

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

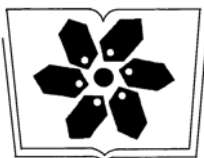
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第5期 Vol.34 No.5 **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 5 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 干旱指标研究进展..... 李柏贞,周广胜 (1043)
- 气候变化对作物矿质元素利用率影响研究进展..... 李堃清,吴正云,张强,等 (1053)
- 森林生态系统中植食性昆虫与寄主的互作机制、假说与证据..... 曾凡勇,孙志强 (1061)
- 线虫区系分析指示土壤食物网结构和功能研究进展..... 陈云峰,韩雪梅,李钰飞,等 (1072)
- 中国省际水足迹强度收敛的空间计量分析..... 赵良仕,孙才志,郑德凤 (1085)
- 高原河谷城市植被时空变化及其影响因素——以青海省西宁市为例..... 高云,谢苗苗,付梅臣,等 (1094)
- 土地利用和环境因子对表层土壤有机碳影响的尺度效应——以陕北黄土丘陵沟壑区为例.....
..... 赵明月,赵文武,钟莉娜 (1105)
- 赤子爱胜蚓和毛利远盲蚓对添加造纸污泥土壤的化学和生物学特征的影响.....
..... 陈旭飞,张池,戴军,等 (1114)

个体与基础生态

- 钾与信号抑制剂对外生菌根真菌分泌乙酸的调控作用..... 杨红军,李勇,袁玲,等 (1126)
- 砷诱导蚕豆气孔保卫细胞死亡的毒性效应..... 薛美昭,仪慧兰 (1134)
- 石油污染土壤中苯酚降解菌 ad049 的鉴定及降解特性..... 胡婷,谷洁,甄丽莎,等 (1140)
- 紫花苜蓿对铜胁迫生理响应的傅里叶变换红外光谱法研究..... 付川,余顺慧,黄怡民,等 (1149)
- 播种期对晚季稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉含量和产量的影响..... 杨晓娟,唐湘如,闻祥成,等 (1156)
- 外源钙(Ca)对毛葱耐镉(Cd)胁迫能力的影响..... 王巧玲,邹金华,刘东华,等 (1165)
- 基于植被指数的北京军都山荆条灌丛生物量反演研究..... 高明亮,官兆宁,赵文吉,等 (1178)
- 三种暖季型草坪草对二氧化硫抗性的比较..... 李西,王丽华,刘尉,等 (1189)
- 恩施烟区无翅桃蚜在烤烟田空间动态的地统计学分析..... 夏鹏亮,王瑞,王昌军,等 (1198)
- 啮齿动物捕食和搬运蒙古栎种子对种群更新的影响..... 张晶虹,刘丙万 (1205)
- 高原鼠兔有效洞穴密度对高寒草甸优势植物叶片和土壤氮磷化学计量特征的影响.....
..... 李倩倩,赵旭,郭正刚 (1212)
- 光、温限制后铜绿微囊藻和斜生栅藻的超补偿生长与竞争效应..... 谢晓玲,周蓉,邓自发 (1224)

种群、群落和生态系统

- 人工巢箱繁殖鸟类主要巢捕食者及其影响因素..... 张雷,李东来,马锐强,等 (1235)
- 泉州湾埭埔潮间带大型底栖动物群落的时空分布..... 卓异,蔡立哲,郭涛,等 (1244)

不同尺度因子对滦河流域大型底栖无脊椎动物群落的影响..... 张海萍,武大勇,王赵明,等 (1253)

呼兰河湿地夏、秋两季浮游植物功能分组演替及其驱动因子..... 陆欣鑫,刘 妍,范亚文 (1264)

江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价..... 李 佳,李言阔,缪沪君,等 (1274)

景观、区域和全球生态

中国自然保护综合地理区划..... 郭子良,崔国发 (1284)

近 10 年来蒙古高原植被覆盖变化对气候的响应 缪丽娟,蒋 冲,何 斌,等 (1295)

人类活动与气候变化对洪湖春旱的影响 刘可群,梁益同,周金莲,等 (1302)

2000—2010 年武汉市中心城区湖泊景观变化 谈永利,王宏志,张 欢,等 (1311)

资源与产业生态

三江源区冬虫夏草资源适宜性空间分布..... 李 芬,吴志丰,徐 翠,等 (1318)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说：插秧季节的桂西——2009—2011 年,我国广西、云南、贵州、四川、重庆等西南地区遭受了百年不遇的特大旱灾,其中广西西北部、云南大部、贵州西部等石漠化地区最为严重,农作物大面积绝收,千百万人 and 大牲畜饮水困难,这种危害是巨大的、现实的。从对 2009—2011 年我国西南地区旱灾程度及其对植被净初级生产力影响结果显示:2009—2011 年西南地区年均降水量和湿润指数明显低于 1980—2008 年均值,植被净初级生产力低于 2001—2008 年均值,造成的碳损失约占我国总碳汇的 7.91%。全球气候变暖给大气环流提供了动力,也造成了许多极端灾害天气,因此如何应对气候变化形势显得更加紧迫。

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/stxb201305211129

杨晓娟, 唐湘如, 闻祥成, 李艳红, 周新建. 播种期对晚季香稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉含量和产量的影响. 生态学报, 2014, 34(5): 1156-1164.

Yang X J, Tang X R, Wen X C, Li Y H, Zhou X J. Effects of sowing date on 2-acetyl-1-pyrroline content and yield of late season aromatic rice. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(5): 1156-1164.

播种期对晚季香稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉含量和产量的影响

杨晓娟^{1,2}, 唐湘如^{1,2,*}, 闻祥成^{1,2}, 李艳红^{1,2}, 周新建¹

(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 农业部华南地区作物栽培科学观测实验站, 广州 510642)

摘要: 为了确定华南双季稻区晚季香稻的适宜播种期, 在大田条件下以桂香占和农香 18 为材料, 研究了播种期对香稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉 (2-AP)、脯氨酸代谢酶活性和产量的影响。结果表明: (1) 7 月 20 日播种的香稻的 2-AP 含量最高, 2-AP 含量较高的播期其游离脯氨酸含量、籽粒脯氨酸氧化酶活性以及脯氨酸脱氢酶活性维持在较高水平。 (2) 7 月 15 日播种的桂香占和 7 月 20 日播种的农香 18 的产量最高, 产量较高的播期具有较高的收获指数、干物质积累量和群体生长率。 (3) 试验条件下晚季香稻的适宜播种期为 7 月 15 日—7 月 20 日。

关键词: 香稻; 播期; 2-乙酰-1-吡咯啉; 产量

Effects of sowing date on 2-acetyl-1-pyrroline content and yield of late season aromatic rice

YANG Xiaojuan^{1,2}, TANG Xiangru^{1,2,*}, WEN Xiangcheng^{1,2}, LI Yanhong^{1,2}, ZHOU Xinjian¹

1 College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2 Scientific Observing and Experimental Station of Crop cultivation in South China, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510642, China

Abstract: Aromatic rice, a famous rice type with high nutritional value and a distinct aroma, has been planted in South and Southeast Asian countries since ancient times. Recently, it has gained in popularity and gained a significant market share in the global rice trade resulting in higher prices and increased production in many countries. However, in China, a minimal area has been planted with aromatic rice because of its low resistance to disease, low yield and other disadvantages of the aromatic rice cultivars. As the standard of living has improved, China has begun to focus on the production of quality food, so researchers have started to pay more attention to aromatic rice and have bred some aromatic rice cultivars. However, finding ways to increase the concentration of the aroma of aromatic rice has proved challenging based on the low yield and poor quality of existing cultivars. 2-Acetyl-1-pyrroline (2-AP) is a buttered-popcorn-like aromatic compound found in both basmati and jasmine aromatic rice, and is considered a primary aromatic component of aromatic rice; this highly volatile and lipophilic compound occurs in the stems, leaves and grains of aromatic rice. L-proline is widely considered to be the nitrogen source for 2-AP and Δ -pyrroline-5-carboxylic acid (P5C) and has been proposed as one of the main precursors required for 2-AP synthesis. P5C is the common intermediate in the metabolic pathways of proline, ornithine and glutamic acid synthesis. Among these three pathways, the proline pathway is the major pathway used for the synthesis of 2-AP, in which proline to P5C is mediated by proline dehydrogenase, which is then used to synthesize 2-AP. Genetic factors play a

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31271646); 广东省自然科学基金项目 (8151064201000017); 广东省农业攻关项目 (2011A020202001); 广东省农业标准化项目 (4100F10003)

收稿日期: 2013-05-21; **修订日期:** 2013-10-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tangxr@scau.edu.cn

major role in determining the aroma content of aromatic rice, and environmental factors and cultivation practices have a substantial effect on the quality of aromatic rice. The aroma of aromatic rice can be increased using low-density cultivation techniques, shallow irrigation, low levels of nitrogen, and moderate use of trace element fertilizers containing elements such as zinc, iron and lanthanum. However, unsuitable post-harvest conditions and some plant growth regulators can reduce the 2-AP content in aromatic rice considerably. Using better packaging materials, such as vacuum packing in nylon pouches, can retard volatilization of the aromatic compounds in aromatic rice. Temperature during grain filling, ripening and storage also plays an important role in the development of the aroma of aromatic rice; lower temperature, especially at night, has positive effects on aroma formation during the grain filling and ripening stages compared with higher temperature. Additionally, 2-AP content declines over time and is significantly affected by the temperature during storage. The sowing date affects proline and 2-AP content in aromatic rice as a result of variations in light and temperature conditions. Hence, a field experiment was carried out using Guixiangzhan and Nongxiang18 cultivars to determine an appropriate sowing date for late season aromatic rice in South China's double-cropping region and to study the effects of different sowing dates on aroma (2-AP), activities of proline metabolic enzymes and yield. The results show (1) Aromatic rice sown on 20 July achieved the highest 2-AP content. Treatments having higher 2-AP content also had a higher free proline content, higher proline oxidase activities in grain and higher levels of proline dehydrogenase. (2) Guixiangzhan sown on 15 July and Nongxiang18 sown on 20 July achieved the highest grain yield, and both had a high harvest index, high levels of dry matter accumulation and rapid crop growth rates. (3) The appropriate late season sowing date for aromatic rice was between 15 July and 20 July.

Key Words: aromatic rice; sowing dates; 2-acetyl-1-pyrroline; yield

水稻产量和品质的形成除了受遗传控制外,还受气候因子、生态环境和栽培措施等外界因素的影响,气候因子中温度和光照是影响产量和品质形成的重要因子^[1]。不同播期的水稻由于生育进程不同,对温光资源的利用情况发生改变,导致产量的差异^[2-3]。姚义等研究表明推迟播种降低了水稻的每穗颖花数和结实率,导致产量的显著下降^[4]。推迟播期会使抽穗期后延,灌浆期的日平均温度和有效积温下降,影响籽粒的灌浆速度和时间,造成籽粒充实度差,空瘪粒数增加,实粒数减少和千粒重下降^[5]。沈庆雷等研究表明推迟播种会使穗粒数下降导致产量下降^[6]。也有研究表明针对不同的水稻品种,适当推迟播种期是有利的^[7]。香稻的糙米香气是香稻品质的重要指标,其主要成分是 2-乙酰-1-吡咯啉(2-acetyl-1-pyrroline,简称 2-AP)^[8-10],其形成与积累除了受遗传因素影响外,还与栽培过程中的施肥、气候条件等密切相关。各气象因子中以光温条件影响稻米香味品质显著^[11],已有研究表明成熟时期的低温有利于香稻快速形成香气化合物^[12],但不同播期对香稻香气形成的影响鲜有报道。为此,本试验以香稻桂香占和农香 18 为材料,通过分期播

种的方法,探讨不同播种期对香稻香气形成和产量的影响规律,确定晚季香稻的适宜播种期,为香稻的优质浓香栽培提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料与条件

供试水稻品种为常规香稻桂香占、农香 18。

试验于 2012 年晚季在广州华南农业大学农学院试验基地(23°09'N, 113°22'E, 海拔高度 11 m)进行,前茬作物为早稻。土壤为砂壤土,耕作层有机质含量 19.65 g/kg、全氮 0.971 g/kg、全磷 0.821 g/kg、全钾 25.504 mg/kg、碱解氮 106.55 mg/kg、速效钾 189.48 mg/kg、有效磷 31.74 mg/kg、有效硼 0.562 mg/kg,土壤 pH 值 5.44。香稻在不同播期下的气象条件见表 1。

1.2 试验设计

试验采用完全随机区组设计,分别于 7 月 15 日(07-15)、7 月 20 日(07-20)、7 月 25 日(07-25)、7 月 30 日(07-30)和 8 月 4 日(08-04)进行播种。秧田期 16 d,株行距 20 cm×20 cm,每穴 2 苗移栽。小区面积 30 m²,每个播期设置 3 个重复。

表 1 不同播期下的气象条件

Table 1 Meteorological condition at different sowing dates

品种 Cultivar	播期 Sowing date	平均最高温 Mean high temperature /℃	平均最低温 Mean temperature /℃	平均温度 Mean temperature /℃	降水量 Precipitation /mm	相对湿度 Relative humidity/%	成熟期 平均温度 Mean temperature of maturity /℃	成熟期雨日数 Rainy days of maturity /d
桂香占	07-15	31.77	22.88	26.24	389.60	79.48	23.49	1
Guixiangzhan	07-20	31.36	22.46	25.82	408.50	79.21	22.58	4
	07-25	30.68	21.84	25.21	391.40	78.40	21.87	7
	07-30	30.78	21.75	25.20	495.20	77.72	17.93	19
	08-04	30.53	21.60	25.00	495.20	77.79	17.69	19
农香 18	07-15	31.47	22.61	25.97	420.60	79.29	23.02	4
Nongxiang18	07-20	31.07	22.13	25.53	408.70	78.62	21.99	5
	07-25	30.68	21.84	25.21	391.40	78.40	21.64	7
	07-30	30.78	21.75	25.20	495.20	77.72	17.69	19
	08-04	30.53	21.60	25.00	495.20	77.79	17.23	18

1.3 测定指标及方法

1.3.1 糙米香气 (2-AP)、游离脯氨酸、脯氨酸氧化酶参考黄忠林等^[13]的方法。

1.3.2 脯氨酸脱氢酶

参考赵贵林等^[14]的方法。

1.3.3 数据处理

使用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 进行作图和数据分析。

2 结果与分析

2.1 播期对晚季香稻糙米香气的影响

图 1 表明,不同播期对香稻糙米 2-AP 含量的影响呈现出品种差异。桂香占 07-20 处理的 2-AP 含量最高,达到 51.18 ng/g,桂香占各处理下 2-AP 含量表现为 07-20>08-04>07-30>07-15>07-25。农香 18

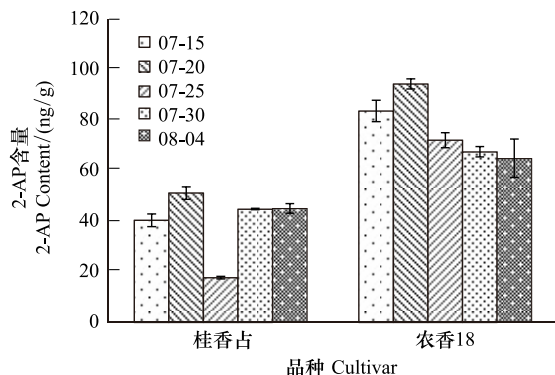


图 1 播期对糙米 2-AP 含量的影响

Fig.1 Effects of sowing dates on 2-AP content of brown rice

在 07-20 处理的 2-AP 含量最高,达到 94.33 ng/g,农香 18 各处理下 2-AP 含量表现为 07-20>07-15>07-25>07-30>08-04。

2.2 播期对晚季香稻香气形成生理特性的影响

2.2.1 播期对香稻游离脯氨酸的影响

表 2 表明,07-30 处理的桂香占最上叶游离脯氨酸含量在分蘖期、孕穗期齐穗后 20 d 高于其他处理,07-25 处理的桂香占最上叶游离脯氨酸含量在齐穗期和成熟期高于其他处理。07-30 处理的农香 18 在分蘖期、齐穗后 10 d 和齐穗后 20 d 显著高于其他处理,08-04 处理的农香 18 在孕穗期和成熟期高于其他处理。

表 3 表明,桂香占籽粒游离脯氨酸含量随生育期的推移呈先下降后上升趋势,07-30 处理齐穗后 10 d、齐穗后 20 d 高于或显著高于其他处理,08-04 处理成熟期显著高于其他处理。农香 18 07-30 处理籽粒游离脯氨酸含量随生育期的推移先下降后上升,而其余各处理则呈上升趋势,07-30 处理齐穗后 10 d 显著高于其他处理,齐穗后 20 d 和成熟期各处理之间差异不显著。

2.2.2 播期对香稻脯氨酸氧化酶的影响

表 4 表明,桂香占和农香 18 各处理间的最上叶的脯氨酸氧化酶活性在分蘖期、孕穗期和齐穗后 10 d 前差异均不显著,07-20 处理的农香 18 最上叶脯氨酸氧化酶活性在成熟期显著高于其他处理。

表 2 播种期对最上叶游离脯氨酸含量(U/g)的影响

Table 2 Effects of sowing dates on free proline of the top leaf

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	齐穗后 10 d 10 d after heading	齐穗后 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	63.64b	55.21b	44.95c	64.78a	41.62b	42.97a
	07-20	71.30b	51.22b	60.39b	58.15a	47.79ab	47.06a
	07-25	63.77b	51.12b	73.51a	53.28a	50.34ab	49.59a
	07-30	90.66a	70.45a	54.46b	52.32a	53.14a	47.46a
	08-04	66.69b	63.36ab	56.00b	60.04a	49.45ab	42.67a
农香 18 Nongxiang18	07-15	60.81bc	61.72a	67.15a	40.03d	36.56c	39.00c
	07-20	70.10b	48.83b	66.67a	43.82cd	35.95c	49.82b
	07-25	57.26c	64.79a	64.29a	54.44b	35.93c	52.39ab
	07-30	95.97a	62.26a	56.51a	62.03a	48.84a	58.95ab
	08-04	63.34bc	69.02a	58.71a	47.87bc	41.97b	61.90a

同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$, LSD 检验)

表 3 播种期对香稻籽粒游离脯氨酸含量(U/g)的影响

Table 3 Effects of sowing dates on free proline of grain

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	齐穗后 10 d 10 d after heading	齐穗后 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	23.49b	15.45ab	14.42b
	07-20	17.64b	20.02a	26.07b
	07-25	17.95b	14.03ab	23.52b
	07-30	53.01a	16.70ab	16.60b
	08-04	22.61b	12.95b	57.30a
农香 18 Nongxiang 18	07-15	28.28ab	53.74a	70.69a
	07-20	20.75b	36.22a	56.17a
	07-25	28.71ab	38.05a	57.81a
	07-30	67.11a	39.44a	44.93a
	08-04	19.14b	58.08a	61.42a

表 4 播种期对香稻最上叶脯氨酸氧化酶活性的影响

Table 4 Effects of sowing dates on proline oxidase of the top leaf OD

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	齐穗后 10 d 10 d after heading	齐穗后 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	0.2782a	0.1715a	0.1176a	0.0609a	0.0862b	0.1948ab
	07-20	0.1524a	0.1830a	0.1451a	0.0721a	0.1979a	0.1545ab
	07-25	0.1685a	0.3471a	0.1664a	0.1371a	0.1552ab	0.1330ab
	07-30	0.2052a	0.1721a	0.1791a	0.1166a	0.2114a	0.2067ab
	08-04	0.1742a	0.1741a	0.1753a	0.1437a	0.1544ab	0.2283a
农香 18 Nong xiang18	07-15	0.1793a	0.1382a	0.1483a	0.1021a	0.0751a	0.1230ab
	07-20	0.1864a	0.1394a	0.1118b	0.1284a	0.0788a	0.1873a
	07-25	0.1093a	0.1493a	0.1123b	0.1422a	0.1196a	0.1018b
	07-30	0.1418a	0.1272a	0.1343ab	0.1131a	0.1157a	0.1110b
	08-04	0.1184a	0.1256a	0.1303ab	0.1220a	0.0683a	0.1264ab

表 5 表明,桂香占和农香 18 籽粒脯氨酸氧化酶的 OD 值随生育期的推移呈低幅上升趋势。桂香占

08-04 处理齐穗后 10 d,07-15 处理齐穗后 20 d 显著高于其他处理,成熟期籽粒脯氨酸氧化酶的 OD 值

以 07-20 处理最高。农香 18 成熟期籽粒脯氨酸氧化酶的 OD 值以 07-15 处理最高,齐穗后 10 d 和齐穗后 20 d 各处理间的差异并不显著。

表 5 播期对香稻籽粒脯氨酸氧化酶活性的影响
Table 5 Effects of sowing dates on proline oxidase of grain OD

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	齐穗后 10 d 10 d after heading	齐穗后 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	0.1276ab	0.1320a	0.1133a
	07-20	0.0977c	0.0989ab	0.2070a
	07-25	0.0991c	0.0822b	0.1216a
	07-30	0.1161bc	0.1214ab	0.1392a
	08-04	0.1467a	0.1197ab	0.1205a
农香 18 Nongxiang18	07-15	0.1056a	0.1007a	0.1509a
	07-20	0.0919a	0.1045a	0.1099ab
	07-25	0.0972a	0.1174a	0.0770b
	07-30	0.0792a	0.0841a	0.0912b
	08-04	0.0931a	0.0938a	0.0758b

2.2.3 播期对香稻脯氨酸脱氢酶的影响

表 6 表明,桂香占和农香 18 最上叶脯氨酸脱氢酶活性随生育期的推移呈曲线上升趋势。桂香占 07-15 处理分蘖期、齐穗后 10 d 和齐穗后 20 d 最上叶脯氨酸脱氢酶活性高于或显著高于其他处理,08-04 处理齐穗期和 07-30 处理成熟期最上叶脯氨酸脱氢酶活性显著高于其他处理。农香 18 在 07-20 处理分蘖期和齐穗后 10 d 最上叶脯氨酸脱氢酶活性显著高于其他处理,08-04 处理齐穗期和齐穗后 20 d 最上叶脯氨酸脱氢酶活性显著高于其他处理,07-15 处理孕穗期和 07-20 处理成熟期最上叶脯氨酸脱氢酶活性显著高于其他处理。

表 6 播期对香稻最上叶脯氨酸脱氢酶活性($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)的影响
Table 6 Effects of sowing dates on proline dehydrogenase of the top leaf

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	齐穗期 Heading stage	齐穗 10 d 10 d after heading	齐穗 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	0.63a	0.57a	0.46b	1.16a	1.27a	0.63c
	07-20	0.54b	0.58a	0.50b	0.77a	0.59b	0.66c
	07-25	0.59ab	0.52a	0.91a	1.14a	0.98a	0.62c
	07-30	0.55ab	0.53a	0.64b	1.02a	0.99a	1.21a
	08-04	0.59ab	0.57a	1.04a	1.07a	0.55b	0.81b
农香 18 Nongxiang18	07-15	0.60b	0.79a	0.54b	0.55b	0.55b	0.62cd
	07-20	0.67a	0.69b	0.47c	0.58a	0.56b	0.80a
	07-25	0.59bc	0.62b	0.49c	0.49d	0.47b	0.74ab
	07-30	0.52c	0.66b	0.61a	0.52c	0.49b	0.69bc
	08-04	0.44d	0.50c	0.66a	0.57ab	1.85a	0.62d

表 7 表明,桂香占和农香 18 籽粒脯氨酸脱氢酶活性随生育期的推移呈上升趋势。桂香占 07-30 处理齐穗后 10 d,07-15 处理齐穗后 20 d 和成熟期籽粒脯氨酸脱氢酶显著高于其他处理。农香 18 在 08-04 处理齐穗后 10 d,07-25 处理齐穗后 20 d 和成熟期籽粒脯氨酸脱氢酶显著高于其他处理。

2.3 播期对产量及其构成因素的影响

表 8 表明,随着播期的推迟,两个香稻品种的产量呈不同程度的下降。桂香占 07-15 处理由于结实率的显著优势使得其产量高于或显著高于其他处理;农香 18 在 07-20 处理由于结实率的显著优势使得其产量显著高于其他处理,07-30 处理由于气象条

件等的不可控因素使得其结实率显著低于其他处理。播期对有效穗和穗粒数的影响呈现品种差异,桂香占 08-04 处理的有效穗高于或显著高于其他处理,桂香占 07-30 处理的穗粒数高于或显著高于其他处理,而农香 18 各处理间的有效穗和穗粒数均无显著差异。就千粒重而言,两个品种均是 07-25 处理最高。

表 7 播期对香稻籽粒脯氨酸脱氢酶活性($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)的影响
Table 7 Effects of sowing dates on proline dehydrogenase of grain

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	齐穗后 10 d 10 d after heading	齐穗后 20 d 20 d after heading	成熟期 Maturity
桂香占 Guixiangzhan	07-15	0.51c	0.76a	0.55a
	07-20	0.49c	0.54b	0.50b
	07-25	0.49c	0.59b	0.36c
	07-30	0.65a	0.55b	0.55a
	08-04	0.56b	0.56b	0.51ab
农香 18 Nongxiang18	07-15	0.46b	0.55b	0.59a
	07-20	0.48ab	0.58b	0.57ab
	07-25	0.25c	0.66a	0.60a
	07-30	0.46c	0.46c	0.51bc
	08-04	0.50a	0.57b	0.46c

表 8 不同播期的香稻产量及其构成因素
Table 8 Yield and Yield Components under different sowing dates of aromatic rice

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	有效穗 Effective panicles $/ (10^4/\text{hm}^2)$	穗粒数 Spikelets	千粒重 1000-grain mass $/\text{g}$	结实率 Seed setting rate $/\%$	产量 Yield $/ (\text{t}/\text{hm}^2)$
桂香占 Guixinagzhan	07-15	300.00ab	115.37ab	26.79c	94.33a	8.93a
	07-20	255.00b	117.40ab	26.02c	93.47a	7.27ab
	07-25	271.67ab	92.64b	29.77a	92.05a	6.90ab
	07-30	269.44ab	122.26a	26.68c	82.94b	6.04b
	08-04	319.44a	105.46ab	28.26b	72.41c	6.69ab
农香 18 Nongxiang18	07-15	275.67a	106.87a	27.46b	92.63a	6.38b
	07-20	278.33a	104.13a	28.77a	93.34a	8.25a
	07-25	268.33a	104.90a	29.18a	87.14a	5.22c
	07-30	338.89a	97.70a	28.89a	56.14c	5.25c
	08-04	330.56a	99.68a	28.60a	72.34b	5.04c

2.4 播期对地上部干物质积累和收获指数的影响

表 9 表明,不同播期香稻的地上部干物质积累随着生育进程的推移而上升。桂香占和农香 18 在 07-25 处理分蘖期、07-30 处理齐穗期的地上部干物质积累显著高于其他处理。桂香占 07-20 处理成熟期高于或显著高于其他处理,农香 18 在 07-15 处理高于或显著高于其他处理。桂香占 07-25 处理的收获指数显著高于其他处理,农香 18 在 07-20 处理的收获指数显著高于其他处理。

2.5 播期对香稻群体生长率(CGR)的影响

群体生长率是描述群体生长的重要指标,主要反映单位面积上群体生长速度。图 2 表明,桂香占和农香 18 各播期处理的 CGR 从分蘖期到齐穗期持续升高,其中以齐穗期最高,齐穗后 CGR 急剧下降。

2.6 播期对生育期及积温的影响

表 10 表明,香稻的生育期随着播种期的推迟呈延长趋势,桂香占的全生育期延迟 1—29 d,农香 18 的全生育期延迟 0—23 d。随着播种期的推迟,桂香占和农香 18 生育期间大于 10 ℃ 的积温呈先下降后上升的趋势。

表 9 不同播期香稻地上部干物质积累 (t/hm^2) 和收获指数

Table 9 Dry matter accumulation under different sowing dates of aromatic rice and harvest index

品种 Cultivar	播期 Sowing dates	分蘖期 Tillering period	孕穗期 Booting period	齐穗期 Heading period	成熟期 Maturity	收获指数 Harvest index/%
桂香占 Guixiangzhan	07-15	1.34c	7.41b	7.87c	17.21ab	41.33bc
	07-20	2.30b	7.68ab	11.54ab	19.17a	42.27b
	07-25	3.01a	9.73ab	10.39bc	15.70ab	48.61a
	07-30	2.84ab	10.08a	14.16a	11.89b	36.82c
	08-04	2.39b	9.01ab	12.16ab	17.83ab	29.43d
农香 18 Nongxiang18	07-15	1.03c	8.60a	9.33b	18.70a	37.41b
	07-20	1.80b	10.21a	12.79a	13.18b	61.39a
	07-25	2.83a	8.69a	11.31b	16.52ab	38.17b
	07-30	2.34a	9.94a	14.41a	15.69ab	35.24b
	08-04	2.39a	10.14a	14.76a	18.12ab	35.24b

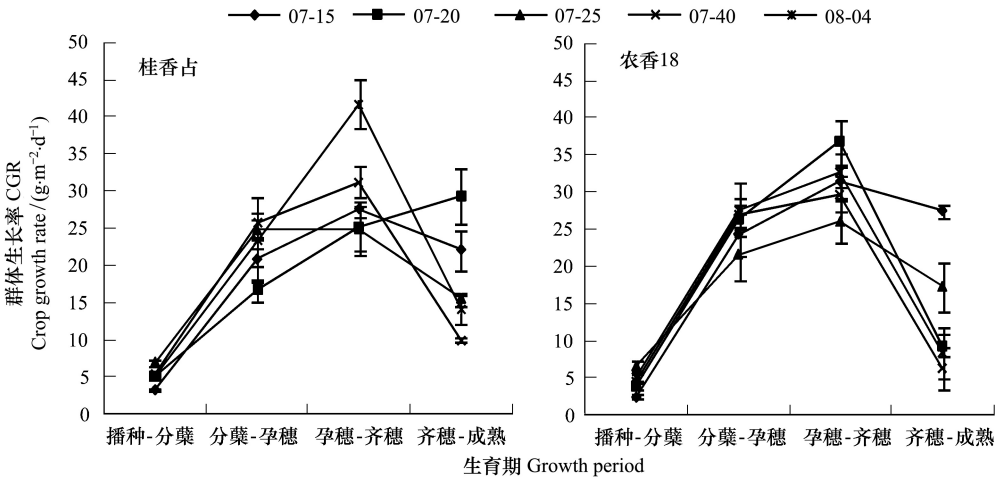


图 2 播期对香稻群体生长率的影响

Fig.2 Effects of sowing dates on Crop growth rate (CGR) of aromatic rice

表 10 不同播期对香稻生育期及积温的影响

Table 10 Growth period and accumulated temperature under different sowing dates

品种 Cultivar	播期 Sowing	移栽 Transplant	分蘖 Tillering	孕穗 Booting	抽穗 Heading	齐穗 Full heading	成熟 Maturity	全生育期 Whole growth period/d	>10℃ 积温 accumulated temperature/℃
桂香占 Guixinagzhan	07-15	08-02	08-23	09-21	09-25	09-28	10-26	104	2728.90
	07-20	08-07	09-01	09-28	10-03	10-06	11-01	105	2711.50
	07-25	08-12	09-07	10-03	10-06	10-08	11-12	110	2798.70
	07-30	08-18	09-18	10-16	10-25	10-28	12-09	133	3135.10
	08-04	08-22	09-18	10-16	10-27	10-30	12-09	128	2989.20
农香 18 Nongxiang18	07-15	08-02	08-23	09-23	09-25	09-28	11-01	110	2856.60
	07-20	08-07	09-01	09-28	10-06	10-08	11-07	110	2833.60
	07-25	08-12	09-07	10-03	10-08	10-12	11-12	110	2798.70
	07-30	08-18	09-18	10-16	10-27	10-30	12-09	133	3135.10
	08-04	08-22	09-18	10-16	10-29	11-01	12-09	128	2989.20

2.7 播期生育期内产量与平均气温的关系

图 3 表明,不同播期的产量随着生育期间日平均气温的升高而上升,但存在一定的品种差异,桂香占和农香 18 产量与平均气温的相关系数分别为 0.818 和 0.335。

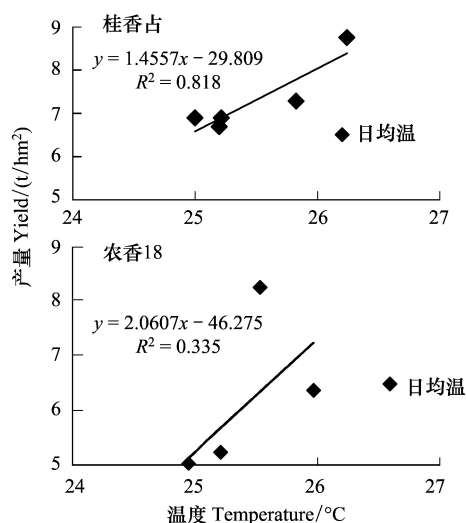


图 3 日平均气温与产量的关系

Fig.3 Relation to average daily temperature and yield

3 结论与讨论

不同播期对香稻糙米 2-AP 含量的影响呈品种差异。研究表明成熟时期的低温有利于香稻快速形成香气化合物^[12],Shantha N 等研究表明夜间温度从 22 °C 升至 26 °C 时,香稻的香气含量从中等水平下降到较低水平^[15]。本试验中,适当推迟播种提高了香稻糙米的香气物质 2-AP 含量。桂香占和农香 18 均以 7 月 20 日播种处理糙米的 2-AP 含量最高,其成熟期的平均气温分别为 22.6 °C 和 22.0 °C。其后的各个播期由于成熟期平均气温的下降,香稻糙米的 2-AP 含量呈不同幅度的下降,表明成熟期平均气温在 22—23 °C 有利于 2-AP 的合成和积累。脯氨酸是 2-AP 的氮源前体,唐湘如等研究表明,齐穗后期籽粒的脯氨酸需求增加,从剑叶调运出的脯氨酸亦增加,导致残留在剑叶中的脯氨酸含量下降^[16]。本试验中,随着生育进程的推移,香稻最上叶游离脯氨酸含量呈下降趋势,生育后期由于脯氨酸转运加快使得籽粒游离脯氨酸含量呈上升趋势。脯氨酸氧化酶是香稻香气形成的关键酶,脯氨酸氧化酶活性的提高有利于促进籽粒 2-AP 的合成与积累^[17]。本试验中,随着生育进程的推移,香稻最上叶脯氨酸氧化酶

和籽粒脯氨酸氧化酶活性呈低幅上升趋势。不同播期对香稻脯氨酸氧化酶活性的影响并不十分显著,但香气含量较高的播期其脯氨酸氧化酶活性维持在较高水平,有利于提高其糙米香气含量。脯氨酸脱氢酶活性增加,有利于促进脯氨酸的转化^[14]。随着生育进程的推移,香稻最上叶脯氨酸脱氢酶和籽粒脯氨酸脱氢酶活性呈上升趋势,香气含量较高的播期其籽粒脯氨酸氧化酶活性维持在较高水平。

我国是水稻生产大国,水稻种植区域的生态条件存在较大差异。关于播期对水稻生长发育及产量形成的影响,研究结果也不尽相同^[18-19]。本试验中,桂香占在 7 月 15 日播种的处理产量最高,收获指数高于或显著高于其他处理;农香 18 在 7 月 20 日播种产量最高,收获指数显著高于其他处理。由于播种时间的推迟,灌浆结实期的平均气温下降,影响了籽粒的灌浆速率降低了水稻的结实率。推迟播种在一定程度上降低了两个品种的产量,但两个品种的产量降幅不大一致。就千粒重而言,7 月 25 日播种的千粒重显著高于其他处理。杨慧杰等研究认为高产水稻前期的群体生长率较低,中期最高,后期次高^[20],本试验中产量较高的播期生长中、后期均具有较高的群体生长率,使其后期具有干物质积累的优势。产量对生育期内平均气温的响应呈现出品种差异,桂香占产量与平均气温的相关系数较农香 18 的大。

在水稻生产实践中,应注意针对不同的稻作区的气候条件选择适宜的播种期。华南双季稻区晚季香稻的适宜播种期为 7 月 15 日—7 月 20 日,可获得高产和高香气物质 2-AP 含量。

References:

- [1] Rao G S, XIAO L Z, GAN M M, Tian J Y, Du Y D, Chen X G, Tang X R. Study on rice optimum sowing date in Guangdong under climatic warming. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28 (5): 300-305.
- [2] Deng F, WANG L, LIU L, Liu D Y, Ren W J, Yang W Y. Effects of cultivation methods on dry matter production and yield of rice under different ecological conditions. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38 (10): 1930-1942.
- [3] Huo Z Y, Yao Y, Zhang H C, Xia Y, Ni X C, Dai Q Y, Xu K, Wei H Y. Effect of sowing date on characteristics of photosynthesis and matter production of direct seeding Rice. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45 (13): 2592-2606.
- [4] Yao Y, Huo Z Y, Zhang H C, Xia Y, Ni X C, Dai Q Y, Xu K,

- Wei H Y. Effects of sowing date on growth stage and utilization of temperature and illumination of direct seeding rice in different ecological regions. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45 (4) : 633-647.
- [5] Yao Y, Huo Z Y, Zhang H C, Xia Y, Ni X C, Dai Q G, Xu K, Wei H Y, Xiao Y C, Wang X. Effects of sowing date on yield and quality of direct seeding rice of different types and varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44 (15) : 3098-3107.
- [6] Shen Q L, He W Z, Zhao T F, Wang L E, Cao X L, Zhang P, Gu Y L, Du B, Yuan X M. Effects of sowing dates on agronomic characters and yield of direct-seeding rice. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2012 (5) : 53-54.
- [7] Li J G, Han Y, Xie W X, Liu B, Jiang X Y, Gao Q, Wang L. Effects of the temperature and humidity in filling and fruiting stages on the yield and quality of rice. *Journal of Anhui Agri. Sci.*, 2008, 36 (8) : 3160-3162.
- [8] Bryant R J, McClung A M. Volatile profiles of aromatic and non-aromatic rice cultivars using SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, 2011, 124 (2) : 501-513.
- [9] Grimm C C, Champagne E T, Lloyd S W, Easson M, Condon B, McClung A. Analysis of 2-Acetyl-1-pyrroline in rice by HSSE/GC/MS. *Cereal Chemistry*, 2011, 88 (3) : 271-277.
- [10] Vanavichit A, Yoshihashi T. Molecular aspects of fragrance and aroma in Rice. *Advances in Botanical Research*, 2010, 56 : 49-73.
- [11] Zhao Z P, Li G, Wu S J, Lu J A. Progress of study on aromatic rice. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2009, 25 (2) : 110-114.
- [12] Tomio I, Masahiko T, Yasuyoshi H, Fushimi T, Hashizume K. Variation of 2-Acetyl-1-Pyrroline concentration in aromatic rice grains collected in the same region in Japan and factors affecting its concentration. *Plant Production Science*, 2004, 7 (2) : 178-183.
- [13] Huang Z L, Tang X R, Wang Y L, Chen M J, Zhao Z K, Duan M Y, Pan S G. Effects of increasing aroma cultivation on aroma and grain yield of aromatic rice and their mechanism. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012 (6) : 1054-1065.
- [14] Zhao G L, Chen Q, Hu G X, Zhu Y, Ma L J, Li X M. Responses of the key enzymes involved in proline metabolism in rice seedling under water stress. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29 (3) : 80-83.
- [15] Nagarajan S, Jagadish SVK, Prasad ASH, Thomar AK, Anand A, Pal M, Agarwal PK. Local climate affects growth, yield and grain quality of aromatic and non-aromatic rice in northwestern India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 138 (3/4) : 274-281.
- [16] Tang X R, Wu M. Effects of application of Zinc, Iron and Lanthanum on contents of aroma in brown rice and proline in flag leaf of aromatic rice. *Hybrid Rice*, 2006 (6) : 69-72.
- [17] Duan M Y, Li G X, Tian H, Zhong K Y, Tang X R. Primary research on the physiological characteristics of aroma formation in aromatic rice. *Journal of Hunan Agricultural University: (Natural Sciences)*, 2009, 35 (1) : 5-8.
- [18] Yao Y, HUO Z Y, ZHANG H C, Xia Y, Ni X C, Dai Q G, Xu K, Wei H Y. Effects of sowing date on the growth characteristics of direct seeding rice. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29 (11) : 2131-2138.
- [19] Bashir M U, Akbar N, Iqbal A, Zaman H. Effect of different sowing dates on yield and yield components of direct seeded coarse rice (*Oryza sativa* L). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 2010, 47 (4) : 361-365.
- [20] Yang H J, Li Y Z, Yang R C, Jiang Z W, Zheng J S. Dry matter production characteristics of super high yielding rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 2001, 15 (4) : 265-270.

参考文献:

- [1] 饶刚顺,肖立中,甘海梅,田晋元,杜尧东,陈新光,唐湘如.气候变暖情况下广东水稻最适播种期初探. *中国农学通报*, 2012, 28 (5) : 300-305.
- [2] 邓飞,王丽,刘利,刘代银,任万军,杨文钰.不同生态条件下栽培方式对水稻干物质生产和产量的影响. *作物学报*, 2012, 38 (10) : 1930-1942.
- [3] 霍中洋,姚义,张洪程,夏炎,倪晓诚,戴其根,许轲,魏海燕.播期对直播稻光合物质生产特征的影响. *中国农业科学*, 2012, 45 (13) : 2592-2606.
- [4] 姚义,霍中洋,张洪程,夏炎,倪晓诚,戴其根,许轲,魏海燕.不同生态区播期对直播稻生育期及温光利用的影响. *中国农业科学*, 2012, 45 (4) : 633-647.
- [5] 姚义,霍中洋,张洪程,夏炎,倪晓诚,戴其根,许轲,魏海燕,肖跃成,王显.播期对麦茬直播粳稻产量及品质的影响. *中国农业科学*, 2011, 44 (15) : 3098-3107.
- [6] 沈庆雷,何为志,赵田芬,王联恩,曹晓利,张平,顾玉龙,杜斌,袁晓明.不同播期对直播水稻农艺性状及产量的影响. *上海农业科技*, 2012 (5) : 53-54.
- [7] 李建国,韩勇,解文孝,刘博,姜秀英,高岐,王丽.播期及环境因子对水稻产量和品质的影响. *安徽农业科学*, 2008, 36 (8) : 3160-3162.
- [11] 赵志鹏,李刚,吴书俊,陆家安.香稻研究进展. *上海农业学报*, 2009, 25 (2) : 110-114.
- [13] 黄忠林,唐湘如,王玉良,陈慕娇,赵正琨,段美洋,潘圣刚.增香栽培对香稻香气和产量的影响及其相关生理机制. *中国农业科学*, 2012 (6) : 1054-1065.
- [14] 赵贵林,陈强,胡国霞,褚妍,马莲菊,李雪梅.水稻脯氨酸代谢关键酶对水分胁迫的响应. *干旱地区农业研究*, 2011, 29 (3) : 80-83.
- [16] 唐湘如,吴密.施用锌、铁、硼肥对香稻糙米香气和剑叶脯氨酸含量的影响. *杂交水稻*, 2006, 21 (6) : 69-72.
- [17] 段美洋,黎国喜,田华,钟克友,唐湘如.香稻香气形成的生理特性初步研究. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2009, 35 (1) : 5-8.
- [20] 杨惠杰,李义珍,杨仁崔,姜照伟,郑景生.超高产水稻的干物质生产特性研究. *中国水稻科学*, 2001, 15 (4) : 265-270.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.5 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Advance in the study on drought index LI Bozhen, ZHOU Guangsheng (1043)
- State-of-the-art review of the impact of climatic change on bioavailability of mineral elements in crops
..... LI Longqing, WU Zhengyun, ZHANG Qiang, et al (1053)
- Mechanism, hypothesis and evidence of herbivorous insect-host interactions in forest ecosystem
..... ZENG Fanyong, SUN Zhiqiang (1061)
- Approach of nematode fauna analysis indicate the structure and function of soil food web
..... CHEN Yunfeng, HAN Xuemei, LI Yufei, et al (1072)
- A spatial econometric analysis of water footprint intensity convergence on a provincial scale in China
..... ZHAO Liangshi, SUN Caizhi, ZHENG Defeng (1085)
- Pattern dynamics of vegetation coverage of Plateau Valley-City in the Western China; a case study in Xining
..... GAO Yun, XIE Miaomiao, FU Meichen, et al (1094)
- Scale effect analysis of the influence of land use and environmental factors on surface soil organic carbon; a case study in the
hilly and gully area of Northern Shaanxi Province ZHAO Mingyue, ZHAO Wenwu, ZHONG Lina (1105)
- Effects of *Eisenia foetida* and *Amyntas morrisi* on the chemical and biological properties of soil amended with the paper mill
sludge CHEN Xufei, ZHANG Chi, DAI Jun, et al (1114)

Autecology & Fundamentals

- Regulation of potassium supply and signal inhibitors on acetate effluxes by ectomycorrhizal fungi
..... YANG Hongjun, LI Yong, YUAN Ling, et al (1126)
- Arsenic induces guard cell death in leaf epidermis of *Vicia faba* XUE Meizhao, YI Huilan (1134)
- Identification and characteristics of phenol degrading bacteria ad049 screened from oil contaminated soil
..... HU Ting, GU Jie, ZHEN Lisha, YANG Jiu, et al (1140)
- Physiological response of *Medicago sativa* L. to copper stress by FTIR spectroscopy
..... FU Chuan, YU Shunhui, HUANG Yimin, et al (1149)
- Effects of sowing date on 2-acetyl-1-pyrroline content and yield of late season aromatic rice
..... YANG Xiaojuan, TANG Xiangru, WEN Xiangcheng, et al (1156)
- Effects of exogenous calcium (Ca) on tolerance of *Allium cepa* var. *agrogarum* L. to cadmium (Cd) stress
..... WANG Qiaoling, ZOU Jinhua, LIU Donghua, et al (1165)
- The study of *Vitex negundo* shrubs canopy biomass inversion in Beijing Jundu mountainous area based on vegetation indices
..... GAO Mingliang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1178)
- Comparison study of sulfur dioxide resistance of three warm-season turf grasses LI Xi, WANG Lihua, LIU Wei, et al (1189)
- Geostatistical analysis on spatial dynamics of the apterous *Myzus persicae* in flue-cured tobacco fields of Enshi tobacco area, China ...
..... XIA Pengliang, WANG Rui, WANG Changjun, et al (1198)
- Patterns of seed predation and removal of Mongolian oak (*Quercus mongolica*) by rodents
..... ZHANG Jinghong, LIU Bingwan (1205)
- Effect of available burrow densities of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry of dominant
plants and soil in alpine meadow LI Qianqian, ZHAO Xu, GUO Zhenggang (1212)

- Overcompensation and competitive effects of *Microcystis aeruginosa* and *Scenedesmus obliquus* after low temperature and light stresses XIE Xiaoling, ZHOU Rong, DENG Zifa (1224)

Population, Community and Ecosystem

- The main nest predators of birds breeding in artificial nest-boxes and its influencing factors ZHANG Lei, LI Donglai, MA Ruiqiang, et al (1235)
- Temporal and spatial variation of macrobenthic communities in the intertidal zone of Xunpu, Quanzhou Bay ZHUO Yi, CAI Lizhe, GUO Tao, et al (1244)
- The influence of variables at different scales on stream benthic macroinvertebrates in Luanhe River Basin ZHANG Haiping, WU Dayong, WANG Zhaoming, et al (1253)
- Relationships between environmental variables and seasonal succession in phytoplankton functional groups in the Hulan River Wetland LU Xinxin, LIU Yan, FAN Yawen (1264)
- Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China LI Jia, LI Yankuo, MIAO Lujun, et al (1274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The comprehensive geographical regionalization of China supporting natural conservation GUO Ziliang, CUI Guofa (1284)
- Response of vegetation coverage to climate change in Mongolian Plateau during recent 10 years MIAO Lijuan, JIANG Chong, HE Bin, et al (1295)
- Impact analysis of human activities and climate change on Honghu lake's spring drought LIU Kequn, LIANG Yitong, ZHOU Jinlian, et al (1302)
- Lakes evolution of central Wuhan during 2000 to 2010 DAN Yongli, WANG Hongzhi, ZHANG Huan, et al (1311)

Resource and Industrial Ecology

- The spatial distribution of *Ophiocordyceps sinensis* suitability in Sanjiangyuan Region ... LI Fen, WU Zhifeng, XU Cui, et al (1318)

《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 象伟宁

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 5 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 5 (March, 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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元