

广西地方稻种资源微核心种质的抗旱性鉴定评价

夏秀忠, 曾宇, 李丹婷, 农保选, 刘开强, 陈仁天, 邓国富

(广西壮族自治区农业科学院水稻研究所, 广西南宁 530007)

摘要: 本研究利用全生育期旱胁迫方法, 以穗颈粗、单株有效穗、千粒重、穗实粒数、总粒数、结实率与单株产量 7 个形态性状的综合抗旱 D 值为鉴定评价指标, 对 105 份广西地方稻种资源的微核心种质进行了抗旱性鉴定评价。结果表明, 在干旱胁迫下, 单株产量与穗颈粗呈显著正相关, 与其他 5 个形态性状呈极显著正相关。通过综合抗旱指数 D 值的鉴定评价, 本研究获得了 7 个强抗旱型的地方栽培稻品种, 占 6.67%。广西的陆稻资源的综合抗旱力较强, 可重点用于强抗旱种质材料的筛选。本研究为广西的抗旱育种提供了材料基础及理论依据。

关键词: 广西; 稻种资源; 微核心种质; 抗旱性; 鉴定评价

中图分类号: S332.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0137-05

Identification of drought resistance of landrace rice mini core germplasm in Guangxi

XIA Xiu-zhong, ZEN Yu, LI Dan-ting, NONG Bao-xuan, LIU Kai-qiang, CHEN Ren-tian, DEN Guo-fu

(Rice Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China)

Abstract: A total of 105 mini core collection of rice germplasm in Guangxi were indentified through treatment of whole growth period drought stress. D value was employed as the standard of evaluation, which was calculated according to panicle neck thick, effective panicles per plant, 1000-grain weight, filled grained per panicle, panicle density, seed setting rate, and grain weight per plant. The results showed that, under drought stress, grain weight per plant showed a significant positive correlation with panicle neck thick, and highly significant positive correlation with the other five morphological traits. By the evaluation of the comprehensive drought index D value, we obtained seven local-cultivated rice varieties with high drought resistance type (6.67%). Guangxi upland rice contains high percentage of high drought resistance resources, which can be used for germplasm screening. The identified germplasm is of significance for improvement of rice drought resistance.

Keywords: Guangxi; Core germplasm; Whole growth period; Drought Stress; Identification and evaluation

随着全世界范围内水资源的日益匮乏, 减少农业灌溉用水的压力也越来越大, 特别是在亚洲, 农业用水占总淡水 90%。节约用水的一个明显的目标是水稻, 它的生长占用了超过 30% 的灌溉土地和占用了 50% 的灌溉用水^[1]。如果节约的水可以转移到用水更稀缺的地方, 这对环境的影响很大。减少 10% 的水用于灌溉稻田会释放 1 500 亿 m³ 的水, 占全球范围内非农业用途用淡水总量的 25% 左右^[2]。因此, 对水稻进行抗旱性鉴定评价和抗旱品种选育, 不但有利于增产稳产, 而且对于节约农业用水、保护

环境具有重要的作用^[3-4]。

前人对水稻的抗旱性做了大量研究, 提出了不同的抗旱性鉴定方法和指标, 从不同角度反映了水稻抗旱性, 筛选出一批抗旱种质。杜家会等以干旱存活率等 5 个指标, 从 160 份缅甸引进稻种资源中鉴定出 18 份苗期抗旱材料^[5]。申时全等以结实率为抗旱性鉴定指标, 从 827 份云南稻种核心种质中筛选出抗旱种质 262 份^[6]。在抗旱种质利用方面, 余新桥等利用苗期抗旱系数和穗期抗旱指数鉴别法, 获得一个高抗旱不育系沪旱 A, 并育成早优 2

收稿日期: 2013-08-27

基金项目: 广西“八桂学者”专项经费项目; 国家科技支撑计划(2012BAD40B04, 2013BAD01B02); 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 1123001-3C); 广西青年基金项目(2013GXNSFBA019052); 广西农科院科技发展基金项目(桂农科 2012JZ02)

作者简介: 夏秀忠(1979—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为稻种资源。E-mail: xiaxiuzhong@gxaas.net。

通信作者: 邓国富, 博士, 研究员, 研究方向为水稻遗传育种。E-mail: dengguofu@gxaas.net。

号, 早优 3 号等优良杂交组合^[7]。唐建淮等利用抗旱种质培育出一个高产耐寒抗旱两系杂交稻组合培杂桂早 1 号^[8]。

广西地方稻种资源丰富, 除了籼稻外, 还有晚粳、糯稻、旱稻等多种类型, 以及深水稻、冬稻、色稻及间作稻等具有强烈地方特色的优异基因资源^[9-11], 本研究室利用 8609 份广西地方栽培稻资源构建出 209 份核心种质, 核心种质基因保留比例达到 98% 以上, 在此基础上, 我们又构建了微核心种质 105 份, 有效代表了广西地方稻种资源多样性水平^[12]。本研究对广西地方稻种资源微核心种质进行抗旱性鉴定评价, 旨在挖掘出优异的抗旱性种质, 为抗旱育种及抗旱研究提供材料基础及理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

广西地方稻种资源微核心种质 105 份, 其中: 籼旱水粘 14 份、籼旱水糯 10 份、籼旱陆粘 5 份、籼晚水粘 42 份、籼晚水糯 19 份、籼晚陆粘 1 份、粳晚水糯 14 份。以表现强耐旱的陆稻品种“旱谷”为抗旱的对照品种。

1.2 实验设计

实验于 2011 年在广西农业科学院水稻所的干旱网室中进行, 干旱网室可防雨并易于排灌。实验设正常灌溉和旱胁迫两个处理, 每处理 3 个重复, 每品种植一个小区, 每区 3 行, 每行 10 株, 随机区组排列。

全生育期旱胁迫处理: 苗期至孕穗期实施中度旱胁迫, 即当 50% 的品种上部叶片卷成针状时进行灌溉; 孕穗期至抽穗期实施轻度旱胁迫, 即当 50% 的品种剑叶内卷时进行灌溉; 抽穗期至成熟期实施中度旱胁迫, 即当 50% 的品种剑叶卷成针状时进行灌溉, 每次灌水 50 mm^[13]。

待水稻成熟后, 测量穗颈粗、单株有效穗、千粒重、穗实粒数、总粒数、结实率与单株产量 7 个形态指标。

1.3 数据处理与抗旱性评价方法

对旱胁迫数据与正常灌溉数据进行转换处理, 计算抗旱系数, 采用模糊数学中隶属函数方法对各指标性状进行计算, 最后采用综合抗旱指标 D 值对实验材料进行抗旱能力的综合评价^[14]。

1) 抗旱系数公式:

抗旱系数 = 旱胁迫测定值 / 正常灌溉测定值 × 100%

2) 隶属函数值的公式为:

$$\mu(x_j) = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中, $\mu(x_j)$ 为第 j 个性状的隶属函数值, x_j 表示第 j 个性状的相对值, x_{\min} 表示第 j 个性状的最小值, x_{\max} 表示第 j 个性状的最大值。

3) 综合抗旱指标 D 值公式:

$$D = \sum_{i=1}^n \left[\mu(x_i) (r_i / \sum_{i=1}^n |r_i|) \right] \\ (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

其中, r_i 为各株系第 i 个指标性状与抗旱系数的相关系数; $\mu(x_i)$ 为各株系第 i 个指标性状隶属函数值; $r_i / \sum_{i=1}^n |r_i|$ 为指标权重值, 表示第 i 个指标性状在所有筛选出抗旱指标中的重要程度。

本研究以综合抗旱指标 D 值来进行抗级评价, 分为 3 级, 如表 1。

表 1 抗旱评价分级标准

Table 1 Grading standard of drought resistance evaluation

抗旱级别 Drought resistance level	D 值 D value
强抗旱型 HDR	≥ 0.8
抗旱型 DR	0.6 ~ 0.8
不抗旱型 NDR	≤ 0.60

HDR: high drought resistance; DR: drought resistance; NDR: no drought resistance. 下同。The same as below.

4) 抗旱指数计算公式: $DI = Y_1^2 / Y_2 \times Y_3 / Y_4^2$

式中, DI 为抗旱指数; Y_1 为待测水稻种质旱胁迫下产量; Y_2 为待测水稻种质正常灌溉下产量; Y_3 为对照品种旱胁迫下产量; Y_4 为对照品种正常灌溉下产量^[15]。

2 结果与分析

2.1 综合抗旱 D 值与抗旱指数的相关性

抗旱综合评价指标 D 值与抗旱指数两者间呈极显著正相关, $R = 0.89 (P < 0.01)$ 。虽然, 抗旱指数的抗旱能力评价更接近于田间的实际抗旱能力, 但考虑到抗旱为多因子控制的性状。最终采用目前普遍用于抗旱评价的综合抗旱指标 D 值对本研究的实验材料进行抗旱性评价。

2.2 基于 D 值的抗旱性综合评价

本研究对 7 个形态指标的抗旱系数进行相关分析。结果表明, 除了穗颈粗与单株产量呈显著正相关, 其它 5 个形态指标均与单株产量呈极显著正相关, 相关性的大小顺序依次为: 单株有效穗、穗实粒数、总粒数、千粒重、结实率和穗颈粗(表 2)。

表 2 7 个形态指标的相关系数矩阵

Table 2 Correlation coefficients among the seven morphological traits

性状 Trait	穗颈粗 Panicle neck thickness	单株有效穗 Effective panicles per plant	千粒重 1000-grain weight	穗实粒数 Filled grain per panicle	总粒数 Grain number	结实率 Seed setting rate	单株产量 Grain weight per plant
穗颈粗 Panicle neck thickness	1						
单株有效穗 Effective panicles per plant	0.234*	1					
千粒重 1000-grain weight	0.091	0.289**	1				
穗实粒数 Filled grain per panicle	0.476**	0.421**	0.401**	1			
总粒数 Grain number	0.517**	0.437**	0.352**	0.794**	1		
结实率 Seed setting rate	0.057	0.146	0.196	0.604**	0.033	1	
单株产量 Grain weight per plant	0.224*	0.679**	0.416**	0.618**	0.477**	0.372**	1

注: *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著

Note: * and ** indicate significant difference at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

对 7 个形态指标的隶属函数进行主因子分析(表 3),按最小特征值大于 1 的原则,保留前 3 个公因子,它们的贡献率分别为 47.15%、16.84% 和 14.62%,前 3 个公因子的累积贡献率为 78.62%,说明前 3 个主因子所包含的信息量可以反映出 7 个抗旱性指标原始特征参数的大部分信息。以贡献率计算各指标的权重(表 3),权重越大说明该指标在综

合抗旱的鉴定评价中重要程度越高,本研究 7 个指标与抗旱性的紧密程度大小顺序为穗实粒数、单株产量、总粒数、单株有效穗、穗颈粗、千粒重和结实率。穗实粒数的权重最大(0.1929),说明穗实粒数是水稻抗旱的关键因素,此结果与胡标林等^[14]对东乡普通野生稻全生育期抗旱性的鉴定结果一致。

表 3 各形态指标的系数及方差贡献率

Table 3 Coefficients of morphological traits and their variance contribution rate

主成分 Principal component	穗颈粗 Panicle neck thickness	单株有效穗 Effective panicles per plant	千粒重 1000-grain weight	穗实粒数 Filled grain per panicle	总粒数 Grain number	结实率 Seed setting rate	单株产量 Grain weight per plant	方差贡献率 % of variance	累积方差 贡献率 cumulative %
1	0.551	0.722	0.475	0.898	0.787	0.417	0.806	47.15%	47.15%
2	-0.518	0.049	0.083	0.086	-0.487	0.773	0.242	16.84%	64.00%
3	0.437	-0.370	-0.571	0.318	0.040	0.448	-0.257	14.62%	78.62%

综合抗旱 D 值的大小反映了材料综合抗旱力的大小,通过对 105 份地方稻种资源的综合评价结

果,本研究获得买选、武鸣畚谷占和大占种等 7 个强抗旱型的栽培稻品种(D 值 > 0.8),如表 4。

表 4 强抗旱型品种的隶属函数值、D 值与抗旱性的综合评价

Table 4 Subordinative function, D value, and comprehensive evaluation of the drought resistance of high drought resistance

品种名称 Cultivar	穗颈粗 Panicle neck thickness	单株有效穗 Effective panicles per plant	千粒重 1000-grain weight	穗实粒数 Filled grained per panicle	总粒数 Grain number	结实率 Seed setting rate	单株产量 Grain weight per plant	D 值 D value	抗旱性评价 Comprehensive evaluation of drought
买选 Maixuan	0.6959	0.8974	0.9509	0.8308	0.9942	0.8815	0.9937	0.8978	强抗旱型 HDR
武鸣畚谷占 Wumingbeiguzhan	0.9926	0.9692	0.7519	0.8793	0.8885	0.5762	0.9778	0.8851	强抗旱型 HDR
大占种 Dazhanzhong	0.9557	0.6410	0.9682	0.9485	0.7179	0.9667	0.9968	0.8747	强抗旱型 HDR
乌谷 Wugu	0.9631	0.600	0.9249	0.8101	0.8964	0.9838	0.9524	0.8621	强抗旱型 HDR
竹占 Zhuzhan	0.7787	0.9692	0.276	0.862	0.9942	0.8815	0.9207	0.8432	强抗旱型 HDR
山阴糯 Shanyinnuo	0.9852	0.8031	0.9855	0.8101	0.6727	0.6598	0.8890	0.8246	强抗旱型 HDR
红细糯 Hongxinuo	0.5037	0.5214	0.9076	0.8724	0.9424	0.9667	0.9841	0.8175	强抗旱型 HDR
相关系数 r	0.551	0.722	0.475	0.898	0.787	0.417	0.806		
指标权重 Index weight	0.1184	0.155	0.1021	0.1929	0.169	0.0896	0.173		

2.3 广西地方稻种资源微核心种质的抗旱性特点

根据 D 值及分级标准,105 份微核心种质中,最多为不抗旱型 80 份,其次为抗旱型 18 份,最少为强抗旱型 7 份,分别占鉴定总数的 76.19%、17.14% 和 6.67%。

根据籼稻、粳稻、早稻、晚稻等分类原则,把 105 份微核心种质分成不同类型,分析了不同类型稻种资源中强抗旱种质的比例(表 5),结果表明,粳稻比

籼稻中存在更丰富的抗旱种质,在水、陆稻类型的鉴定结果中,广西陆稻资源中鉴定出强抗旱级以上的比例较高(16.67%),获得高抗旱材料的可能性最大,可作为在抗旱种质鉴定中重点研究的对象。而在水稻资源中也获得一些高抗旱种质(6.06%),说明水稻品种旱种存在一定的可能性,有些水稻品种可能适合水旱两种。

表 5 各抗旱等级水稻在微核心种质不同类型稻中的分布情况

Table 5 Distribution of different drought resistance level of rice in the mini core collection of different types

抗旱等级 Drought resistance level	籼粳类型 Indica and Japonica		早晚稻类型 Early rice and late rice		水陆稻类型 Lowland rice and upland rice		粘糯稻类型 Non-glutinous rice and glutinous rice	
	籼稻 Indica	粳稻 Japonica	早稻 Early rice	晚稻 Late rice	水稻 Lowland rice	陆稻 Upland rice	粘稻 Non-glutinous rice	糯稻 Glutinous rice
强抗旱型 HDR	5(5.49)	2(14.29)	2(6.9)	5(6.58)	6(6.06)	1(16.67)	4(6.45)	3(6.96)
抗旱型 DR	15(16.48)	3(21.43)	4(13.79)	14(18.42)	16(16.16)	2(33.33)	10(16.13)	8(18.60)
不抗旱型 NDR	71(78.02)	9(64.29)	23(79.31)	57(75.00)	77(77.78)	3(50.00)	48(77.42)	32(74.42)
总数 Total	91	14	29	76	99	6	62	43

注:(1) 入选品种的数量;(2) 括号中为入选品种占入选类型稻的百分率

Note: (1) Number of selected rice varieties; (2) Percentage of selected rice varieties for selected rice types in parentheses.

3 讨论

3.1 水稻抗旱指标及评价方法选择

对育种者而言,水稻抗旱性鉴定的目的是要选育抗旱、高产、稳产的水稻品种,鉴定指标应该是在干旱胁迫条件下与最终形成产量关系最直接和密切的指标,且鉴定方法要简便易行,可操作性强。但作物的抗旱性是由多因素相互作用而构成一个较为复杂的综合性状,与作物类型、作物基因型、表型性状和生理生化特性有关,且与环境因子密切相关^[4,14,16-17]。

对水稻的抗旱性进行全面评价,目前最认可的评价方法是以隶属函数为基础,计算综合抗旱 D 值,以 D 值为判定抗旱能力级别的标准。综合抗旱指标 D 值表示用综合评价指标所计算出的材料抗旱性综合评价值,D 值的大小反映各材料的综合抗旱能力的大小,值越大表明抗旱能力越强。本研究分析了反映综合抗旱性的 D 值与抗旱指数的相关性, $R = 0.89 (P < 0.01)$,相关性达到极显著正相关,结果表明,综合抗旱 D 值更具全面性、科学性和准确性。

本研究依据胡标林等^[14,16,18-19]的研究成果,选择了穗颈粗、单株有效穗、千粒重、穗实粒数、总粒数、结实率与单株产量 7 个形态性状指标,作为广西

地方稻种资源的综合抗旱评价的指标。其中穗实粒数的权重系数最大(0.1929),表明穗实粒数可作为水稻抗旱的关键性指标。

3.2 广西地方稻种资源微核心种质抗旱特点及利用展望

通过 7 个形态指标,运用综合抗旱 D 值对 105 份广西地方稻种资源微核心种质进行抗旱鉴定,鉴定出 7 份表现强抗旱的稻种资源,说明广西地方稻种资源中蕴含有丰富的抗旱基因,粳稻比籼稻中存在更丰富的抗旱种质,在广西特色地方稻种资源“陆稻”中筛选到的抗旱种质的可能性最大,可将广西的陆稻资源作为抗旱性评价的重点研究对象,以期评价出更多的抗旱能力强水稻材料,下一步应继续对微核心种质进行更深入的鉴定评价及基因挖掘,以期获得稳定可靠的抗旱材料和抗旱基因,为抗旱水稻品种的选育提供材料基础及理论依据。

由于水资源缺乏和产业结构调整等原因,陆稻在广西乃至全国许多地区种植面积已经很少,许多陆稻品种只有在农业科研院所的种质库中保存。水稻抗旱育种以及抗旱品种的推广,不仅可以扩大水稻的种植面积,增加粮食产量,对解决农业用水与水资源缺乏的矛盾也具有重要的意义。通过对广西地方稻种资源微核心种质的抗旱性综合评价,获得的抗旱种质资源不仅可以为抗旱育种提供育种材料,

也可以为一些水资源缺乏地区的水稻生产上提供品种支持。

参 考 文 献:

- [1] Barker R, Dawe D, Tuong T P, et al. The outlook for water resources in the year 2020: challenges for research on water management in rice production[C]//Assessment and Orientation Towards the 21st Centur. Cairo, Egypt, 1998:96-109.
- [2] Klemm W. Water saving in rice cultivation[C]//Assessment and Orientation Towards the 21st Centur. Cairo, Egypt, 1998:110-117.
- [3] 康绍忠. 新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J]. 干旱地区农业研究, 1998, (1):14-20.
- [4] 罗利军, 张启发. 栽培稻抗旱性研究的现状与策略[J]. 中国水稻科学, 2001, (3):50-55.
- [5] 杜家会, 董超, 汤翠凤, 等. 缅甸引进稻种资源苗期抗旱性鉴定[J]. 浙江农业学报, 2012, (5):764-770.
- [6] 申时全, 曾亚文, 李自超, 等. 云南稻种核心种质抗旱性研究[J]. 中国农学通报, 2001, (5):6-8.
- [7] 余新桥, 梅捍卫, 李明寿, 等. 节水抗旱杂交稻的选育和应用前景[J]. 分子植物育种, 2005, (5):637-641.
- [8] 唐建淮, 李道远. 水旱两用型杂交稻“培杂桂早一号”单季旱作栽培技术[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(6):120-124.

- [9] 梁耀懋. 广西栽培稻资源类型初析[J]. 西南农业学报, 1991, (3):10-14.
- [10] 梁耀懋. 广西作物品种资源调查征集概况[J]. 广西农业科学, 1984, (4):23-26.
- [11] 农保选, 夏秀忠, 梁耀懋, 等. 广西隆林县陆稻种质资源考察初报[J]. 广西农业科学, 2010, (2):104-107.
- [12] 李丹婷, 夏秀忠, 农保选, 等. 广西地方稻种资源核心种质构建和遗传多样性分析[J]. 广西植物, 2012, (1):94-100.
- [13] 韩龙植, 魏兴华. 水稻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [14] 胡标林, 余守武, 万勇, 等. 东乡普通野生稻全生育期抗旱性鉴定[J]. 作物学报, 2007, (3):425-432.
- [15] 兰巨生. 农作物综合抗旱性评价方法的研究[J]. 西北农业学报, 1998, (3):92-94.
- [16] 程建峰, 潘晓云, 刘宜柏, 等. 水稻抗旱性鉴定的形态指标[J]. 生态学报, 2005, 25(11):3117-3125.
- [17] 张燕之, 周毓琦, 曾祥宽, 等. 不同类型稻抗旱性鉴定指标研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, (2):90-93.
- [18] 鲁雪林, 王秀萍, 张国新. 旱稻抗旱性评价指标研究[J]. 中国农学通报, 2006, (1):124-126.
- [19] 吕凤山, 侯建华. 陆稻抗旱性主要指标的研究[J]. 华北农学报, 1994, (4):7-12.

(上接第 118 页)

- [9] 秦淑莲, 翟保平, 张孝羲, 等. 棉铃虫发生与北太平洋海温度的遥相关及其长期灾变预警[J]. 昆虫学报, 2003, 46(4):479-488.
- [10] 王勤英, 马学峰. 灰色系统模型对二代棉铃虫卵量的灾变性预测[J]. 昆虫学研究进展, 1997, 12:55-59.
- [11] 王勤英, 季正端. 温室效应对棉铃虫发生与危害的影响[J]. 河北农业大学学报, 1996, 19(2):36-40.
- [12] 张淑杰, 张玉书, 吴微微, 等. 辽宁省玉米螟发生程度的气象预报模型[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2):262-266.
- [13] 王勤英, 季正端. 温室效应对棉铃虫发生和危害的影响[J]. 河北农业大学学报, 1996, 19(2):36-40.
- [14] 华尧楠, 王厚振, 肖云丽. 气象因素对棉铃虫种群数量变动的影响[J]. 中国农业气象, 1996, 17(1):38-40.
- [15] 于玲, 杨彬云, 相云, 等. 不同气候年型棉铃虫气象指标系统的研究[J]. 中国农业气象, 2000, 21(3):27-32.
- [16] 吴坤君, 陈玉平. 温度对棉铃虫实验种群生长的影响[J]. 昆虫学报, 1980, 23(4):360-362.
- [17] 贾金明, 张相梅, 郭明荣, 等. 豫北多时效归一化棉铃虫气象预

- 报模型[J]. 气象, 2007, 33(7):105-111.
- [18] 周志香, 王志伟, 刘文平, 等. 棉铃虫综合因素预报研究[J]. 农业气象, 2000, 21(4):38-42.
- [19] 魏风英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [20] 徐生海, 甘国福. 二代棉铃虫卵在玉米田的分布规律调查[J]. 植物保护, 2005, 31(1):76-78.
- [21] 蒋菊芳, 魏育国, 刘明春. 石羊河流域玉米田棉铃虫发生气象条件分析预测[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3):221-225.
- [22] 霍治国, 刘万才, 邵振润, 等. 试论开展中国农作物病虫害危害流行的长期气象预测研究[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1):117-121.
- [23] 郭小芹, 刘明春, 魏育国. 基于主成分分析的玉米棉铃虫预测模型研究[J]. 西北农业学报, 2010, 19(8):69-73.
- [24] 刘明春, 蒋菊芳, 史志娟, 等. 小麦蚜虫种群消长气象影响成因及预测[J]. 中国农业气象, 2009, 30(3):440-444.