

江苏沿江地区杂草稻的生物学特性及危害调查

张 峥, 戴伟民, 章超斌, 强 胜

(南京农业大学杂草研究室, 南京 210095)

摘要: 【目的】明确江苏沿江地区杂草稻的发生现状、危害和生物学特性, 掌握其鉴别方法。【方法】采用目测法和样方法点面结合, 调查江苏沿江地区 6 个市的 28 个县(市、区)的直播稻田杂草稻的发生率、发生密度、综合危害指数, 定点研究 6 个地点的杂草稻生物学特性及其危害性。【结果】杂草稻在各县(市)的发生率从 78%—100% 不等, 发生密度最低的县(市)约 2 株/m², 平均最高约 9 株/m², 综合危害指数都在 20% 以上, 导致栽培稻减产 8.3%—82.3%; 泰州、扬州和常州的危害相对更重。综合 6 个地点的调查显示杂草稻与栽培稻主要区别为: 杂草稻的叶环和叶耳呈紫红色, 植株基部褐色; 苗期生长旺盛, 分蘖力强、分蘖角大于栽培稻 20° 以上, 株高高出 8—10 cm; 株型松散; 单株结实量高于栽培稻 3 倍以上, 繁育系数显著高于栽培稻, 但结实率较低, 为 78%—86%, 千粒重仅为 18.93—20.10 g; 成熟期早 1 月左右并显早枯。【结论】江苏沿江地区的杂草稻发生量大且危害严重; 杂草稻与栽培稻有形态学差异; 杂草稻的分蘖初期、扬花期是人工拔除的适宜时期。

关键词: 杂草稻; 生物学性状; 危害; 防除

Investigation of the Biological Characteristics and Harmfulness of Weedy Rice (*Oryza sativa* L. f. *spontanea*) Occurred in the Regions Along the Yangtze River of Jiangsu Province

ZHANG Zheng, DAI Wei-min, ZHANG Chao-bin, QIANG Sheng

(Weed Research Laboratory of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract: 【Objective】The objective of this study is to define the occurrence and damage, biological characteristics of weedy rice with cultivated rice in Jiangsu Province along the Yangtze River and to master the identification method. 【Method】The incidence, density and harmfulness of weedy rice were surveyed in direct-seeded rice fields in 28 county-level cities of 8 prefecture-level cities through visual scoring of the level of weed infestation on a seven-class scale. And the biology characteristics of weedy rice were observed at the selected 6 sites along the Yangtze River where weedy rice infested seriously by means of plot sampling. 【Result】The proportion of weedy rice occurrence ranged from 78% to 100%, the average density was about 2-9 individuals/m² and the overall value of weedy rice was more than 20%, which caused 8.3%-82.3% loss of rice yield. Weedy rice more seriously infested the paddy fields in Taizhou, Yangzhou and Changzhou. The investigation results outlined from the selected 6 sites demonstrated that weedy rice had some differences in amaranthine of leaf ring and auricle and the brown basilar stalk from cultivated rice. The weedy rice grew flourisher, produced more tillers than cultivated rice at seedling stage, and the tiller angle of weedy rice was 20° bigger than cultivated rice. Weedy rice, in general, was 8-10 cm taller than cultivated rice, but its plant-type was looser. Though the weedy rice produced larger quantity of seeds per plant than cultivated rice, the seed fertility was only from 78% to 86% which was lower than cultivated rice. The 1 000-seed-weight was only about 18.93-20.10 g. Weedy rice was about one month earlier matured and early browning compared with cultivated rice. 【Conclusion】The weedy rice infestation is serious in the cities

收稿日期: 2011-10-19; 接受日期: 2012-02-19

基金项目: 国家转基因生物新品种培育科技重大专项课题 (2011ZX08011-001, 2009ZX08012-020B)、国家自然科学基金 (30800604)、江苏省科技支撑计划 (BE2011353)

联系方式: 张 峥, E-mail: 2009216005@njau.edu.cn. 通信作者强 胜, Tel/Fax: 025-84395117; E-mail: wrl@njau.edu.cn

along the Yangtze River in Jiangsu Province. There are some morphological differences between weedy rice and cultivated rice. The optimum time for manual removal of weedy rice is at the beginning of tillering and the flowering due to easy identifying for farmers.

Key words: weedy rice; biological characteristics; harmfulness; control

0 引言

【研究意义】栽培稻是世界上最重要的粮食作物之一^[1]，而杂草危害是栽培稻生产的重要限制因子^[2]。随着栽培稻田直播和免耕技术的推广，杂草稻（weedy rice，学名 *Oryza sativa* L. f. *spontanea*）已成为栽培稻种植地区最普遍、危害最严重的杂草^[3]。在部署杂草稻防除工作之前，明确其发生范围及危害情况非常重要^[4]。另外，杂草稻的生物学特性与栽培稻十分相似，农民在生产实践中很难加以鉴别，还常因此引起纠纷^[5-6]。因此，明确杂草稻与栽培稻间的差异特征和性状，对杂草稻进行早期鉴定，是控制杂草稻危害的关键。【前人研究进展】杂草稻最早于 1846 年在美国发现，因种皮红色被当地人称为红稻（red rice）^[7]。杂草稻主要分布在亚洲、美洲以及欧洲的南部^[8-9]，在中国则广泛分布于安徽、江苏、海南、广东、辽宁、吉林、黑龙江等地^[10-12]，是栽培稻生产中一个新的严重问题。杂草稻萌发和出苗较栽培稻早，苗期生长十分迅速^[13-16]，在与栽培稻竞争养分、水分和光照以及其它生长资源上占有较大优势^[17-18]，是造成栽培稻减产的主要原因，严重时可导致产量下降 85%^[19]，甚至绝收。已有研究表明，杂草稻密度平均为 2 株/m² 便会影响栽培稻的产量^[20]，5 株/m² 即可以使栽培稻减产 22%^[18]，10—20 株/m² 可导致栽培稻产量降低 50%^[2,20]，35—40 株/m² 可使高秆栽培稻的产量减产 60%^[21]；而矮秆栽培稻受杂草稻的危害尤其严重，减产最高达 90%^[20]。此外，部分杂草稻的种皮为棕红色，混杂后不易分离，不仅影响稻米的品质与外观，而且通过种子混杂传播而导致杂草稻危害进一步扩大并恶化，最终使种植栽培稻的经济效益显著降低。【本研究切入点】戴伟民等^[4]对江苏省杂草稻分布做了简单的实地调查，关于杂草稻的生物学特性也有不同侧重的报道^[10,22]，但是有关杂草稻与栽培稻间形态差别的报道较少。另外，杂草稻类型多样^[23-26]，特征也有较大差别，只有针对某一地区杂草稻与栽培稻间生物学特性的差异研究，才能真正为该地区的杂草稻危害性预测及防除提供指导。【拟解决的关键问题】对江苏沿江地区 8 个省辖市主要栽培稻种植地的杂草稻发生情况（发生比例、密度、危害程度）进行调查，了解

杂草稻的发生及危害现状；在江苏省沿江 6 个杂草稻发生危害最严重的地区，进行杂草稻营养和生殖生物学特性、危害性的调查，这些调查研究结果将为江苏省杂草稻早期的鉴别和防除提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 调研区概况

江苏省介于东经 116°18′—121°57′ 和北纬 30°45′—35°20′，总面积 10.26×10⁴ km²，其中 69% 为平原，耕地面积达 7.41×10⁶ hm²，其中水田面积为 2.98×10⁶ hm²。江苏省水资源丰富，自北向南有沂沭河、淮河、长江三大水系，其中长江为流经江苏最大的河流，呈东西向横穿，省内全境 425 km，将江苏分割为南北两部分。江苏北部暖温带，中部和南部属亚热带，年平均气温 13—16℃，年均降雨量 800—1 200 mm，雨热充足，灌溉良好，栽培稻为最主要的秋熟作物。

江苏现有 13 个省辖市，下辖 105 个县（市、区），其中南京、镇江、常州、无锡、苏州、南通、泰州和扬州 8 个省辖市沿长江分布，通称为沿江地区。

1.2 江苏沿江地区的杂草稻发生与危害调查

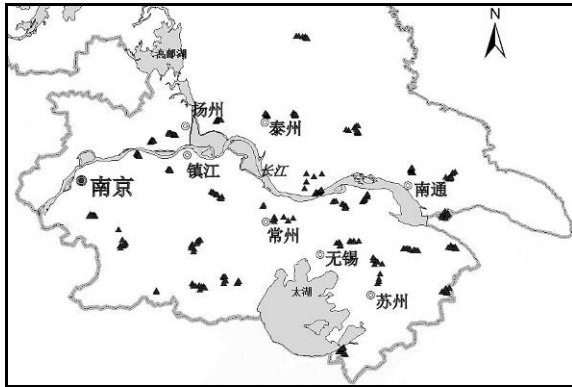
调查于 2010 年在上述沿江地区的 8 个省辖市进行。每个省辖市调查 2—6 个县（市、区），共计 28 个，每个县（市、区）随机选取 10 块稻田（样点），共计 280 个样点，每个样点的面积不小于 667 m²，样点的分布见图 1。调查时，每样点取 30 个 1 m×1 m 的样方，调查杂草稻的密度，并使用七级目测法^[27-30]，通过相对盖度、多度和相对高度 3 个指标综合确定杂草稻的优势度（危害度），优势度共分为 7 个级别，从高到低依次赋值 5、4、3、2、1、0.5、0.1，最后确定调查样点的杂草稻的综合危害指数。

杂草稻的发生比例计算方法如下：发生比例（%）=某市有杂草稻发生的田块数×100%/该市调查的总田块数

将各样点的 30 个样方中所得杂草稻的优势度级数转化成综合危害指数，计算方法如下^[27-30]：

$$V = \frac{\sum_{i=7}^1 (a \times b)}{c \times 5} \times 100\%$$

其中, V : 综合危害指数; a : 优势度级别值; b : a 级别出现的次数; c : 每样点的样方数。



▲代表样点, 使用 Arcgis 9.3 作图▲ is samples, the map drew using Arcgis 9.3

图 1 江苏省 280 个调查样点的分布

Fig. 1 The distribution of 280 sampling sites in Jiangsu Province

1.3 杂草稻的生物学特征调查

选取仪征、扬州、靖江、常州、南通、宜兴 6 个市, 对杂草稻发生严重、典型的旱直播稻田进行生物

学特征的定点调查, 每个调查地点的田块面积不小于 667 m² (表 1)。

调查方法: 从栽培稻出苗到成熟的整个时期, 观察记录杂草稻与栽培稻的形态差别、生育期长短。分别于 2009 年 7 月 (苗期)、2009 年 9 月 (成熟期) 进行杂草稻与栽培稻生物学性状的调查 (表 2)。调查时, 首先将田块分成 4 个区, 每区分别随机选取面积 1 m² 的样方 50 个, 调查杂草稻和栽培稻的株数; 并在田间随机选取 50 株杂草稻和栽培稻分别调查株高、分蘖数、分蘖角度, 成熟期调查时再加测结实率、每穗粒数、千粒重等性状。

1.4 数据统计分析方法

使用 Excel、SPSS17.0 软件分析处理数据, Origin 8.0 作图。

应用 LSD 法对杂草稻和栽培稻的各项生物学特性和各县市间的杂草稻密度和综合危害指数进行分析, Pearson 相关法对杂草稻的理论产量和杂草稻的各项生物学指标进行相关性分析。其中杂草稻和栽培稻的理论产量 (kg/667 m²) 的估算方法如下:

理论产量 (kg/667 m²) = 每平方米株数平均值 × 单株分蘖数平均值 × 每穗粒数平均值 × 结实率平均值 × (千粒重平均值/1000) × 667。

表 1 调查地点的地理坐标和栽培稻情况

Table 1 The geographical coordinates and varieties of cultivated rice of the investigation area

调查地点 Site	经纬度 Latitude (N)/ Longitude (E)	栽培栽培稻品种 Varieties of cultivated rice
仪征新集镇 Town of Xinji, Yizheng	39°19'33"/ 119°17'34"	武运粳 7 号 Wuyunjing 7#
扬州邗江区汊河镇 Town of Chahe, Yangzhou	32°20'23"/ 119°21'54"	丰优香占 Fengyouxiangzhan
靖江海圩村 Village of Haiwei, Jingjiang	32°04'03"/ 120°19'48"	宁粳 3 号 Ningjing 3#
常州孟河镇 Town of Menghe, Changzhou	32°00'48"/ 119°51'44"	武运粳 95 Wuyunjing 95#
海门市江心沙农场 Farm of Jiangxinsha, Haimen	31°48'28"/ 121°05'32"	武运粳 95 Wuyunjing 95#
宜兴新街镇 Town of Xinjie, Yixing	31°21'59"/ 119°46'01"	常优 1 号 Changyou 1#

表 2 杂草稻或栽培稻的生物学性状测量方法

Table 2 Measurement methods of the characteristics of selected traits of weedy rice and cultivated rice

性状 Character	测量方法 Measurement method
株高 Plant height (cm)	地面到第二叶片叶尖 (苗期); 地面到主穗的顶端 (成熟期) From ground level to the top of the second leaf (seedling stage) or the tip of the main panicles (maturation)
分蘖数 Tiller number (个/株)	每株杂草稻或栽培稻的全部分蘖 (苗期); 每株杂草稻或栽培稻的有效分蘖 (成熟期) All tillers of each plant (seedling stage) or effective tillers of each plant (maturation)
分蘖角度 Tiller angle (°)	第一分蘖与主茎的夹角 Angle between first tiller and caulis
结实率 Seed fertility (%)	每穗的饱满粒数/每穗的总粒数×100% Number of plump seeds per plant/Number of all seeds per plant×100%
千粒重 1000-seed-weight (g)	1000 粒饱满的杂草稻种子质量 Weight of 1000 plump seeds

2 结果

2.1 杂草稻的发生率

杂草稻在江苏沿江地区的发生较为严重，8 个省辖市的绝大部分的调查样点都有发生，但发生率略有不同（图 2），在镇江、常州、泰州、南京所有的调查样点均发现杂草稻，发生比例为 100%，苏州稻田杂草稻的发生比例最低，约为 78%。

2.2 各调查地点杂草稻的综合危害指数

杂草稻位于田间的上层空间，和栽培稻竞争光照、

肥料等，影响栽培稻的生长，对栽培稻造成危害。杂草稻在所调查的 28 个市（县、区）的综合危害指数在 15%—50%。在所调查的地点中，常州、泰州、扬州三市的杂草稻综合危害指数普遍较高，平均在 40%左右，苏州各市的杂草稻危害指数较低，平均约 20%（图 3）。

2.3 各调查地点杂草稻的密度

28 个市（县、区）的杂草稻密度不同，苏州地区的杂草稻密度普遍较低，在 2 株/m² 左右，杂草稻密度最高为扬州邗江区，平均达到了 9 株/m²，常州、泰

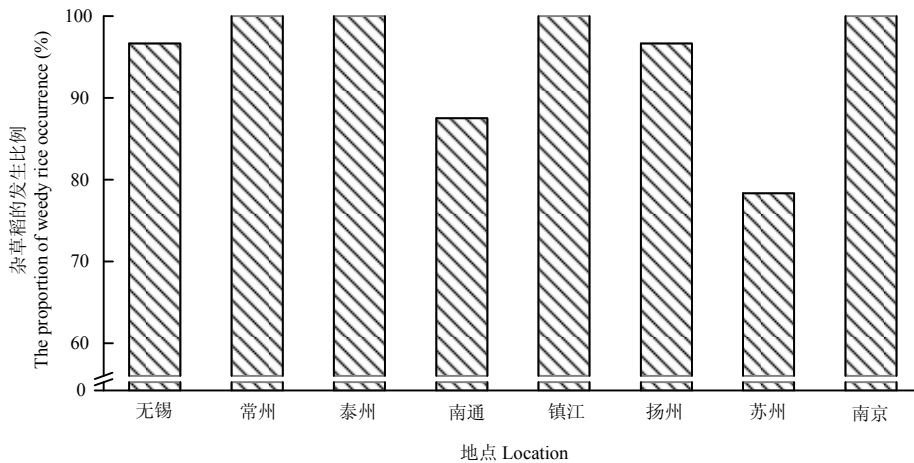


图 2 江苏 8 个调查地点杂草稻的发生比例

Fig. 2 The proportion of weedy rice occurrence in the eight cities in Jiangsu Province

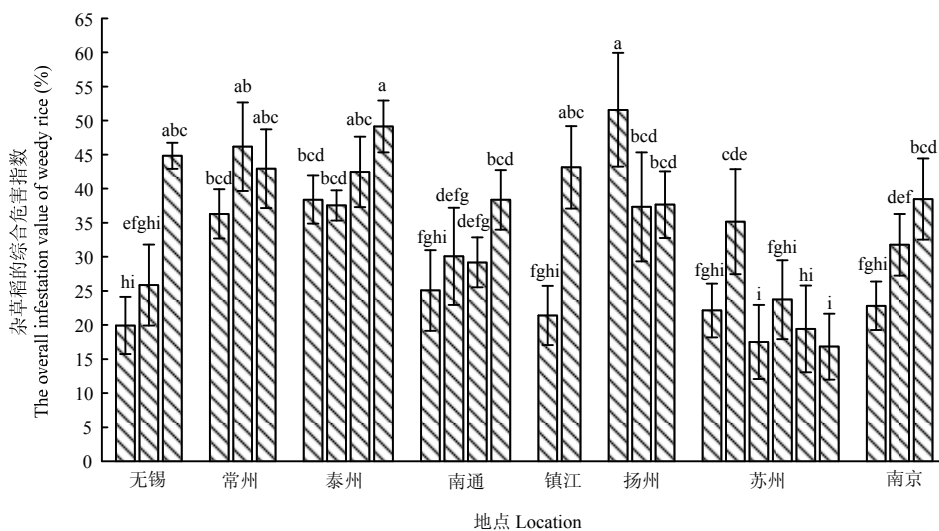


图 3 江苏 8 个调查地点的杂草稻综合危害指数比较

Fig. 3 The comparison of overall infestation value of weedy rice in the eight cities in Jiangsu Province

州、南京等市的调查样点的密度也都较高, 平均在 4 株/m²左右(图 4)。由图 3、图 4 对比知杂草稻密度高的地方, 杂草稻的综合危害指数也较高, 两者呈正相关。

2.4 杂草稻的生物学特性及其对栽培稻产量损失影响的定点调查

通过对全生育期的杂草稻形态特性的观察记录, 发现杂草稻刚出苗时与栽培稻的形态相似, 但在 2—3 叶时期, 杂草稻的叶片更柔软且下垂, 至分蘖期, 杂

草稻与栽培稻特征分化更为明显。杂草稻一般表现为苗期生长速度较栽培稻快, 株高较栽培稻高。在所调查的 6 个样点中, 在栽培稻出苗约 45 d 时, 杂草稻植株平均高出栽培稻约 10 cm, 其中, 靖江的株高差异最大, 达 16.8 cm, 宜兴的最小, 为 8.2 cm。各地的杂草稻分蘖数均多于栽培稻, 1—3 个不等, 具有明显的生长优势; 杂草稻的分蘖角度在 33.9°—41.3°, 均显著大于栽培稻的分蘖角度 20°以上, 表现出株型松散、叶披散的特点(表 3)。

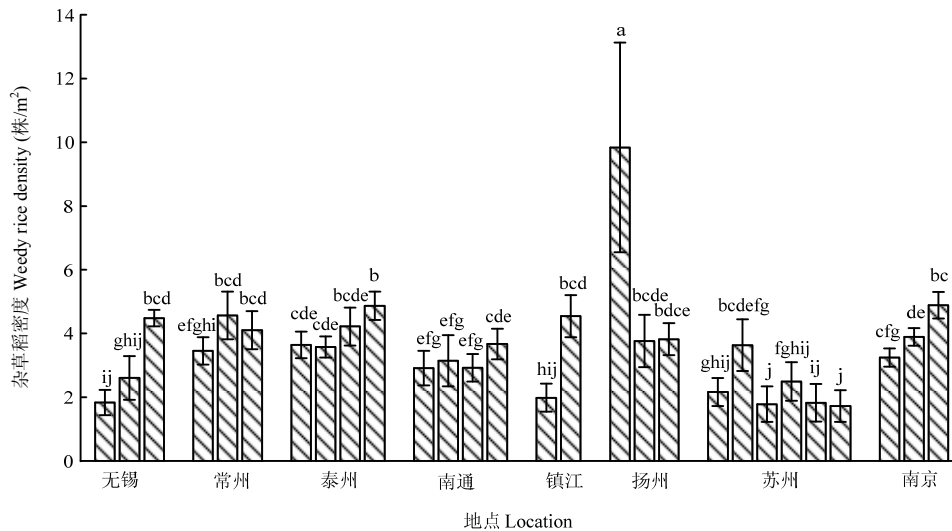


图 4 江苏 8 个调查地点的杂草稻密度比较

Fig. 4 The comparison of weedy rice density in the eight cities in Jiangsu Province

6 个样点的杂草稻叶耳、叶舌均呈紫红色, 而栽培稻的叶耳为白色半透明, 叶环为淡黄绿色, 杂草稻植株基部颜色深, 成褐色, 相应的栽培稻植株基部颜色淡, 成黄绿色(图 5)。

6 个样点中扬州邗江区杂草稻发生的密度最大, 达到了 72 株/m², 其每株分蘖数高于栽培稻 3.2 个; 靖江的杂草稻密度其次, 为 13 株/m²; 宜兴的最低, 为 2 株/m²。

对比表 3 和表 4, 各调查地点的杂草稻成熟期的密度均高于其苗期的密度, 表明在栽培稻生长期仍然陆续有杂草稻的萌发出苗。如表 4 所示, 杂草稻在成熟时的分蘖一般在 10 个以上, 靖江、南通的杂草稻单株有效分蘖达到了 13 个, 扬州的杂草稻密度最高, 分蘖数最少, 但也达到了 7.2 个/株, 栽培稻的单株分蘖数则只有 2.3—3.5 个/株, 各地杂草稻的有效分蘖数均显著高于栽培稻, 平均多出 5—10 个。在苗期, 杂



左侧: 栽培稻; 右侧: 杂草稻
Left: Cultivated rice; Right: Weedy rice

图 5 杂草稻与栽培稻苗期的形态比较

Fig. 5 The comparison between weedy rice and cultivated rice at seedling stage

表 3 杂草稻和栽培稻苗期的密度和生物学性状比较

Table 3 The comparison of density and biological characteristics between weedy rice and cultivated rice at seedling stage

地点 Site	密度 Density (株/m ²)		株高 Plant height (cm)		分蘖数 Tiller number (个/株)		分蘖角度 Tiller angle (°)	
	杂草稻	栽培稻	杂草稻	栽培稻	杂草稻	栽培稻	杂草稻	栽培稻
	Weedy rice	Cultivated rice	Weedy rice	Cultivated rice	Weedy rice	Cultivated rice	Weedy rice	Cultivated rice
扬州 Yangzhou	72.1±4.8Aa	75.8±8.9Aa	50.2±1.6Aa	39.8±1.5Bb	6.7±0.6Aa	3.5±0.3Bb	36.7±2.2Aa	12.7±1.7Bb
仪征 Yizheng	8.2±0.9Bb	92.6.1±1.1Aa	50.7±1.2Aa	42.7±0.5Bb	4.3±0.3Aa	5.0±0.7Aa	38.7±0.8Aa	10.5±2.0Bb
靖江 Jingjiang	13.1±0.8Bb	87.8.4±6.9Aa	51.0±1.6Aa	34.2±1.1Bb	6.9±0.4Aa	6.8±0.5Aa	39.2±2.5Aa	12.5±1.0Bb
常州 Changzhou	8.2±0.6Bb	93.9±8.5Aa	56.2±1.3Aa	46.9±1.1Bb	7.7±0.3Aa	6.4±0.2Bb	33.9±2.1Aa	13.1±0.2Bb
南通 Nantong	5.4±0.6Bb	105.4±5.7Aa	43.2±1.0Aa	29.6±0.8Bb	6.2±0.3Aa	5.5±0.5Ab	41.3±2.1Aa	12.8±0.6Bb
宜兴 Yixing	2.1±0.6Bb	103.6±8.4Aa	44.3±1.3Aa	36.1±1.1Bb	6.0±0.1Aa	4.7±0.1Bb	39.6±1.5Aa	12.4±1.6Bb

同一项目同一行数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。表 4, 表 5 同

The different lowercase and uppercase followed the data of the same item in the same row show significantly difference at 0.05 and 0.01 respectively. The same as Table 4, Table 5

表 4 杂草稻和栽培稻成熟期的密度和生物学性状比较

Table 4 The comparison of density and biological characteristics between weedy rice and cultivated rice at maturity

地点 Site	密度 Density (株/m ²)		株高 Plant height (cm)		分蘖数 Tiller number (个/株)	
	杂草稻	栽培稻	杂草稻	栽培稻	杂草稻	栽培稻
	Weedy rice	Cultivated rice	Weedy rice	Cultivated rice	Weedy rice	Cultivated rice
扬州 Yangzhou	77.7±4.1Aa	45.7±4.2Bb	91.0±0.9Bb	100.1±1.3Aa	7.2±0.6Aa	2.2±0.2Bb
仪征 Yizheng	10.5±0.5Bb	94.8±3.7Aa	99.4±0.8Bb	104.1±0.4Aa	10.7±0.5Aa	3.3±0.4Bb
靖江 Jingjiang	14.3±0.7Bb	80.6±2.1Aa	95.5±0.5Bb	102.6±0.8Aa	13.4±1.4Aa	3.5±0.2Bb
常州 Changzhou	11.1±0.9Bb	97.9±3.2Aa	95.5±0.4Bb	97.3±0.6Aa	11.1±0.6Aa	3.0±0.3Bb
南通 Nantong	6.4±0.6Bb	82.4±1.0Aa	100.7±0.5Bb	107.0±0.8Aa	13.1±0.7Aa	3.8±0.6Bb
宜兴 Yixing	2.5±1.1Bb	105±5.6Aa	98.6±1.0Bb	110.4±0.9Aa	12.5±1.3Aa	3.0±0.8Bb

草稻的株高显著高于栽培稻 (表 3), 而在成熟期, 株高普遍低于栽培稻 (表 4)。

杂草稻每穗粒数与栽培稻差异不显著, 但结实率普遍显著低于栽培稻, 有较多不饱满籽粒, 栽培稻的结实率均高于 91%, 不饱满籽粒少; 除扬州外, 杂草稻的千粒重均低于栽培稻; 杂草稻的单株结实量个别达上千粒, 远高于栽培稻 (表 5)。杂草稻的有效分蘖数与其密度显著负相关, 栽培稻、杂草稻每穗粒数和单株结实量与杂草稻密度均有一定的负相关性, 随杂草稻密度减小, 每穗粒数和单株结实量增加 (表 6)。在没有杂草稻的情况下, 直播稻的产量可达每亩 514 kg 以上^[31], 本调查中, 栽培稻的理论产量与杂草稻的密度呈负相关, 随单位面积杂草稻密度增大, 栽培稻产量明显减少 (表 6)。发生最轻的宜兴地区杂草稻密度 2.5 株/m², 栽培稻减产 8.3%, 最重的扬州地区达到 77.7 株/m², 栽培稻的产量降至 91.1 kg/667m², 减产 82.3% (表 5)。

本研究所调查的地区中, 杂草稻最早的在 7 月中

旬扬花, 大部分在 7 月下旬扬花, 杂草稻抽穗开花后, 颖壳及芒成红色, 有的具短芒 (图 6), 小花的柱头外露。杂草稻 9 月中下旬即开始成熟落粒, 栽培稻在 10



左侧: 杂草稻; 右侧: 栽培稻 Left: Weedy rice; Right: Cultivated rice

图 6 杂草稻与栽培稻的抽穗期形态比较

Fig. 6 The comparison of morphological traits between weedy rice and cultivated rice at the heading stage

表 5 不同地区杂草稻及栽培稻的理论产量及构成因素的测定结果

Table 5 The yield and its components of weedy rice and cultivated rice

地点 Site	每穗粒数		结实率		千粒重		单株结实量		理论产量		产量损失 Yield loss (%)
	Number of seeds per panicle		Seed fertility (%)		1000-seed-weight (g)		Number of seeds per plant		Theoretic yield (kg/667m ²)		
	杂草稻 Weedy rice	栽培稻 Cultivated rice	杂草稻 Weedy rice	栽培稻 Cultivated rice	杂草稻 Weedy rice	栽培稻 Cultivated rice	杂草稻 Weedy rice	栽培稻 Cultivated rice	杂草稻 Weedy rice	栽培稻 Cultivated rice	
扬州 Yangzhou	88.0±22.3Aa	76.4±9.4Aa	78.5±6.7Bb	91.7±6.0Aa	19.95±0.19Aa	19.61±0.33Aa	494.9±174.3Aa	152.5±51.9Bb	511.6	91.1	82.3
仪征 Yizheng	97.0±25.6Aa	93.1±9.7Aa	81.1±5.9Bb	92.0±5.5Aa	20.10±0.11Bb	22.43±0.34Aa	844.4±263.4Aa	281.1±49.5Bb	119.2	398.7	22.4
靖江 Jingjiang	103.8±26.6Aa	95.4±8.7Aa	84.1±5.5Ab	92.9±5.0Aa	19.96±0.06Bb	21.60±0.40Aa	1165.9±355.1Aa	311.3±49.2Bb	221.1	361.4	29.7
常州 Changzhou	104.6±26.7Aa	98.8±10.5Aa	81.8±6.9Bb	93.2±4.6Aa	18.93±0.13Bb	22.11±0.12Aa	948.6±203.2Aa	280.2±62.5Bb	133.3	404.6	21.3
南通 Nantong	105.3±24.9Aa	106.3±4.8Aa	86.3±4.9Ab	91.6±4.9Aa	20.75±0.19Bb	22.93±0.17Aa	1192.1±363.2Aa	368.8±75.7Bb	106.3	464.6	9.6
宜兴 Yixing	96.6±13.4Aa	105.3±8.2Aa	77.8±9.5Bb	92.1±4.4Aa	20.31±0.36Bb	22.98±0.45Aa	936.1±130.1Aa	277.4±22.9Bb	31.7	471.4	8.3

产量损失以平均亩产 514 kg^[31]计算得到 Yield loss was calculated use the average yield 514 kg^[31]

表 6 栽培稻产量与杂草稻不同指标的相关性分析

Table 6 The correlation analysis of cultivated rice yield and the different indexes of weedy rice

	栽培稻产量 Yield of cultivated rice	杂草稻指标 Indexes of weedy rice						
		密度 Density	有效分蘖数 Effective tiller number	结实率 Seed fertility	每穗粒数 Number of seeds per panicle	千粒重 1000-seed-weight	单株结实量 Number of seeds per plant	
栽培稻产量 Yield of cultivated rice	1	-0.986**	0.864*	0.400	0.750	0.197	0.801	
杂草稻 Indexes of weedy rice	密度 Density	-0.986**	1	-0.881*	-0.415	-0.780	-0.116	-0.820*
	有效分蘖数 Effective tiller number	0.864*	-0.881*	1	0.598	0.829*	0.290	0.965**
	结实率 Seed fertility	0.400	-0.415	0.598	1	0.803	0.219	0.779
	每穗粒数 Number of seeds per panicle	0.750	-0.780	0.829*	0.803	1	-0.092	0.921**
	千粒重 1000-seed-weight	0.197	-0.116	0.290	0.219	-0.092	1	0.240
	单株结实量 Number of seeds per plant	0.801	-0.820*	0.965**	0.779	0.921**	0.240	1

“*”表示在 $P \leq 0.05$ 水平差异显著; “**”表示在 $P \leq 0.01$ 水平差异显著

“*” indicate significant differences at $P \leq 0.05$; “**” indicate significant differences at $P \leq 0.01$

月成熟。杂草稻每穗种子的成熟度不均一, 稻穗是从上到下边成熟边脱落。杂草稻的生育期约为 110—120 d, 均较栽培稻短 15—30 d, 且杂草稻枯萎早。

3 讨论

3.1 杂草稻生长势的特点及其危害

Estorninos 等^[32]研究表明杂草稻出苗后, 在苗期生长快, 分蘖多, 植株较为高大, 生物量大, 本研究

中各地杂草稻苗期调查中也发现杂草稻在苗期比栽培稻生长更为迅速, 分蘖旺盛, 植株显著高于栽培稻, 对栽培稻有荫蔽作用。杂草稻对 N 的利用效率高于栽培稻, 杂草稻能够吸收施用 N 肥的 60% 以上用于生长; 有些杂草稻对 N 的利用甚至比栽培稻高出 3 倍^[33-34], 因而使得杂草稻对营养、水分和光照的竞争力强于栽培稻, 处于竞争优势地位。杂草稻的密度越大, 对栽培稻的竞争作用就越强^[35], 对栽培稻产量影响也就越

明显。杂草稻危害导致栽培稻减产的主要表现就是栽培稻有效穗数和每穗粒数显著降低^[33]，本调查中，杂草稻在早期生长过程中的优势地位影响到栽培稻的生长发育，进一步影响栽培稻的分蘖能力，特别是有效分蘖数，最终影响到栽培稻的有效穗数，造成栽培稻的减产。2009年江苏省6个定点调查地点中，杂草稻发生最严重的田块每平方米有70多株杂草稻，栽培稻几近绝收，中度发生田块，杂草稻每平方米约有8株，此时栽培稻每亩减产可达100 kg以上，杂草稻发生轻微田块密度则约为2株/m²，栽培稻虽减产幅度小，但稻米的产量和品质仍受到影响。2010年江苏沿江8个省辖市，28个市（县、区）的调查显示，杂草稻的发生面积很大，危害范围不断扩大，沿江地区的绝大部分稻田（除少数移栽田外）都有杂草稻的发生，各市的杂草稻的平均密度从2—6株/m²不等，有的甚至在9株/m²以上，约有一半的田块杂草稻的综合危害指数在50%以上，杂草稻对各地的栽培稻生产均造成了不同程度的危害，因此对杂草稻的防控迫在眉睫。

3.2 杂草稻与栽培稻的形态特征差异与杂草稻的鉴别防除

揭示杂草稻与栽培稻形态学的差异，可以使农民把握区分杂草稻和栽培稻要点，以便尽早采取相应措施控制杂草稻的危害。但是，由于杂草稻与栽培稻同属于一个物种，它们间的差别既多样又微小。

在分蘖前，杂草稻叶细长披散下垂，叶色较淡。随着进入分蘖期，杂草稻在形态上与栽培稻的差异更为明显。杂草稻的生长快，植株高，分蘖旺盛，分蘖明显较栽培稻多，分蘖角度大，植株高且松散，叶色较浅，大部分杂草稻的叶舌和叶耳呈现紫红色，而栽培稻的叶环淡黄绿色、叶耳为白色。因此在这个时期很容易将杂草稻与栽培稻区分开，可以据此进行杂草稻人工拔除；在拔节期后杂草稻生育进程加快，抽穗早，在扬花期，有些杂草稻的颖壳及芒呈红色，而栽培稻的颖壳绿色，这个时期也很容易区分出杂草稻和栽培稻，所以残留的可依此鉴别特征，在此时期拔除；在成熟期，杂草稻的子粒（颖果）与栽培稻也存在不同，栽培稻的一般为白色，而大部分的杂草稻的果皮由色素沉积，呈红色，且谷粒相对较细长，加工后米碎，这是导致稻米品质下降的主要因素^[3, 36]。

3.3 繁殖特性的差异与防除

杂草稻与栽培稻的每穗粒数相近，结实率低于栽培稻，但杂草稻的分蘖很多，显著高于栽培稻，最终

表现为杂草稻单株结实量显著高于栽培稻，繁殖系数也就显著较高，这也是杂草稻杂草性的重要表现之一。这一特性可以保证其有较多的后代能够持续下去，同时加大了防除杂草稻的难度。

另外杂草稻的种子小，千粒重轻。杂草稻的成熟较栽培稻早，且杂草稻穗的成熟度不一，边熟边落，大部分的杂草稻粒在栽培稻成熟前已经脱落，形成杂草稻的土壤种子库。杂草稻种子普遍具有较强的种子休眠特性^[37]，可以在土壤里保持活力多年，等待合适的田间条件出苗，再次造成危害。因而为了控制土壤中杂草稻种子的数量，减少杂草稻对下茬栽培稻的危害，应该在杂草稻扬花时，成熟落粒前就将杂草稻拔除或割除杂草稻穗，减少进入土壤种子库中杂草稻的数量。

3.4 杂草稻防除的措施

杂草稻的防除需要根据杂草稻自身的特点，结合多种措施和方法，包括预防措施、耕作方式、化学防除等，才能获得较好的防控效果^[38]。

预防措施包括精选种子，建立相应的法律法规规范种子生产，从而从源头切断杂草稻种子的传播途径。预防措施对避免把杂草稻种子引入洁净区非常重要，采用高纯度的种子是防止杂草稻蔓延的最基本的措施。

杂草稻和栽培稻在解剖特征和生理上的相似性，化学除草剂很难在杂草稻与栽培稻之间进行选择，因而限制了化学除草剂在栽培稻种植后的生长季节使用。但是，在栽培稻播种前，先翻耕土壤，然后灌水促使杂草稻萌发，再施用草甘膦、百草枯等除草剂对杂草稻进行灭杀，间隔数天后播种栽培稻^[39-40]是一种可行的方法。

另外轮作也是控制杂草稻危害的有效方法^[41]，栽培稻可以和大豆、玉米、高粱等轮作。此外，还可以通过水层管理来减少杂草稻的危害。已有研究表明在田间淹水，维持土壤表面的无氧条件，可以抑制杂草稻的萌发^[42-43]。直播和移栽（手工或机插）轮用，可以抑制杂草稻的暴发。

由于杂草稻具有很强的落粒性，因而栽培稻收割后不宜立即深耕，以避免将杂草稻种子埋入更深的地下种子库^[44]成为持续种子库，随后可采取灌水处理，可促使杂草稻种子尽早发芽和腐烂^[45]。而在下一季栽培稻播种前可对稻田进行深耕，把散落在地表的杂草稻种子埋到下层，减少土壤浅层的杂草稻数量以减少出苗。

此外,在对杂草稻各阶段特性了解的基础上,对其进行鉴别,在杂草稻成熟前进行人工拔除,减小其危害。

4 结 论

通过对江苏省沿江地区多个县市直播稻田杂草稻的调查,了解了该地区杂草稻的发生率、发生密度、综合危害指数等具体发生情况。通过对其中6个地点杂草稻的定点研究,对杂草稻的数量、营养和生殖生物学特性有了直观的认识,明确了杂草稻和栽培稻的差异特征。调查结果显示,随杂草稻密度增加,栽培稻的每穗粒数、单株结实量减少,栽培稻产量与杂草稻密度成负相关性。人工拔除是防除杂草稻的可行方法,其适宜时期在分蘖初期、扬花期。

References

- [1] Fageria N K, Baligar V C. Upland rice and allelopathy. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2003, 34: 1311-1329.
- [2] 杨庆, 马殿荣, 宋冬明, 陈温福. 不同密度杂草稻对栽培稻群体形态特征及产量的影响. *北方栽培稻*, 2008, 38(5): 28-31.
Yang Q, Ma D R, Song D M, Chen W F. The effect of weedy rice with different density on morphological characters and yields of cultivated rice population. *North Rice*, 2008, 38(5): 28-31. (in Chinese)
- [3] Gealy D R, Bryant R J. Seed physicochemical characteristics of field-grown US weedy red rice (*Oryza sativa*) biotypes: Contrasts with commercial cultivars. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49: 239-245.
- [4] 戴伟民, 宋小玲, 吴川, 张连举, 左然林, 张峥, 李淑顺, 曹旦, 左娇, 杨琳, 刘琳莉, 强胜. 江苏省杂草稻危害情况的调研. *江苏农业学报*, 2009, 25(3): 712-714.
Dai W M, Song X L, Wu C, Zhang L J, Zuo R L, Zhang Z, Li S H, Cao D, Zuo J, Yang L, Liu L L, Qiang S. Investigation of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) occurrence in Jiangsu Province. *Jiangsu Journal of Agriculture Science*, 2009, 25(3): 712-714. (in Chinese)
- [5] 梁帝允, 强胜, 张绍明, 沈国辉. 稻田杂草稻发生趋重栽培稻生产受到威胁. *中国植保导刊*, 2009, 29(2): 38-39.
Liang D Y, Qiang S, Zhang S M, Shen G H. Weedy rice infested seriously and imperiled the rice production. *China Plant Protection*, 2009, 29(2): 38-39. (in Chinese)
- [6] 潘学彪, 陈宗祥, 左示敏, 张亚芳. 江苏省杂草稻成因及防控策略. *江苏农业科学*, 2007(4): 52-54.
Pan X B, Chen Z X, Zuo S M, Zhang Y F. Origin and control strategy on the weedy rice occurred in Jiangsu province. *Jiangsu Agriculture Science*, 2007(4): 52-54. (in Chinese)
- [7] Smith R J. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). *Weed Science*, 1981, 29(6): 663-666.
- [8] Bres-Patry C, Lorieux M, Clement G, Bangratz M, Ghesquiere A. Heredity and genetic mapping of domestication-related traits in a temperate japonica weedy rice. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, 102: 118-126.
- [9] Noldin J A, Chandler J M, McCauley G N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes. *Weed Technology*, 1999, 13(1): 12-18.
- [10] Cao Q J, Li B, Song Z P, Cai X X, Lu B R. Impact of weedy rice populations on the growth and yield of direct-seeded and transplanted rice. *Weed Biology and Management*, 2007, 7: 97-104.
- [11] 马殿荣, 陈温福, 徐正进, 张文忠. 辽宁省杂草稻的发生及其控制措施. *中国农学通报*, 2005, 21(8): 358-360, 365.
Ma D R, Chen W F, Xu Z J, Zhang W Z. Origin and control measurement of weedy rice in Liaoning. *Chinese Agriculture Science Bulletin*, 2005, 21(8): 358-360, 365. (in Chinese)
- [12] 吴川, 戴伟民, 宋小玲, 强胜. 辽宁和江苏两省杂草稻植物性状多样性. *生物多样性*, 2010, 18(1): 29-36.
Wu C, Dai W M, Song X L, Qiang S. Diversity of plant traits of weedy rice in Liaoning and Jiangsu provinces. *Biodiversity Science*, 2010, 18(1): 29-36. (in Chinese)
- [13] Estorninos L E, Gealy D R, Gbur E E, Talbert R E, McClelland M R. Rice and red rice interference. II. Rice response to population densities of three red rice (*Oryza sativa*) ecotypes. *Weed Science*, 2005, 53: 683-689.
- [14] 相同德, 徐文甫, 陈金宏. 杂草稻的发生特点及防除措施. *现代农业科技*, 2008(4): 87-88.
Xiang T D, Xu W F, Chen J H. The occurrence and control of weedy rice. *Modern Agriculture Science and Technology*, 2008(4): 87-88. (in Chinese)
- [15] 杨巍, 吴其褒, 陈惠哲, 朱德峰. 杂草稻生物学特性、危害与防治方法. *中国稻米*, 2008(3): 50-53.
Yang W, Wu Q B, Chen H Z, Zhu D F. The biology characters, hazard, and control. *China Rice*, 2008(3): 50-53. (in Chinese)
- [16] 袁晓丹, 赵国臣, 柳参奎, 吴明根. 东北地区杂草稻主要农艺性状的评价. *吉林农业科学*, 2006, 31(6): 6-9.
Yuan X D, Zhao G C, Liu S K, Wu M G. Evaluation of main characteristics of weedy rice in the Northeast of China. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2006, 31(6): 6-9. (in Chinese)
- [17] Dekker J. Weed diversity and weed management. *Weed Science*, 1997,

- 45(3): 357-363.
- [18] Diarra A, Smith R J, Talbert R E. Interference of red rice (*Oryza sativa* L.) with rice (*O. sativa*). *Weed Science*, 1985, 33(5): 644-649.
- [19] Eleftherohorinos I G, Dhima K V, Vasilakoglou I B. Interference of red rice in rice grown in Greece. *Weed Science*, 2002, 50: 167-172.
- [20] Kwon S L, Smith R J, Talbert R E. Interference of red rice (*Oryza sativa*) densities in rice (*O. sativa*). *Weed Science*, 1991, 39(2): 169-174.
- [21] Smith R J. Weed thresholds in southern U.S. rice, *Oryza sativa*. *Weed Technology*, 1988, 2(3): 232-241.
- [22] 余柳青, Johnson David E., 周勇军, 张建萍, 玄松南. 杂草稻落粒稃的生物学特性与防治. *植物保护学报*, 2005, 32(3): 319-323.
Yu L Q, Johnson David E., Zhou Y J, Zhang J P, Xuan S N. The biological characteristics and control of a weedy rice Luolijing (*Oryza sativa*). *Acta Phytophylacica Sinica*, 2005, 32(3): 319-323. (in Chinese)
- [23] Ishikawa R, Toki N, Imai K, Sato Y I, Yamagishi H, Shimamoto Y, Ueno K, Morishima H, Sato T. Origin of weedy rice grown in Bhutan and the force of genetic diversity. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2005, 52: 395-403.
- [24] Londo J P, Schaal B A. Origins and population genetics of weedy red rice in the USA. *Molecular Ecology*, 2007, 16: 4523-4535.
- [25] Zhang J, Burgos N R, Ma K, Zhou Y J, Geng R M, Yu L Q. Genetic diversity and relationship of weedy rice in Taizhou city, Jiangsu Province, China. *Rice Science*, 2008, 15(4): 295-302.
- [26] Prathepha P. Seed morphological traits and genotypic diversity of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) populations found in the Thai Hom Mali rice fields of north-eastern Thailand. *Weed Biology and Management*, 2009, 9: 1-9.
- [27] Burgos N R, Norman R J, Gealy D R, Black H L. Competitive N uptake between rice and weedy rice. *Field Crops Research*, 2006, 99: 96-105.
- [28] 强 胜, 李扬汉. 安徽沿江圩丘农区栽培稻田杂草群落的研究. *杂草学报*, 1989, 3(3): 18-25.
Qiang S, Li Y H. Investigation on the weed communities in rice fields in Yanjiang area of Anhui province. *Journal of Weed Science*, 1989, 3(3): 18-25. (in Chinese)
- [29] Qiang S. Multivariate analysis, description, and ecological interpretation of weed vegetation in the summer crop fields of Anhui Province, China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2005, 47(10): 1193-1210.
- [30] 强 胜. 杂草学. 第二版. 北京: 中国农业出版社, 2009: 261-262.
Qiang S. *Weed Science*. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 261-262. (in Chinese)
- [31] 张祖建, 谢成林, 谢仁康, 郎有忠, 杨 岚, 张菊芳, 朱庆森. 苏中地区直播栽培稻的群体生产力及氮肥运筹的效应. *作物学报*, 2011, 37(4): 677-685.
Zhang Z J, Xie C L, Xie R K, Lang Y Z, Yang L, Zhang J F, Zhu Q S. Population production capacity of direct-seeding rice in central Jiangsu region and effects of nitrogen application. *Acta Agronomica Sinica*, 2011, 37(4): 677-685. (in Chinese)
- [32] Estorninos L E, Gealy D R, Talbert R E. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. *Weed Technology*, 2002, 16: 401-406.
- [33] 宋冬明, 马殿荣, 杨 庆, 陈温福. 杂草稻密度对栽培稻生长发育和产量的影响. *沈阳农业大学学报*, 2008, 39(3): 270-273.
Song D M, Ma D R, Yang Q, Chen W F. Effects of weedy rice density on growth characteristics and yield of the rice. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2008, 39(3): 270-273. (in Chinese)
- [34] Shivrain V K, Burgos N R, Gealy D R, Smith K L, Scott R C, Mauromoustakos A, Black H. Red rice (*Oryza sativa*) emergence characteristics and influence on rice yield at different planting dates. *Weed Science*, 2009, 57: 94-102.
- [35] Ottis B V, Smith K L, Scott R C, Talbert R E. Rice yield and quality as affected by cultivar and red rice (*Oryza sativa*) density. *Weed Science*, 2005, 53: 499-504.
- [36] Kwon S L, Smith R J, Talbert R E. Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice (*O. sativa*). *Weed Science*, 1992, 40(1): 57-62.
- [37] Harlan J R, De Wet J M J, Price E G. Comparative evolution of cereals. *Evolution*, 1973, 27(2): 311-325.
- [38] Gressel J, Valverde B E. A strategy to provide long-term control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds. *Pest Management Science*, 2009, 65: 723-731.
- [39] Ferrero A, Vidotto F, Balsari P, Airoidi G. Mechanical and chemical control of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) in rice (*Oryza sativa* L.) pre-planting. *Crop Protection*, 1999, 18: 245-251.
- [40] Noldin J A, Chandler J M, McCauley G N, Sij J W. Red rice (*Oryza sativa*) and *Echinochloa* spp. control in Texas Gulf coast soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 1998, 12(4): 677-683.
- [41] Cao Q J, Lu B R, Xia H, Rong J, Sala F, Spada A, Grassi F. Genetic diversity and origin of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) populations found in North-eastern China revealed by simple sequence repeat (SSR) markers. *Annals of Botany*, 2006, 98: 1241-1252.

- [42] Diarra A, Smith R J, Talbert R E. Red rice (*Oryza sativa*) control in drill-seeded rice (*Oryza sativa*). *Weed Science*, 1985, 33(5): 703-707.
- [43] 徐世林, 陈德辉, 李 群, 张 鹏. 稻田杂草稻发生规律及控制技术探讨. *作物研究*, 2007(1): 35-37.
- Xu S L, Chen D H, Li Q, Zhang P. The occurrence and control technology of weedy rice happened in rice field. *Crop Research*, 2007(1): 35-37. (in Chinese)
- [44] Noldin J A. Red rice status and management in the Americas//Baki B, Chin D V, Mortimer M. *Proceedings of Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia-A Review*. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 2000: 21-24.
- [45] Eleftherohorinos I G, Dhima K V. Red rice (*Oryza sativa*) control in rice (*O. sativa*) with preemergence and postemergence herbicide. *Weed Technology*, 2002, 16(3): 537-540.
- (责任编辑 岳 梅)

2013 年《草地学报》征订启事

《草地学报》是中国科协主管、中国草学会主办、中国农业大学草地研究所承办的学术刊物，是了解草地科学前沿科技、创新成果和草业发展的重要窗口。主要刊登国内外草地科学研究及相关领域的新成果、新理论、新进展，以研究论文为主，兼发少量专稿、综述、简报和硕博论文精要，主要面向从事草地科学、草地生态、草地畜牧业和草坪业及相关领域的高校师生和科研院、所、站的科研人员。本刊从 2012 年 6 月 20 日正式开始在线投稿和审稿，欢迎各位审稿专家、作者和读者通过本刊网站 (<http://www.cdxb.org>) 进行审稿、投稿和查阅。

《草地学报》为中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、RCCSE 中国权威学术刊物，并被美国 CA 及 Thomson Reuters Master Journal List、英国 CABI 及 ZR、波兰 IC 等检索机构收录。同时为《中国科学引文数据库 (CSCD)》、《中国学术期刊综合评价数据库 (CAJCED)》、《中国学术期刊文摘》及其英文版源期刊，并被《中国核心期刊 (遴选) 数据库》、《万方数据—数字化期刊群》、《中国期刊全文数据库 (CJFD)》、《中国生物学文摘》、《中国生物学文献数据库》、台湾《CEPS 中文电子期刊》收录，并荣获首届《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊奖。2010 年影响因子为 1.138 (据中信所 2011 版《中国科技期刊引证报告》核心版); 复合影响因子提升为 1.833 (据《中国学术期刊影响因子年报(2011)》)，在所属畜牧、兽医学科中排名第 3 位。

《草地学报》为双月刊，全铜版印刷，彩色四封，逢单月月末出版，国内外公开发行 (国内邮发代号: 80-135; 国外代号: Q1949)，每期定价 20 元，全年 120 元。若错过邮订时间，可直接向本刊编辑部订购 (中国草学会会员订阅可优惠 25%)。

地址: 北京市海淀区圆明园西路 2 号中国农大动科大楼 152 室 (邮编: 100193)

电话: 010-62733894; <http://www.cdxb.org>; E-mail: cdxb@cau.edu.cn