在高节位群中、迟发处理的 3 项指标有高于早发处理的趋势,其余节位群不明显。统计分析表明两品种抽穗期单茎叶面积与后二项指标有显著或极显著的线性正相关,抽穗期单茎叶面积大小是节位补偿能力重要的形态生理指标,这与作者在个体条件下的研究结果是一致的^[12]。虽然 3 项指标的个体平均值高于早发处理,但抽穗期叶面积系数、成熟期干重和经济产量 3 项指标的群体指标,仍然以早发处理最高。

2.2 与分蘖补偿有关的生态生理特点

2.2.1 冠层光分布和截光率

图 1 和表 4 表明,两个品种抽穗期群体反射率(%)3 个处理间差异不大(5.25—6.02),抽穗期截光率(%)主要与漏光率(%)有关,冠层光分布(%)与冠层中、下部透光率(%)和漏光率(%)有关,在抽穗期较高叶面积系数(6.49—8.25)时截光率与冠层光分布有一定的矛盾性,截光率高,漏光率低则冠层光分布低。抽穗期西农优 1 号 3 个处理抽穗期截光率(%)有较大差异,虽然早发与中发处理间差异不显著,但迟发处理仅有 85.4 与早发处理 91.4 达到差异显著性水平,而截光率(%)与群体物质生产率(CGR)呈线性正相关^[14],导致

表 3 抽穗期节位叶面积(上三叶面积)、成熟期单茎生物产量和单茎粒重比较

Table 3 Compared with Single stem leaf area (the uppermost three leaf area) in the heading stage, Single stem biomass and Single stem grain weight in the mature stage

处理 Treatmen	节位 Main stem node										平均 Average	
	main stem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
西农优 1 Xinong you -1												
单茎叶面积 SSLA */cm ²												
早发 EE	205.5	191.1	179	185	184.6	192.6	200.8	206	190.2	179.7		190.9a
中发 EM	210.2	188.4	186.9		190.1	193.8	203.2	209.3	194.6	187.4		194.6a
迟发 EL	196.7	195.8	190.5			193.5	199.2	212.8	202.9	197.4		195.6a
单茎生物产量 SSB/g												
早发 EE	7.4	6.5	5.4	6.3	5.7	6.2	6.7	6.5	6.2	5		6.1a
中发 EM	7.6	6.3	5.8		5.9	6.3	6.8	6.6	6.2	5.5		6.3a
迟发 EL	6.9	6.6	6			6.3	6.7	6.8	6.3	5.7		6.3a
单茎粒重 SSGW/g												
早发 EE	4.2	3.7	3	3.4	3.2	3.5	3.9	3.9	3.6	2.8		3.5a
中发 EM	4.3	3.6	3.2		3.3	3.5	4	3.8	3.7	3.1		3.5a
迟发 EL	4.2	3.7	3.4			3.4	4.0	3.9	3.8	3.3		3.6a
冈优 725 Gangyou725												
单茎叶面积 * SSLA/cm ²												
早发 EE	226.6		186.9	187.6	180.1	171.1	206.7	218.8	182.2	181.7		192.3a
中发 EM	235.2		189	192.8		179	199.6	222.2	194.2	184.6		193.3a
迟发 EL	230.4		193.5	188.5			207.7	219.4	199.1	192.7	167.6	199.9a
单茎生物产量 SSB/g												
早发 EE	10.7		7.3	8.6	7.9	8	9.7	9.3	6.7	6.1		8.2a
中发 EM	11.8		7.4	8.9		8.4	9.5	9.8	7.1	6.4		8.3a
迟发 EL	11.9		7.3	8.7			9.9	9.5	7.3	6.7	4.1	8.3a
单茎粒重 SSGW/g												
早发 EE	5.3		3.5	3.7	3.3	3.4	4.8	4.8	3.3	2.4		3.8a
中发 EM	5.6		3.6	3.7		3.6	4.8	5.1	3.4	2.5		3.9a
迟发 EL	5.6		3.5	3.6			4.9	5.2	3.5	2.9	2.2	3.9a

SSLA:Single stem leaf area;SSB:Single stem biomass;SSGW:Single stem grain weight

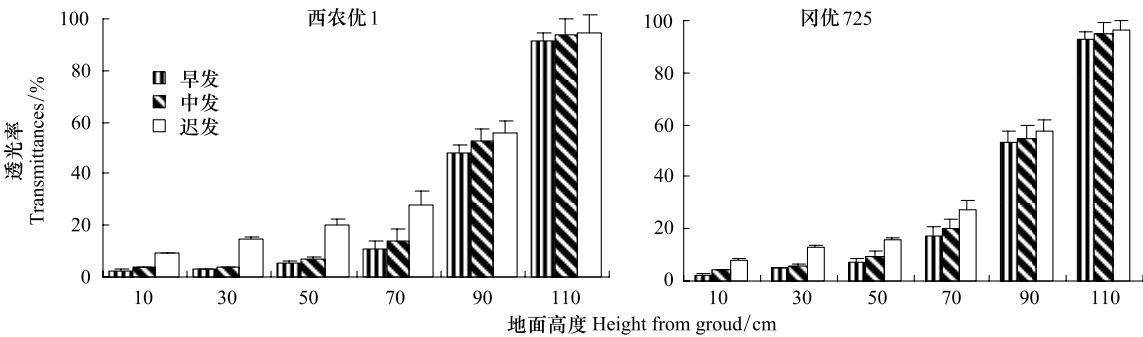


图 1 西农优 1 和冈优 725 的透光率

Fig.1 Transmittances of Xinongyou 1 and Guangyou 725

抽穗至成熟期 CGR 值迟发处理明显低于早发处理,差异达显著性水平(表 5);冠层光分布也有较大差异,虽然早发和中处理间差异不显著,但早发与迟发处理差异达到极显著性水平,而冠层光分布(相当于冠层平均

光强)与净光合生产率(NAR)有关^[15],使迟发处理抽穗至成熟期净光合生产率有高于早发的趋势,但未达显著性水平(表 5);形成以上原因主要与迟发处理的绝对补偿量少,有效穗、叶面积系数显著低于早发处理有关,见表 5,冈优 725 有大致相同的趋势。

表 4 抽穗期冠层光环境比较

Table 4 Compared with canopy light environment in the heading stage

处理 Treatment	截光率/% Interception rate	光分布/% canopy light distribution	反射率/% Reflect rate	漏光率/% Penetration loss rate
西农优 1 Xinong you - 1				
早发 EE	91.4 aA	28.5 bB	5.9a	2.6 bB
中发 EM	90.7 abA	30.2 abAB	5.6a	3.7 bAB
迟发 EL	85.4 bA	37.1aA	5.4a	9.2 aA
冈优 725 Gangyou- 725				
早发 EE	91.5aA	29.6 bB	6.0a	2.5 a
中发 EM	90.2 abA	31.6 bAB	5.8 a	4.0 a
迟发 EL	87.4 bA	36.4 aA	5.3 a	7.4 a

2.2.2 叶绿素和蛋白质含量的变化

由图 2 可见,在 3 个处理中,叶片叶绿素含量和蛋白质含量在开花至成熟有迟发处理>中发>早发处理的趋势,而早发处理下降速度更快;数据分析表明,开花期至乳熟末期(开花后 21 d)蛋白质含量下降快于叶绿素含量,早、中、迟发处理蛋白质含量分别是开花期的 62.9%、63.6%和 74.3%,而叶绿素含量分别是开花期的 82.1%、89.2%和 93.6%,水稻剑叶叶绿素含量和蛋白质含量的下降是衡量水稻叶片衰老的可靠指标^[16-17];这种趋势在早、中发处理与迟发处理间最明显。

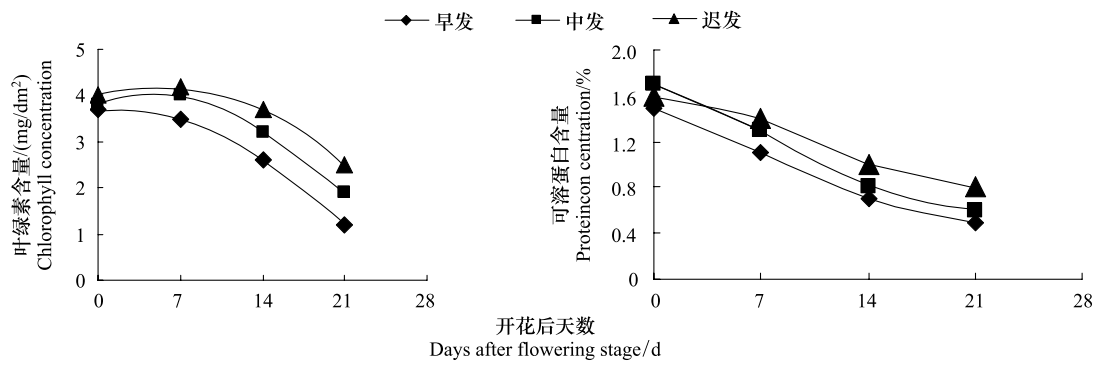


图 2 西农优 1 开花至成熟叶绿素和可溶性蛋白质含量的变化

Fig.2 Change the concentration of chlorophyll and protein for the top leaf of xiong you1 from flower ing to maturation

2.2.3 叶片保护酶活性的变化

在植物对膜脂过氧化酶类的防御体系中超氧化物歧化酶和过氧化氢酶等是重要的保护酶,图 3 中,开花后都呈现下降的趋势,早发处理下降速度更快,膜脂过氧产物丙二醛上升也快,叶片细胞内保护酶类活性降低使活性氧代谢失调,是导致叶片加速衰老的重要原因之一,这种趋势在早、中发处理与迟发处理间最明显,这可能与迟发处理叶面积系数和截光率较低,冠层光分布值高或光质较好,气体交换较好,光合功能强有关^[18]。

2.3 经济产量直接形成期净光合生产率(NAR)、干物质生产率(CGR)和分配特点

不同处理形成的生态学对策和生理学响应,在物质生产和分配上体现出来,如表 5,西农优 1 号迟发处理冠层光分布值和叶绿素含量较高,在抽穗至成熟的经济产量直接形成期 NAR 较高达 4.07,但抽穗 LAI 和截光率低,导致干物质生产率(CGR)低,干物质生产量少仅有 364.6,最终经济产量不高,补偿作用除 NAR 高外,同化物的分配方向也更为合理,经济系数有增高的趋势(处理间差异不显著),抽穗至成熟干物质生产量占成熟

表 5 物质生产、分配和产量因素特点

Table 5 Characteristic of dry matter production, partitioning and yield component

处理 Treatment	有效穗/ ($\times 10^4/667\text{m}^2$) Effect panicle	着粒数 Spikelets per panicle	结实率/% Filling rate	千粒重/g 1000-grain weight	经济系数 Harvest index	经济产量/ ($\text{kg}/667\text{m}^2$) Grain yield	抽穗		成熟		抽穗至成熟					
							Heading stage		Maturing stage		Heading to maturing stage					
							叶面积系数 LAH 1	干重/ ($\text{kg}/667\text{m}^2$) BH 2	叶面积系数 LAIM 3	干重/ ($\text{kg}/667\text{m}^2$) BM 4	干重/ ($\text{kg}/667\text{m}^2$) DMAHM 5 (4-2)	干重/成 熟干重 DMAHM/ BM (5/4)	光合生产率/ ($\text{g m}^{-2}\text{d}^{-1}$) NARHA	物质生产率/ ($\text{g m}^{-2}\text{d}^{-1}$) CGRHA		
西农优 1 Xinong you-1																
早发 EE	16.0 a A	163.4 b B	74.2a	25.5a	0.512a	592.3a A	8.25aA	786.8aA	2.57a	1192.2aA	405.3aA	0.34a	3.74a	20.25aA		
中发 ME	15.5 ab A	166.3abAB	73.4a	26.0a	0.528a	578.1a AB	7.84abA	694.8bAB	2.23a	1069.1bAB	374.2abAB	0.35a	3.81a	19.23abA		
晚发 LE	14.1 b A	179.7 a A	73.4a	25.6a	0.532a	510.5 bB	6.89bA	620.7cB	2.05a	985.3bB	364.6bB	0.37a	4.07a	18.21bA		
冈优 725 Gang you-725																
早发 EE	15.0 a A	168.7 b A	74.5 a	27.1 a	0.483a	612.2 a A	8.05aA	813.1aA	2.08a	1250.8aA	437.8aA	0.35bA	4.32a	21.88a		
中发 ME	14.1 b AB	179.5ab A	74.2 a	27.6 a	0.501a	592.5a AB	7.24abA	724.1bA	2.16a	1149.4aA	425.2abA	0.37abA	4.51a	21.25a		
晚发 LE	13.1c B	186.1 a A	74.4 a	27.3 a	0.518a	530.6 b B	6.49bA	605.9cB	2.18a	1009.9bB	403.9bA	0.40aA	4.66a	20.19a		
LAH: LAI of heading stage; BH: Biomass of heading stage; LAIM: LAI of maturing stage; BM: Biomass of maturing stage; DMAHM: Dry matter accumulate from heading to maturing stage; NARHA: Net assimilation rate from heading to maturing stage; CGRHA: crop growth rate from heading to maturing stage																

LAIH: LAI of heading stage; BH: Biomass of heading stage; LAIM: LAI of maturing stage; DMAHM: Dry matter accumulate from heading to maturing stage; NARHA: Net assimilation rate from heading to maturing stage; CGRHA: crop growth rate from heading to maturing stage

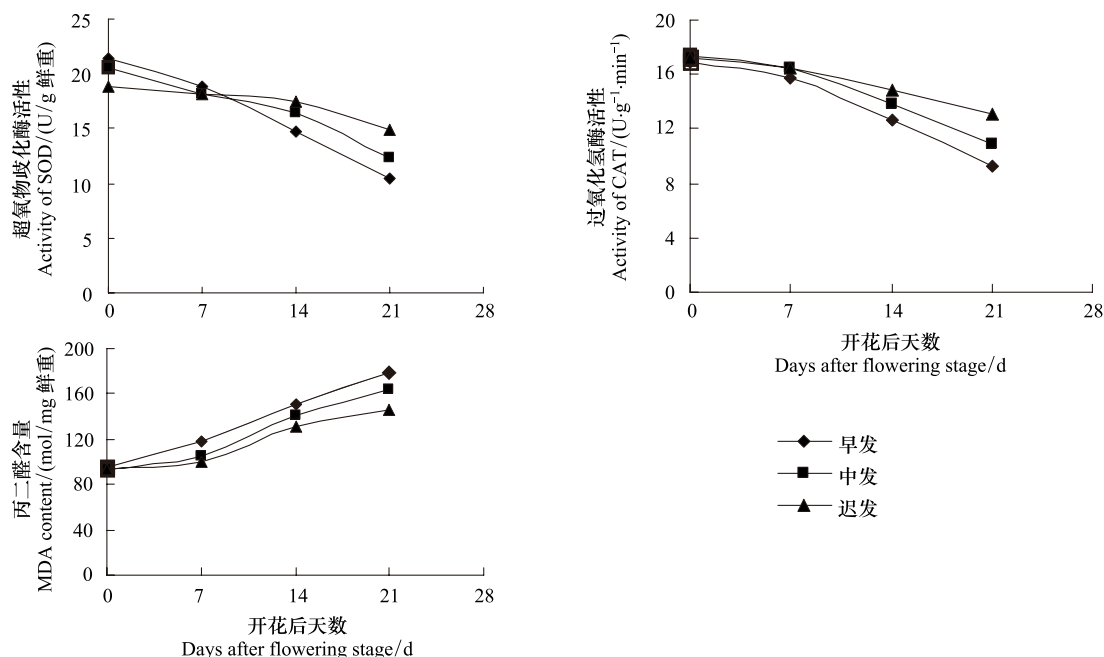


图3 西农优1号开花至成熟功能叶超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性和丙二醛含量的变化

Fig.3 Change the activity of SOD, CAT and content of MDA for the top leaf of xiong you1 from flowering to maturation

干物重达到0.37(37%);早发处理虽然NAR较低、抽穗至成熟干物质生产量占成熟干物重低仅有0.34,但抽穗LAI和截光率高,干物质生产率高(CGR)、干物质生产量达405.3,最终经济产量早发与迟发处理比较达极显著的差异,冈优725有大致相同的趋势。

3 讨论

3.1 分蘖产生和补偿的光环境

Michael 和 Simmons^[19]利用绿色叶片选择性吸收红光(R)和透射或反射远红光(FR),使植物冠层内R/FR减小的特点,巧妙设计了大田条件下利用邻体植株阴蔽使春大麦接受光谱改变(R/FR)从而对分蘖的调节试验,小区等行距五行区,中间行为处理行,其余四行是边行,比处理行早播,通过剪叶边行高度始终保持在20cm,对处理行只形成茎基部(分蘖芽萌发和幼小分蘖生长的部位)的R/FR变小,而冠层的光强(PAR)、气温和土温不变;试验结果表明,出苗至整个分蘖期结束(出苗后1—40d)R/FR的减少能明显改变分蘖方式,在出苗后天数(DAE)的不同阴蔽时间试验中,1—20 DAE阴蔽处理当减除阴蔽后使处理行R/FR增高,与1—40 DAE阴蔽处理比较,21—38 d的高节位具有更高的分蘖增加速度(相对分蘖率,RTR),差异达到显著水平,甚至比一直无边行阴蔽处理(对照)的还高(差异未达到显著水平),说明春大麦20 d后对R/FR改变仍然保持分蘖的调节能力,对1—20 DAE中损失的分蘖有补偿甚至超补偿的能力,这种形态学补偿方式与作者以前^[11-12]和目前的研究结果是一致的,但以上研究都没有涉及分蘖停止发生的LAI和光照条件的阈值。Zhong等^[20]大田条件下通过不同年份、密度、苗数/穴研究了不同N素施用量下水稻分蘖停止发生的临界叶面积系数(LA_{lc}),在足量N素下(180 kg/hm²)LA_{lc}为3.36—4.11,在无氮下LA_{lc}降至0.98,建立了一定施N量下RTR随LAI增加呈指数函数下降的方程式,N素水平和LAI是影响LA_{lc}的两个主要因素,N肥→分蘖→LAI→茎基部光强或光质→反馈调节分蘖方式。Evers等^[21]在春小麦3种密度和两种光照条件下,对群体内光照条件进行的研究表明,分蘖停止发生的阈值是群体截光率超过0.40—0.45,R/FR小于0.35—0.4。本试验条件下处理间比较,特别是迟发处理与早发处理比较,人工去除大田初发的两个一次分蘖也相当于去除其上的所有二次分蘖(表1,表2),分蘖期LAI较低,茎基部光强或光质得到改善(图1,表5抽穗期光强和LAI),这可能是高节位群分蘖形态学补偿的主要原因,早发处理低、中节位分蘖多LAI大,群体内阴蔽环境形成早,不

利于高节位群分蘖产生,而迟发处理群体内阴蔽环境形成较迟,有利于高节位群分蘖产生,形成分蘖补偿。Casal 等, Ballare 等^[22-23]提出光竞争的提前警告假说(the early warning hypothesis for light competition),邻株叶片选择性反射 FR,使冠层内光环境的 R/FR 降低,植株光敏色素“感知”R/FR 降低的信号,为避免即将到来的光竞争使冠层内 PAR 下降,而提前改变物质分配方向调整生长方式,如,被子植物顶端优势增强(即,分蘖或分枝减少),节间和叶柄伸长速度加快,叶片厚度减少,有学者将此称为避阴反应(shade escape)^[24]。

3.2 分蘖补偿的物质生产特点和发育特点

村田吉男^[15]在国际生物科学研究计划中指出,水稻的 NAR 与群体内平均光强和叶片含氮率的成正相关,群体内平均光强与太阳辐射和叶片倾角成正相关,与叶面积系数成负相关,本试验冠层光分布是对冠层内平均光强大小的度量,是叶面积系数大小、消光系数、株行距的综合,两个品种迟发处理抽穗期叶面积系数和截光率较低,冠层光分布值高、中下部叶片光照条件改善,光合同化能力增强,有利于根系活力的维持和细胞激动素的合成,细胞激动素可以促进 RNA、蛋白质、叶绿素的合成,并抑制 mRNA、蛋白质和酶的分解,延缓叶片衰老,叶片细胞内保护酶类活性下降慢,叶绿素、蛋白质含量高,光合功能强^[16-18],可能是经济产量直接形成期 NAR 增加,同化物的分配方向更为合理的主要生态生理学原因。但单位土地面积群体物质生产率(CGR, $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) = $\text{NAR} \times \text{LAI}$,较高的 CGR 是 NAR、LAI 协调发展的结果,迟发处理低节位分蘖损失而高节位补偿,由水稻的发育理论,高节位的分蘖具有个体年龄是幼龄而阶段发育是老龄的特点^[25],生长速度快,生育转换早,分蘖出现至抽穗的天数变短,整个生育期短,即形成多穗、增加叶面积和生物产量的能力较差,这是高节位的分蘖绝对补偿量不足的发育学原因,所以,导致迟发处理抽穗期叶面积系数较低,截光率下降,抽穗至成熟 CGR 低,物质生产量少,经济产量下降,在本试验条件下两个品种漏光率 2.6%—4.0%,反射率 5.6%—6.0%,截光率 90.2%—91.4%,冠层光分布 28.5%—31.6%时,物质生产各性状和分配比较协调,早发和中发处理经济产量差异不显著,说明对补偿机会限制较严的大苗移栽时,中发处理仍然具有一定的补偿能力,而迟发处理损失主茎在大田产生的第 1 和第 2 个节位上的一次分蘖后,补偿能力不足,与早发处理经济产量达到极显著的差异。小苗移栽甚至大田直接播种条件下,可供补偿调节的分蘖节位较多时,物质生产和分配间的协调平衡,还需要进一步的研究。

References:

- [1] Yang J C. On crop cultivation some reflections about the future. Science and Technology Innovation Herald, 2008, (1): 154-155.
- [2] Jiang P Y, Yao C X, Ren Z L. A Study on high-yield technique of thinner sowing and planting with fewer seedlings in rice. Acta Agronomica Sinica, 1981, (4): 241-248.
- [3] Jiang P Y, Feng L D, Shi J L, Hong X F. Study of yield increasing effect and mechanism of a new culture technique “three high and one steady” on different types of rice. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 1992, (2): 5-7.
- [4] Ling Q H, Cai J Z, Su Z F, Zhang H C. New theory of rice culture, Leaf-Age-Model culture. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 1983, (12): 1-3.
- [5] Yin H Z, Lei H C, Wang T D. Proceedings of Study on Population of Rice and Wheat. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1961.
- [6] Biswas P K, Salokh V M. Effects of planting date, intensity of tiller separation and plant density on the yield of transplanted rice. The Journal of Agricultural Science, 2001, 137(3): 279-287.
- [7] Roy S K, Biswas P K, Quasom A. Effect of tiller removal and replanted tillers on the yield of the main and subsequent rice crop. Bangladesh Journal of Agriculture, 1990, 15: 11-18.
- [8] Liao S Y. A preliminary study on the compensation of the tillering and yield loss of rice by using simulated dead heart techniques. Journal of Southwest Agricultural University, 1985, (1): 55-62.
- [9] Luo S F. Studies on the compensation of rice to the Larval damage caused by the Asian Rice Borer. Scientia Agricultura Sinica, 1987, 20(2): 67-72.
- [10] Zhou H L. Studies on medium-position earing and high yielding of rice. Journal of Agricultural University of Hebei, 1994, 17(4): 48-53.
- [11] Li D X, Wei M, Liao X Q. Effects of tillering position and tiller number on economic yield of paddy rice. Journal of Southwest Agricultural University, 2006, (3): 366-372.

- [12] Wei M, Liao X Q, Li D X, Liao H L. Comparison of tillering productivity among nodes along the main stem of rice. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2012, 36(4): 324-332.
- [13] Zhang Z L. *Plant Physiology Experiment Guidance*. 3rd ed. Beijing: Advanced Education Press, 2003.
- [14] Loomis R S, Connor D J. *Crop Ecology*. Translated by Li Y M. Beijing: Agriculture Press, 2002: 29-53.
- [15] Murada Y. *Crop Productivity and Solar Energy Utilization in Various Climates in Japan*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1975.
- [16] Lu D Z, Pan Y C, Ma Y F, Lin Z D, Bao W Q, Jing Y M, You S P. Physiological and biochemical studies on leaf senescence at heading and grain formation stage in hybrid rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 1988, 21(3): 21-26.
- [17] Duan J, Liang C Y, Huang Y W. Studies on leaf senescence of hybrid rice at flowering and grain formation stage. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 1997, 23(2): 139-144.
- [18] Rousseaux M C, Hall A J, Sánchez R A. Far-red enrichment and photosynthetically active radiation level influence leaf senescence in field-grown sunflower. *Physiologia Plantarum*, 1996, 96(2): 217-224.
- [19] Michael H D, Simmons R S. Tillering response of barley to shifts in light quality caused by neighboring plants. *Corp Science*, 1994, 34(6): 1604-1610.
- [20] Zhong X, Peng S, Sheehy J E, Visperas R M, Liu H. Relationship between tillering and leaf area index: quantifying critical leaf area index for tillering in rice. *The Journal of Agricultural Science*, 2002, 138(3): 269-279.
- [21] Evers J B, Vos J, Andrieu B, Struik P C. Cessation of tillering in spring wheat in relation to light interception and red: Far-red ratio. *Annals of Botany*, 2006, 97(4): 649-658.
- [22] Casal J J, Sanchez R A, Deregibus V A. The effect of plant density on tillering: the involvement of R/FR ratio and the proportion of radiation intercepted per plant. *Environmental and Experimental Botany*, 1986, 26(4): 365-371.
- [23] Ballaré C L, Sánchez R A, Scopel A L, Casal J J, Ghersa C M. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. *Plant, Cell and Environment*, 1987, 10(7): 551-557.
- [24] Leyser O. *Mechanisms in Plant Development*. Qu L J translator. Beijing: Higher Education Press, 2006: 138-160.
- [25] Pan R Z. *Physiology of Rice*. Beijing: Science Press, 1979: 319-379.

参考文献:

- [1] 杨建昌. 对作物栽培学发展的几点思考. *科技导报*, 2008, (1): 154-155
- [2] 蒋彭炎, 姚长溪, 任正龙. 水稻稀播少本插高产技术的研究. *作物学报*, 1981, (4): 241-248.
- [3] 蒋彭炎, 冯来定, 史济林, 洪晓富. 水稻“三高一稳”栽培新技术. *农业科技通讯*, 1992, (2): 5-7.
- [4] 凌启鸿, 蔡建中, 苏祖芳, 张洪程. 水稻叶龄模式——水稻高产栽培技术新体系. *农业科技通讯*, 1983, (12): 3-5.
- [5] 殷宏章, 雷宏傲, 王天铎. 稻麦群体研究论文集. 上海: 上海科技出版社, 1961.
- [8] 廖顺源. 人工模拟水稻枯心测定水稻分蘖和产量损失补偿能力的研究. *西南农学院学报*, 1985, (1): 55-62.
- [9] 罗盛富. 水稻对二化螟危害补偿作用的研究. *中国农业科学*, 1987, 20(2): 67-72.
- [10] 周汉良. 水稻中位蘖成穗与高产利用研究. *河北农业大学学报*, 1994, 17(4): 48-53.
- [11] 李冬霞, 隗溟, 廖学群. 水稻不同节位和数量分蘖对经济产量的作用. *西南农业大学学报: 自然科学版*, 2006, (3): 366-372.
- [12] 隗溟, 廖学群, 李冬霞, 段海龙. 水稻分蘖节位生产力比较. *植物生态学报*, 2012, 36(4): 324-332.
- [13] 张志良. *植物生理学实验指导* (第三版). 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [16] 陆定志, 潘定才, 马跃芳, 林宗达, 鲍为群, 金逸民, 游树鹏. 杂交水稻抽穗结实期间叶片衰老的生理生化研究. *中国农业科学*, 1988, 21(3): 21-26.
- [17] 段俊, 梁承邳, 黄毓文. 杂交水稻开花结实期间叶片衰老. *植物生理学报*, 1997, 23(2): 139-144.
- [25] 潘瑞炽. *水稻生理*. 北京: 科学技术出版社, 1979: 319-379.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《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

本期责任副主编 杨志峰

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 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元