

水生生物型空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 对环境因子的反应及与水稻的竞争

余柳青¹ Yoshiharu FUJII² 周勇军¹ 张建萍¹ 陆永良¹ 玄松南¹

(¹ 中国水稻研究所 水稻生物学国家重点实验室, 浙江 杭州 310006; ² 日本国立农业环境技术研究所, 日本 筑波 305 8604)

Response of Aquatic *Alternanthera philoxeroides* to Environmental Factors and Its Competition with Rice

YU Liu qing¹, Yoshiharu FUJII², ZHOU Yong jun¹, ZHANG Jian ping¹, LU Yong liang¹, XUAN Song nan¹

(¹ State Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; ² National Institute for Agro Environmental Science, Tsukuba, Ibaraki 305 8604, Japan)

Abstract: To determine the influence of the environmental factors on the viability of aquatic *Alternanthera philoxeroides* and its competitive ability against rice, the effects of low temperature, drought stress, salt alkali and water depth on the survival rate, propagation rate and fresh biomass of *A. philoxeroides* plants, and the influence of this weed with different population density on the rice grain yield were studied with bioassay method. The treatment with the stem of *A. philoxeroides* treated at 4 °C then grown under normal temperature gave *A. philoxeroides* a high viability of 84%, while no viable plants was found at -20 °C. Compared with the fresh stem (with water content of 93.5%), the survival rate, propagated stem number and fresh biomass of *A. philoxeroides* stems at water content of 30.2% were reduced by 45%, 33% and 74% respectively. The treatments of the 0.1% salt alkaline solution led to the loss of the viability of *A. philoxeroides* stem. The *A. philoxeroides* stem could grow in wet soil with different water depth. *A. philoxeroides* with a density of 23 - 360 plants/m² reduced the rice grain yield by 43% - 53% when the density of rice plants was 100 plants/m².

Key words: *Alternanthera philoxeroides*; aquatic biotype; rice; environmental factor; viability; competitive ability

摘要: 为明确环境因子对水生生物型空心莲子草生活力的影响以及空心莲子草与水稻的竞争关系, 采用生物测定方法, 分析了低温、干燥、盐碱、水层等因子对空心莲子草茎的活棵率、繁殖茎数和植株生物量的影响, 还研究了不同种群密度的空心莲子草对水稻产量性状的影响。空心莲子草茎在 4 °C 低温随后常温处理的活棵率达 84%, 而在 -20 °C 随后常温处理后完全失去生活力; 在含水量为 30.2% 时, 空心莲子草茎的活棵率、繁殖茎数和植株鲜质量比鲜样 (含水量 93.5%) 处理的分别下降了 45%、33% 和 74%。0.1% 盐碱水溶液处理就可使空心莲子草茎基本失去生活力; 水生生物型空心莲子草茎在土壤湿润和不同水层条件下都能够成活和生长。在水稻 100 株/m² 条件下, 接种空心莲子草茎 23 ~ 360 株/m² 使水稻减产 43% ~ 53%。

关键词: 空心莲子草; 水生生物型; 水稻; 环境因子; 生活力; 竞争力

中图分类号: S451

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2007)02-0209-06

外来入侵植物空心莲子草 [*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb] 已成为我国农田新的恶性杂草, 使水稻及多种旱作物的产量和质量下降^[1]。陆峥嵘等^[2] 调查发现, 在上海稻田杂草种群 2 级危害水平以上的空心莲子草出现频率达 12.7%, 仅次于鸭舌草 (18.6%) 和稗草 (15.3%)。空心莲子草是该地区 20 年来出现频率增幅最大的杂草, 达 100%, 其次为鸭舌草 (88.5%)、矮慈姑 (77.9%) 和千金子 (24.7%)。因此, 研究和推广防治新技术、有效控制空心莲子草的蔓延, 已成为我国植物保护科技工作者的紧迫任务。除人为引种扩散外, 空心莲子草极强的无性繁殖力是导致它蔓延成灾的重要原因。张光富等^[3] 在江苏野外定点调查中未发现空心莲子草开花后有结实现象。张秀艳等^[4] 在河南郑州观察到空心莲子草仅有 6.5% 的结

实率。林金成和强胜^[5] 研究发现, 水生、湿生和旱生生物型空心莲子草带有一个节的匍匐茎或根状茎便可繁殖, 空心莲子草肉质状根的片段只要带有芽眼, 即使仅有 0.2 cm 长仍可繁殖。项卫东等^[6] 在完成空心莲子草的遗传多样性分析后指出, 防治该杂草的最有效措施是加强对其无性繁殖体临近传播、蔓延和扩散途径的阻断。沈健英等^[7] 研究了环境因子对陆生生物型空心莲子草地下根状茎出苗和生长的影响, 指出陆生生物型空心莲子草根状茎能在 10 ~ 40 °C 条件下出苗, 其最适生长温度为 20 ~ 30 °C; 可在 10% ~ 55% 的土壤湿度条件下出苗, 最适为 30%, 而在 < 5% 和 > 60% 土壤湿度条件下不

收稿日期: 2006-08-02; 修改稿收到日期: 2006-10-24。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30571231)。

第一作者简介: 余柳青 (1953 -), 男, 博士, 研究员。

能出苗,适宜土壤深度为 0~2 cm,最适为 0.5 cm;对干旱状态反应敏感,当根状茎含水量为 42.4%~78.2%时,其出苗率分别为 21.7%~73.4%,当根状茎含水量为 22.2%时,不能出苗。

然而,不同生物型空心莲子草对环境因子的反应存在差异。陶勇等^[8]通过对旱生型、挺水型和漂浮型空心莲子草的研究证实,水分条件的变化对该杂草的全部形态参数都有极显著的影响。因此,水生生物型空心莲子草与环境因子的相关性仍有待研究确定。研究空心莲子草与水稻的竞争,是确定其危害水平、经济阈值和制订防治策略的需要。但这方面的研究报道较少。为此,我们开展了本项试验,目的是研究水生生物型空心莲子草水下茎对环境因子的反应以及与水稻的竞争,为解释其地区分布特性,制订正确的防治策略和发明新的生态控制技术提供理论依据。

1 材料与方 法

供试水生生物型空心莲子草水下茎采自中国水稻研究所富阳试验基地 B 区南河。采后用自来水冲洗干净,选择粗细较一致的水下茎,用剪刀剪成 3 cm 长小段,装入牛皮纸袋中备用。空心莲子草水下茎萌发和苗期观察试验均在温室进行,试验时间为 2006 年 1~5 月,自然光照。其中 1~3 月供暖,最高温度 29.8℃,最低温度 19.6℃,平均 24.7℃;4~5 月为自然温度。

1.1 空心莲子草茎的耐冷试验

冷冻试验在同一台冰箱(Haier,BCD-205F)中进行,处理温度分别为 22±5℃(室温)、4±1℃(冰箱上层)和 -20℃(冰箱低层)。冷冻处理时间分别为 10、24、48 和 72 h。

将冷冻处理后的空心莲子草茎移栽盆中,每盆 5 个茎段,每个茎段长 3 cm,重复 4 次。盆子为塑料黑盆(直径 23 cm,高 18 cm),预先装土约 5 kg。移栽后浇水并一直保持土壤水层 2~3 cm。

盆栽 21 d 后,调查空心莲子草萌发成苗数、茎数和植株鲜质量。

1.2 空心莲子草茎的耐干燥试验

将空心莲子草茎段(长 3 cm)置室内通风处风干,温度大约为 25~30℃。于不同干燥时间称量,直至达到或接近设计的含水量。用于校准含水量的样品置 100℃烘箱中 2 d,每天 10 h,烘至恒重。校准含水量的计算公式为:

校准含水量 = [(样品鲜质量 × 100 - 烘干样品

的含水量) - (鲜质量 - 干质量)/鲜质量] × 100%;干燥处理后,将空心莲子草茎段移栽于盆中,每盆 5 个茎,重复 4 次。盆子规格、土壤水分状态、培养时间及调查内容均同 1.1。

1.3 空心莲子草茎的耐盐碱试验

按 NaCl : KNO₃ (质量比) = 1 : 1 配制盐碱(NaCl + KNO₃)水溶液。盐碱水溶液处理浓度分别为 0.00%、0.10%、0.25%、0.50%、1.00%、2.50% 和 5.00%。

将空心莲子草茎段移入铺有滤纸的培养皿(直径 9 cm)中,每皿 5 个茎段,重复 4 次。加入盐碱水溶液 5 mL,置温室下 72 h。

盐碱水溶液处理后,将空心莲子草茎段移栽于盆中,每盆 5 个茎段,重复 4 次。盆子规格、土壤水分状态、培养时间及调查内容均同 1.1。

1.4 空心莲子草茎的耐水淹试验

将空心莲子草茎段移栽盆中,重复 4 次,置温室中。水层处理分别为 0 cm(土壤湿润状态)、1、3、5、10、20 和 30 cm。盆子规格、培养时间及调查内容均同 1.1。

1.5 空心莲子草与水稻的竞争试验

供试水稻品种为中 156,由中国水稻研究所培育,常规籼稻品种。盆栽用塑料方盆(45 cm × 30 cm × 15 cm),装土至 2/3 盆高。水稻种子用浸种灵(10%二硫氰基甲烷乳油)消毒、浸种和催芽,至种子露白时播种,种植密度为 100 株/m²,排列成 3 行,行间距 15 cm。

为模拟空心莲子草对移栽水稻的影响,在水稻播种后 30 d 移栽空心莲子草茎,2 行排列。密度分别为 23、45、90、180 和 360 茎/m²,并设空心莲子草 45 茎/m² 无水稻对照以及水稻 100 株/m² 无空心莲子草为对照。在水稻播种后 45 d 调查空心莲子草茎数和植株高度;在水稻成熟期调查空心莲子草茎数、植株地上部干质量,水稻有效分蘖数、株高、每穗实粒数、干谷百粒重。计算水稻理论产量(Y),公式为: $Y/(kg \cdot hm^{-2}) = \text{每盆茎蘖数} \times \text{每穗实粒数}/100 \times \text{干谷百粒重}/\text{盆面积} \times 10$ 。

所有数据用 DPS 软件进行方差分析,差异显著性检验采用 Tukey 方法^[9]。

2 结果与分析

2.1 空心莲子草茎对低温的反应

随着温度的降低,空心莲子草茎的活棵数和植株鲜质量显著下降(表 1)。空心莲子草茎在 4℃ 低

表 1 低温对空心莲子草茎生活力的影响

Table 1. Effects of low temperature on the viability of *A. philoxeroides* stem.

处理温度 Treatment temperature/	活棵率 Rate of survival plants/%	每盆茎数 No. of stems per pot	植株鲜质量 Fresh weight of plant/(g · pot ⁻¹)
22 ± 5	100.0 ± 0.0 a	16.7 ± 1.5 a	20.1 ± 1.0 a
4 ± 1	84.0 ± 0.0 b	14.5 ± 1.0 a	13.6 ± 1.1 b
- 20	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 c

同一栏内数据后带相同字母者表示在 5% 水平差异不显著。下表同。

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by the Tukey's test. The same as in the tables below.

表 2 不同含水量的空心莲子草茎生活力

Table 2. Effect of different water contents on the viability of *A. philoxeroides* stems.

含水量 Water content/%	活棵率 Rate of survival plant/%	每盆茎数 No. of stems per pot	植株鲜质量 Fresh weight of plant/(g · pot ⁻¹)
93.5	100 a	6.75 a	5.24 a
76.0	100 a	6.75 a	5.00 ab
57.0	100 a	6.25 ab	4.12 b
40.8	85 a	5.25 b	1.33 c
30.2	55 b	4.50 b	1.39 c
11.4	35 c	2.00 c	0.46 c

表 3 盐碱对空心莲子草茎生活力的影响

Table 3. Effect of the saline alkaline solution on the viability of *A. philoxeroides* stem.

盐碱水溶液浓度 Saline alkaline concentration /%	活棵率 Rate of survival plant/%	每盆茎数 No. of stems per pot	植株鲜质量 Fresh weight of plant/(g · pot ⁻¹)
0.00	100 a	9.8 a	9.6 a
0.10	5 b	0.5 b	0.3 b
0.25	5 b	0.8 b	0.5 b
0.50	5 b	1.0 b	0.8 b
1.00	5 b	0.5 b	0.3 b
2.50	0 b	0.0 b	0.0 b
5.00	0 b	0.0 b	0.0 b

温处理后,仍可以在适宜条件下正常生长。但是,当温度降低到 - 20 时,空心莲子草茎不能存活(表 1)。低温持续时间从 10 h 到 72 h 对空心莲子草茎生活力的影响差异不显著(数据略)。

2.2 含水量对空心莲子草茎生活力的影响

新鲜空心莲子草茎的含水量高达 93.5%。随着含水量的降低,空心莲子草茎的活棵率、茎数和植株鲜质量均显著下降(表 2)。当含水量降低到 30.2% 时,空心莲子草活棵率下降了 45 个百分点,茎数和植株鲜质量分别下降了 33% 和 74% (表 2)。

2.3 盐碱对空心莲子草茎生活力的影响

空心莲子草茎对盐碱的反应非常敏感。很低浓度(0.10%)的盐碱水溶液处理时,空心莲子草茎的活棵率、茎数和植株鲜质量与对照相比均显著下降。当盐碱水溶液浓度增加到 2.50% 时,空心莲子草茎

完全失去生活力(表 3)。

2.4 水层对空心莲子草茎生活力的影响

空心莲子草茎在土壤湿润和不同水层条件下都能够成活和生长。随着水层加深,空心莲子草植株高度显著增加,在水层 20 cm 处理时达到最大值。而空心莲子草茎数随着水层加深显著降低,在土壤湿润无水层条件下其茎数最高。空心莲子草植株鲜质量在水层 20 cm 处理时达到最大值。当水层深度提高到 30 cm 时,空心莲子草植株高度、茎数和植株鲜质量均显著下降。表明由于过深的水层造成缺氧环境,不利于空心莲子草的生长(表 4)。

2.5 水生生物型空心莲子草与水稻的竞争

在水稻播种后 45 d 调查结果显示,在相同的水稻密度条件下,随着空心莲子草密度的提高,水稻植株高度明显下降,且在空心莲子草为 360 株/m² 时,

表 4 水层对空心莲子草茎生活力的影响

Table 4. Effects of water depth on the viability of *A. philoxeroides* stem.

水层深度 Water depth /cm	植株高度 Plant height/cm	活棵率 Rate of survival plant/%	每盆茎数 No. of stems per pot	植株鲜质量 Fresh weight of plant/(g · pot ⁻¹)
0	15.5 cd	100 a	10.8 a	4.3 c
1	20.5 bc	100 a	10.3 a	8.5 abc
3	24.2 b	100 a	9.3 ab	9.5 ab
5	20.8 bc	95 ab	6.5 cd	5.6 bc
10	22.4 b	85 b	5.0 d	6.4 abc
20	34.6 a	100 a	7.0 bcd	10.5 a
30	25.5 b	100 a	6.5 cd	5.0 bc

表 5 空心莲子草与水稻的竞争

Table 5. Competition between *A. philoxeroides* and rice.

测定项目 Parameter	处理 ¹⁾ Treatment ¹⁾ / (Plants · m ⁻²)						
	R100 + A0	R100 + A23	R100 + A45	R100 + A90	R100 + A180	R100 + A360	R0 + A45
水稻播种后 45 d 45 days after rice sowing							
水稻植株高度 Plant height of rice/cm	65.7a	63.8 ab	64.1 ab	63.4 ab	63.4 ab	61.5 bc	-
空心莲子草植株高度 Plant height of <i>A. philoxeroides</i> /cm	-	18.3 bc	27.5 b	28.9 b	40.0 ab	40.0 ab	120.9 a
水稻成熟期 Rice maturity stage							
空心莲子草茎数 No. of <i>A. philoxeroides</i> stem	-	26.0 d	37.7 cd	89.0 bc	76.0 bcd	99.0 b	246.0 a
空心莲子草地上部干质量 Dry weight of <i>A. philoxeroides</i> shoot/(g · pot ⁻¹)	-	4.02 c	6.32 c	15.44 b	13.69 b	16.61 b	48.81 a
水稻植株高度 Plant height of rice/cm	64.6 a	60.2 b	62.2 ab	59.0 b	60.2 b	62.2 ab	
水稻有效茎蘖数 No. of effective stems per pot of rice	31.65 a	20.40 b	20.40 b	22.80 b	19.95 b	18.75 b	
水稻每穗实粒数 No. of grains per panicle of rice	25.4 a	22.8 ab	22.5 ab	21.5 b	21.3 b	21.3 b	
水稻百粒重 100 grain weight of rice/g	2.99 a	2.97 ab	2.91 abc	2.87 bc	2.86 c	2.85 c	
水稻产量 ²⁾ Grain yield of rice ²⁾ / (kg · hm ⁻²)	1782 a	1023 ab	990 ab	1042 ab	900 b	843 b	
		(-43%)	(-44%)	(-42%)	(-50%)	(-53%)	

同一行内,数据后带相同字母者表示差异未达 0.05 显著水平。

¹⁾ 处理: R100 为水稻 100 株/m²; R0 为无水稻; A0、A23、A45、A90、A180、A360 分别为空心莲子草茎 0、23、45、90、180、360 株/m²。

²⁾ 括号中数据为水稻产量减少率。

In a row, data followed by the common letters indicated no significance at 0.05 level by the Turkey's test.

¹⁾ Treatment: R100 means planting density of rice at 100 plants/m²; R0 means no rice planting; A0, A23, A45, A90, A180, and A360 mean planting density of *A. philoxeroides* at 0, 23, 45, 90, 180, 360 plants/m², respectively.

²⁾ Data in the parenthese showed the decrease rate of rice grain yield.

达到显著水平。此时,随着密度的增加,空心莲子草植株高度显著上升。这是由于横向间距的缩小,空心莲子草植株向纵向空间生长的速度逐渐加快(表 5)。

在水稻成熟期的调查结果显示,在相同水稻密度条件下,随着空心莲子草密度的提高,该杂草的茎数和地上部植株干质量显著增加(表 5)。此时,与无空心莲子草对照相比,不同空心莲子草密度处理的水稻植株高度明显下降。但不同密度空心莲子草处理之间,水稻株高差异不显著(表 5)。

与无空心莲子草对照相比,空心莲子草竞争导致水稻有效茎蘖数和每穗实粒数显著下降。但空心莲子草不同密度处理之间,上述产量性状差异不显著。随着空心莲子草密度的提高,水稻干谷百粒重

显著下降(表 5)。

与成熟期的水稻植株高度、有效茎蘖数、每穗实粒数的变化趋势一致,空心莲子草处理的水稻产量明显低于无空心莲子草对照。虽然水稻 100 株/m² + 空心莲子草茎 23 株/m²、水稻 100 株/m² + 空心莲子草茎 45 株/m²、水稻 100 株/m² + 空心莲子草茎 90 株/m² 3 个处理之间的水稻产量差异未达到显著水平,但当空心莲子草密度提高到 180 株/m² 和 360 株/m² 时,水稻产量显著下降,减产幅度分别为 50% 和 53% (表 5)。

3 讨论

水生生物型空心莲子草茎具有耐低温特性。本试验在 4 处理,恢复常温条件后,空心莲子草茎仍

具有很高的成苗率和植株生物量。在我国华东、华北和西南等地区,入冬后其水面上的茎叶全部被冻死,而水下的茎可度过严寒。在这些地区,尽管会出现零下低温,但水下的温度明显高于气温且相对稳定,从而保护了空心莲子草在当地顺利越冬。然而,当处理温度下降到 -20°C 时,空心莲子草茎完全失去生活力。显然,在那些气温极低的寒带地区,空心莲子草茎不能越冬,也就不能在当地传播。谭万忠等^[10]报道在我国西藏、青海、宁夏、新疆、内蒙古和黑龙江未发现空心莲子草,结合本试验的结果分析,可以认为在上述地区无空心莲子草的主要原因之一是冬季气温极低,导致空心莲子草不能越冬和传播。

空心莲子草茎的生活力与其含水量的关系十分密切,含水量愈低,空心莲子草茎的生活力愈弱。沈健英等^[7]报道陆生生物型空心莲子草根状茎含水量 42.4% 时,其出苗率为 21.7% 。与这一研究结果相比,水生生物型空心莲子草茎在含水量为 30.2% 时,活棵率高达 55% ,表明水生生物型空心莲子草具有更强的耐干旱能力。植物对干旱胁迫的反应能够在短时间内导致蛋白质磷酸化状态和基因表达发生变化^[11]。干旱胁迫是影响植物生长发育的主要因子^[12]。显而易见,当气候长时间干旱,空心莲子草不能正常生长,不能传播。空心莲子草不能在西藏、青海和宁夏等干旱地区定植传播,其重要原因之一是这一带干旱少雨。

水生生物型空心莲子草茎对盐碱($\text{NaCl} + \text{KNO}_3$)反应特别敏感, 0.1% 的盐碱水溶液处理后,该杂草基本失去生活力。其耐盐碱水平明显低于常规栽培粳稻春江11,该粳稻可耐 0.5% 的盐碱水^[13]。耐(抗)盐碱的植物可在高盐碱地正常生长,如碱稗 [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.]^[14]、盐芦苇 (*Pragmites australis*)^[15]和茵陈蒿 (*Artemisia capillaries* Thunb)^[16]等。根据水生生物型空心莲子草不耐盐碱的特性,可以推断盐碱地不适合空心莲子草的生长和传播。

水生生物型空心莲子草茎对灌溉水层的适应性极强,能在土壤湿润无水层条件下出苗和生长,也能够较深水层条件下繁殖和生长。显然,水稻田“水压草”的生态控制方法对水生生物型空心莲子草无效,防除空心莲子草的难度很大。传统农业大规模割草用作绿肥和人工耘田等措施能够较好地控制稻田空心莲子草^[17]。而现代农业采用化学防除,由于除草剂品种少、价格贵、使用适期难把握等原因,

对该杂草的控制收效甚微。因此,防除空心莲子草应结合传统措施进行,即在密度不高时,采用人工清除,在密度较高情况下,使用除草剂使它隆。使它隆对空心莲子草的最终防除效果明显高于草甘膦和苯达松,它对沟渠中的空心莲子草防效可达 95% 以上,对水田中的空心莲子草防效可达 85% 以上^[18]。

在空心莲子草竞争下,水稻中156的植株高度、有效茎蘖数、每穗实粒数、百粒重和干谷产量均明显下降。在水稻 $100\text{株}/\text{m}^2$ 种植密度下,接种空心莲子草茎 $23\sim 360\text{株}/\text{m}^2$,使水稻减产 $43\%\sim 53\%$ 。张正喜等^[19]田间试验中,接种空心莲子草 $2\sim 7\text{株}/\text{m}^2$ 全生育期竞争使水稻武育粳3号减产 $9\%\sim 28\%$,主要原因是每穗实粒数减少,而对有效穗数和粒重的影响差异不显著。该田间试验的减产率比本试验低,是由于接种空心莲子草的密度过小造成的。

与移栽水稻相比,直播田杂草的竞争对水稻产量的影响更大。千金子 [*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.]在密度 $20\sim 50\text{株}/\text{m}^2$ 全生育期竞争,使杂交稻汕优63($100\text{株}/\text{m}^2$)有效穗数、每穗实粒数和千粒重分别下降 $11\%\sim 69\%$ 、 $24\%\sim 28\%$ 和 $18\%\sim 37\%$ 。千金子密度 20 、 30 和 $50\text{株}/\text{m}^2$ 时,水稻产量分别减少 62% 、 68% 和 89% ^[20]。本试验模拟水稻移栽田确定的空心莲子草与水稻的竞争能力略小于直播田千金子。若在直播田条件下,空心莲子草的竞争能力将会增加。不难预料,空心莲子草有可能导致直播稻所有产量性状下降,成为竞争力很强的恶性杂草。

参考文献:

- [1] 余柳青,陆永良, Nemoto M,等.稻田田埂植物的生物多样性.中国水稻科学,1999,13(4):254-256.
- [2] 陆峥嵘,沈健英,陆贻通.上海稻田杂草群落变化趋势及其因子分析.上海农业学报,2005,21(1):82-86.
- [3] 张光富,陈瑞水.外来入侵植物喜旱莲子草的研究进展.安徽大学学报:自然科学版,2005,29(6):87-93.
- [4] 张秀艳,叶永忠,张小平,等.空心莲子草的生殖及入侵特性.河南科学,2004,22(1):60-62.
- [5] 林金成,强胜.空心莲子草营养繁殖特性研究.上海农业科学,2004,20(4):96-101.
- [6] 项卫东,张亚梅.外来入侵种空心莲子草的RAPD遗传多样性分析.南京林业大学学报,2004,28(6):35-38.
- [7] 沈健英,黄渊智.环境因子对空心莲子草出苗和生长的影响.上海农业学报,2006,22(1):34-38.
- [8] 陶勇,陈少风,江明喜.空心莲子草对水分变化的形态适应研究.长江流域资源与环境,2004,13(5):454-458.
- [9] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统.北京:科学出版社,2002.

- [10] 谭万忠.空心莲子草在中国的分布.杂草学报,1994,8(2):30-33.
- [11] Bray E A. Plant responses to water deficit. *Trends Plant Sci*, 1997, 2: 48-54.
- [12] 宋松泉,王彦荣.植物对干旱胁迫的分子反应.应用生态学报,2002,13(8):1037-1044.
- [13] 余柳青, Mortimer A M, 玄松南, 等.杂草稻落粒粳的抗逆境特性研究.应用生态学报,2005,16(4):717-720.
- [14] 张振林.如何在盐碱地种碱稗子.农民致富之友,2005(1):18.
- [15] 刘明智,努尔巴衣·阿布都沙力克,江凌,潘晓玲.新疆野生植物资源——芦苇多用化研究.农业科学研究,2005,26(1):76-79.
- [16] 沈继红,石红旗.耐盐碱植物——茵陈蒿种子营养成分共轭亚油酸的制备研究.中国海洋药物,2002,21(3):28-30.
- [17] 万方浩,郑小波,郭建英.重要农林外来入侵物种的生物学与控制.北京:科学出版社,2005.
- [18] 王秀红,沈建英,陆贻通.上海地区空心莲子草的危害调查及其化学防除.上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(2):176-180.
- [19] 张正喜,李慈厚,姜远来,等.空心莲子草对移栽水稻的为害及经济阈值研究.上海农业学报,2004,20(1):95-98.
- [20] 董立尧,沈晋良,高同春,等.水直播稻田千金子的生态经济阈值及其防除临界期.南京农业大学学报,2003,26(3):41-45.

PS22PDF(Trial)

· 新书介绍 ·

现代中国水稻

《现代中国水稻》是中国水稻研究所组织编写的一部集专业性、技术性和知识性于一体,多角度反映我国水稻生产和科学技术的综合性、资料性和实用性参考书。该书被列为“十一五”国家重大工程出版规划重点图书。

全书共 20 章,以翔实的资料全面而系统地阐述了我国当代水稻生产与科学技术的新成就、新进展及对发展前景的展望,尤其是增加了过去的水稻综合性专著涉及不多或不深的领域及新兴领域新技术的介绍。内容包括水稻概况,栽培稻的起源与演化,稻种资源,稻田生态环境与水稻种植区划,水稻生物技术,水稻基因组,常规水稻育种,杂交水稻育种,超级稻育种,稻米品质改良,水稻新品种评价体系,稻田农作制度与水稻栽培,水稻病害及其防治,水稻虫害及其防治,稻田杂草及其防治,水稻信息技术,优质稻米加工技术,水稻技术标准体系,稻米生产、消费与贸易,水稻产业经济。可供从事水稻科学研究、技术推广、加工贸易、生产经营及相关管理人员和农业院校师生阅读。

该书为精装 16 开本,93 万字,每册定价 80 元,已于 2007 年 1 月由金盾出版社出版。需要者可向金盾出版社订购。地址:北京市太平路 5 号(地铁万寿路站往南) 邮政编码:100036 电话:010-68214039 83219215。