

水条播下寒地水稻适应品种及其评价指标的筛选

王鹤瓔¹, 郭晓红^{1*}, 马艳², 张钦明², 李猛³, 姜红芳¹, 胡月¹, 兰宇辰¹,
王瓔琳¹, 刘旭莹¹, 吕艳东¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 山东省成武县农业局, 山东 菏泽 274200; 3. 牡丹江市农业技术推广总站, 黑龙江 牡丹江 157000)

摘要:为筛选适宜寒地水条播栽培的水稻品种,明确水条播栽培下水稻农艺性状及品质性状适应性评价指标,以29份寒地早粳稻为材料,采用随机区组试验设计,利用水条播适应系数、适应指数和综合适应能力,结合主成分分析对水稻条播适应性进行综合评价。结果表明:能同时在水条播适应系数、适应指数以及综合适应能力上均表现为高度适应的材料共3份。穗粒数、成粒率、经济系数、千粒重和理论产量5个因子可作为水条播下水稻农艺性状适应性评价指标;整精米率、垩白度、精米粒长、直链淀粉含量和米饭食味评分5个因子可作为寒地水条播下水稻品质性状适应性评价指标。

关键词:水条播;寒地;水稻;适应性;主成分分析

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)05-0012-06

Selection of Adapted Rice in Cold Regions Varieties and Their Evaluation Indexes of Sowing in Line under Water

WANG Heying¹, GUO Xiaohong^{1*}, MA Yan², ZHANG Qinming², LI Meng³, JIANG Hongfang¹, HU Yue¹,
LAN Yuchen¹, WANG Yinglin¹, LIU Xuying¹, LYU Yandong¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319; 2. Agricultural Bureau of Chengwu County, Shandong Province, Heze 274200; 3. Agricultural Technology Extension Station of Mudanjiang, Mudanjiang 157000, China)

Abstract:In order to screen rice varieties suitable for sowing in line under water cultivation in cold regions and clarify the adaptability evaluation indexes of agronomic and quality traits of sowing in line under water cultivation, 29 early japonica rice varieties in cold regions were used as materials, and random block experiment design was adopted to comprehensively evaluate the adaptability of sowing in line under water cultivation by using sowing in line under water adaptability coefficient, sowing in line under water adaptability index and comprehensive adaptability, combined with principal component analysis method. The results showed that there were 21 materials that can satisfy the adaptability coefficient, adaptability index and comprehensive adaptability of sowing in line under water simultaneously. Five factors including grain number per panicle, grain formation rate, economic coefficient, 1 000-grain weight and theoretical yield can be used as adaptability evaluation indexes of rice agronomic traits under sowing in line under water. The five factors of head rice rate, chalkiness degree, grain length, amylose content and rice taste score can be used as adaptability evaluation indexes of rice quality traits under sowing in line under water in cold region.

Key words:Sowing in line under water; Cold region; Rice; Adaptability; Principal component analysis

水稻是我国最主要粮食作物^[1],在粮食安全

生产中占有极其重要的地位^[2]。与其他粮食作物相比,水稻生产过程中需水量较大,栽培技术复杂,劳动强度大^[3]。随着经济和科学技术的发展,从事农业劳动的青壮年人数逐渐减少,导致劳动力成本增加^[4],水资源不足甚至枯竭^[5]。而直播水稻集轻简化、节省劳动力成本以及有利于机械化操作^[6]等优点于一体,能够有效提升水稻栽培效率,为

收稿日期:2019-04-25

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFD0300502-6);黑龙江省自然科学基金(C2017046);黑龙江八一农垦大学研究生创新科研项目(YJSCX-2019Y08)

作者简介:王鹤瓔(1995-),女,在读硕士,从事水稻栽培研究。

通讯作者:郭晓红,女,博士,教授,E-mail: guoxh1980@163.com

实现水稻生产的规模化、轻简化具有十分重要的意义^[7-8]。直播水稻在黑龙江等地区发展较快^[9],黑龙江省已经把水稻直播技术立为重大科技攻关项目,水稻直播技术将逐渐完善^[10]。

水稻产量各要素对产量贡献主次不同,因而栽培主攻方向就不同,要实现水稻高产,提高成穗率是主要途径。研究表明,栽培方式对作物产量的贡献占50%,优良品种需要配上良法才能获得较高产量。不同的水稻品种产量和品质都有所不同,加工而成的稻米品质也会有所不同^[11]。因此直播稻品种在选择方面尤为重要,本试验引用水稻抗旱性的评定方法^[12-18],对水稻水条播适应性进行评定,同时以水稻农艺性状和品质性状作为对象,对寒地水稻水条播适应性进行综合评价,进而解决在水条播适应性评价过程中使用单一指标进行评价的不稳定性和片面性,同时为筛选适合寒地水条播水稻品种和评价指标提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选取29份主茎11或12片叶的寒地早粳稻品种资源材料作为试验材料,具体见表1。

表1 供试材料及编号

编号	品种名称	编号	品种名称	编号	品种名称
T01	绥粳4号	T11	龙庆稻1号	T21	龙粳48
T02	绥粳8号	T12	龙庆稻2号	T22	龙粳50
T03	绥粳15	T13	龙庆稻3号	T23	龙粳51
T04	绥粳17	T14	龙庆稻5号	T24	龙粳52
T05	垦鉴稻5号	T15	龙庆稻20	T25	龙粳55
T06	垦鉴稻6号	T16	垦粳3号	T26	龙粳57
T07	垦稻12	T17	龙粳64	T27	龙粳58
T08	垦稻17	T18	龙粳20	T28	龙粳59
T09	垦稻23	T19	龙粳21	T29	龙粳60
T10	垦粳6号	T20	龙粳47		

1.2 试验设计

以水条播为处理,早育稀植为对照,对两者进行比较。试验土壤为草甸土,理化性质为:碱解氮含量175.01 mg/kg,有效磷含量26.45 mg/kg,速效钾含量90.62 mg/kg,有机质含量3.05%,pH值为8.38。试验于2017年在黑龙江省大庆市王家围子水稻试验基地(46°40'49.03''N,125°07'39.56''E)大田条件下进行。所在地属北温带大陆性季风气候区,水稻生育期平均气温18.35℃,年降雨量476.1 mm。5月3日整地、施底肥、封闭除草;5月5日护苗种衣剂包衣;5月6日浸种;5月13日人工条播;

行距25 cm,水条播芽谷,播量为150 kg/hm²;每品种6行,行长8 m;随机区组排列,3次重复。对照5月21日插秧,行距30 cm,穴距13.3 cm。

1.3 测定项目

农艺性状及产量测定:水稻成熟时每个品种的处理选取连续的25穗,考察农艺性状、产量构成因素及穗部性状。考查项目包括株高、每株穗数、穗长、穗重、草重、一次枝梗数、二次枝梗数、实粒数、空秕粒数,并称取粒重,计算成粒率、千粒重、理论产量和经济系数。

品质测定:水稻收获后脱粒,自然阴干3个月,按照中华人民共和国国家标准—优质稻谷(GB/T17891-2017)测定加工品质、外观品质、营养品质及食味品质。用FC-2 K型实验砬谷机(YAMAMOTO,离心式)加工成糙米,用VP-32型实验碾米机(YAMAMOTO,直立式)加工精米;外观品质用日本静冈机械株式会社生产的ES-1000便携式品质分析仪测定精米,测定指标有精米长、精米宽、垩白率、垩白度等;用FOSS 1241近红外谷物分析仪测定糙米的直链淀粉含量和蛋白质含量;食味品质用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)进行测定,测定指标有米饭光泽、米饭香气、米饭完整性、米饭味道、米饭口感、米饭综合值。

1.4 寒地水稻水条播适应性鉴定方法

1.4.1 直接鉴定

将目前被广泛认可和应用的产量抗旱系数(DC)和抗旱指数(DI)应用于水条播适应性鉴定,计算出水条播适应性系数(AC)和水条播适应性指数(AI)。因其极差往往都较小,给定性分级带来一定的困难,采用模糊隶属函数法,将各品种水条播适应性系数和指数扩展到[0,1]闭区间,根据模糊隶属函数值 $u(x)$ 对其进行等级划分。品种水条播适应性分级标准: $u(x) \geq 0.7$ 为高度适应, $0.4 \leq u(x) < 0.7$ 为中度适应, $u(x) < 0.4$ 为低度适应。

$u(x_j) = \frac{x_j - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}}$,式中, x_j 表示第j个综合指标, $x_{j\min}$ 表示第j个综合指标的最小值, $x_{j\max}$ 表示第j个综合指标的最大值。

AC=水条播处理产量/对照区处理产量

AI=AC×水条播处理产量/所有品种水条播处理产量平均值

水条播适应性反应指数(ARI)=(水条播处理区性状表型值/对照区性状表型值)×100%,ARI值越大,说明对水条播的反应越迟钝,否则相反。

1.4.2 间接鉴定

采用穗长、单穗重、一次枝梗数、二次枝梗数、穗数、穗粒数、结实率和千粒重8个指标来计算某一品种在水条播条件下的综合适应能力(D),根据D值进行水条播适应性等级的综合间接评定。D值的计算公式为:

$$D = \sum_{j=1}^n \left[u(x_j) \times \left(\left| r_j \right| / \sum_{i=1}^n \left| r_i \right| \right) \right] (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中,D为水稻各品种(系)在水条播条件下用综合指标评价所得的适应性度量值; r_j 为各品种第j个指标与水条播适应性系数间的相关系数; $u(X_j)$ 为第j个指标的隶属函数值,若 r_j 为负值,则以 $1-u(X_j)$ 代替式中 $u(X_j)$; $\left| r_j \right| / \sum_{j=1}^n \left| r_j \right|$ 为指标权重,表示第j个指标在所有指标中的重要程度。

1.5 数据分析

利用EXCEL 2013和DPS 7.05进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 水条播下水稻适应品种的筛选

不同评定方法水条播适应性的次数分布不同。由表2可知,29份材料水条播适应系数和适应指数评价结果表现为:低度适应性品种分别为5个和8个,中度分别为5个和12个,高度分别为19个和9个。综合适应能力法评价结果表现为:低度适应的品种4个,中度适应品种22个,高度适应品种3个。综合水条播适应系数、适应指数和综合适应能力评价结果,在表2评价方法中均表现为高度适应的有绥粳17、龙庆稻5号和龙粳50,可见这3份材料能确保产量稳定发挥。

表2 不同评定方法下水条播适应性的次数分布

品种(系)	水条播适应系数 (理论产量)	水条播适应指数 (理论产量)	综合适应能力	水条播适应性评价等级
绥粳4号	0.59	0.40	0.39	低
绥粳8号	0.98	1.06	0.46	中
绥粳15	0.56	0.38	0.28	低
绥粳17	0.95	0.69	0.78	高
垦鉴稻5号	0.86	0.98	0.40	中
垦鉴稻6号	0.64	0.54	0.43	中
垦稻12	0.86	0.90	0.48	中
垦稻17	0.96	1.15	0.57	中
垦稻23	0.97	1.13	0.58	中
垦粳6号	0.87	0.75	0.46	中
龙庆稻1号	0.80	0.90	0.62	中
龙庆稻2号	0.91	0.71	0.68	中
龙庆稻3号	0.98	1.00	0.46	中
龙庆稻5号	0.94	1.00	0.78	高
龙庆稻20	0.91	1.00	0.67	中
垦粳3号	0.96	0.97	0.54	中
龙粳64	0.70	0.59	0.26	低
龙粳20	0.85	0.86	0.44	中
龙粳21	0.83	0.88	0.45	中
龙粳47	0.75	0.71	0.51	中
龙粳48	0.96	0.84	0.68	中
龙粳50	0.98	1.24	0.70	高
龙粳51	0.87	0.96	0.47	中
龙粳52	0.93	0.95	0.44	中
龙粳55	0.82	0.91	0.47	中
龙粳57	0.94	1.03	0.46	中
龙粳58	0.89	0.97	0.41	中
龙粳59	0.93	1.15	0.56	中
龙粳60	0.69	0.57	0.36	低

2.2 水条播下水稻农艺性状适应性评价指标的筛选

为了能够充分反映水条播下各农艺性状的信息,对12个农艺性状的ARI进行主成分分析,ARI

各主成分方差贡献率分别为37.54%、19.77%、12.20%、11.65%和8.21%,累计贡献率达89.38%(表3),说明用这5个主成分能较好地代替12个农艺性状对水条播适应性的反应进行评价。

表3 农艺性状主成分因子及其贡献率

项目	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第五主成分
	特征根值及贡献率				
特征根值	4.505	2.373	1.465	1.398	0.986
方差贡献率(%)	37.544	19.771	12.205	11.651	8.214
累计贡献率(%)	37.544	57.315	69.519	81.170	89.384
	农艺性状贡献率				
株高	0.289	0.363	0.022	0.269	-0.006
穗长	0.366	0.188	0.174	-0.239	0.016
单穗重	0.364	-0.281	0.323	0.029	-0.046
一次枝梗数	0.338	-0.043	0.094	0.374	-0.067
二次枝梗数	0.370	0.164	0.169	-0.236	-0.036
穗数	-0.264	0.310	0.504	0.148	0.220
穗粒数	0.402	-0.103	-0.115	0.218	0.310
成粒率	-0.152	-0.574	-0.125	0.050	-0.105
千粒重	0.015	-0.019	0.019	-0.685	0.483
生物产量	-0.378	0.185	0.334	0.207	0.163
经济系数	0.006	0.270	-0.603	0.208	0.470
理论产量	0.030	-0.427	0.263	0.215	0.596

第一主成分的特征根值=4.505,贡献率为37.54%,特征向量穗粒数ARI最大(0.402),称为穗粒数ARI因子,其次是生物产量ARI(-0.378),二次枝梗数ARI(0.370),穗长ARI(0.366),单穗重ARI(0.364)。说明第一主成分大的材料,穗粒数、二次枝梗数、穗长和单穗重对水条播适应性反应敏感,其生物产量对水条播适应性反应迟钝。

第二主成分的特征根值=2.373,贡献率为19.77%,特征向量成粒率ARI最大(-0.574),称为成粒率ARI因子,其次是理论产量ARI(-0.427),再次是株高ARI(0.363),穗数ARI(0.310)。第二主成分大的材料,成粒率和理论产量对水条播适应性的反应也敏感,其穗数和株高对水条播适应性的反应迟钝。

第三主成分的特征根值=1.465,贡献率为12.20%,特征向量经济系数ARI最大(-0.603),称为经济系数ARI因子,其次是穗数ARI(0.504)。说明第三主成分大的材料,经济系数对水条播适应性反应敏感,其穗数对水条播适应性反应迟钝。

第四主成分的特征根值=1.398,贡献率为11.65%,特征向量千粒重ARI最大(-0.685),称为千粒重ARI因子,其次是一次枝梗数ARI(0.374)。

说明第四主成分大的材料,千粒重对水条播适应性的反应敏感,其一次枝梗数对水条播适应性的反应迟钝。

第五主成分的特征根值=0.986,贡献率为8.24%,特征向量理论产量ARI最大(0.596),称为理论产量ARI因子,其次是千粒重ARI(0.483)。说明第五主成分大的材料,千粒重和理论产量对水条播适应性的反应敏感。

水条播下水稻农艺性状适应性反应指数(ARI)的主成分分析表明,在对水稻农艺性状水条播适应性进行综合评价时,其中的穗粒数、成粒率、经济系数、千粒重和理论产量5个因子凝聚了水稻农艺性状的绝大部分信息量,即评价水稻水条播适应性时,应主要以穗粒数、成粒率、经济系数、千粒重和理论产量的表现作为评价指标。

2.3 水条播下水稻品质性状适应性评价指标的筛选

为了能充分反应水条播下品质性状ARI的信息,品质性状ARI各主成分的方差贡献率分别为32.40%、21.06%、15.18%、10.78%和8.11%,累计贡献率达87.53%(表4),说明用这5个主成分能较好地代替参加分析的11个品质性状ARI寒地水

表4 品质性状主成分因子及其贡献率

项目	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第五主成分
特征根值及贡献率					
特征根值	3.56	2.32	1.67	1.19	0.89
方差贡献率(%)	32.40	21.06	15.18	10.78	8.11
累计贡献率(%)	32.40	53.46	68.64	79.42	87.53
品质性状贡献率					
糙米率	-0.369	0.259	0.056	0.170	0.346
精米率	-0.393	0.372	0.071	0.119	0.168
整精米率	-0.404	0.214	0.218	0.140	0.231
精米粒长	0.268	-0.274	0.370	0.387	0.257
精米粒宽	-0.032	-0.526	0.045	0.483	0.254
精米长宽比	0.316	0.314	0.322	-0.142	-0.022
精米垩白粒率	0.383	0.270	-0.300	0.080	0.393
精米垩白度	0.386	0.255	-0.312	0.087	0.390
直链淀粉	0.038	-0.134	0.434	-0.505	0.491
蛋白质	-0.232	-0.157	-0.532	0.008	0.171
米饭食味评分	0.154	0.343	0.209	0.515	-0.302

稻水条播的反应进行评价。

第一主成分的特征根值=3.56,贡献率为32.40%,特征向量整精米率ARI最大(-0.404),称为整精米率ARI因子,其次是精米率ARI(-0.393),精米垩白度ARI(0.386)。这说明第一主成分大的材料,整精米率和精米率对水条播的反应敏感,其精米垩白度对水条播的反应迟钝。

第二主成分的特征根值=2.32,贡献率为21.06%,特征向量精米粒宽ARI最大(-0.526),称为精米粒宽ARI因子,其次是精米率ARI(0.372),再次是米饭食味评分ARI(0.343)。说明第二主成分大的材料,精米粒宽对水条播的反应敏感,精米率和米饭食味评分对水条播的反应迟钝。

第三主成分的特征根值=1.67,贡献率为15.18%,特征向量蛋白质ARI最大(-0.532),称为蛋白质ARI因子,其次是直链淀粉ARI(0.434),精米长宽比ARI(0.322)。说明第三主成分大的材料,蛋白质对水条播的反应敏感,其直链淀粉和长宽比对水条播的反应迟钝。

第四主成分的特征根值=1.19,贡献率为10.78%,特征向量米饭食味评分ARI最大(0.515),称为米饭食味评分ARI因子,其次是直链淀粉含量ARI(-0.505),精米粒宽ARI(0.483)。说明第四主成分大的材料,米饭食味评分和精米粒宽对水条播的反应敏感,其直链淀粉含量对水条播的反应迟钝。

第五主成分的特征根值=0.89,贡献率为

8.11%,特征向量直链淀粉含量ARI最大(0.491),称为直链淀粉含量ARI因子,其次是精米垩白粒率ARI(0.393),精米垩白度ARI(0.390),糙米率ARI(0.346)。说明第五主成分大的材料,直链淀粉含量对水条播反应敏感,精米垩白粒率、精米垩白度和糙米率对水条播的反应敏感。

对水条播下水稻品质性状适应性反应指数(ARI)的主成分分析表明,在对水条播下水稻品质性状适应性进行综合评价时,整精米率、精米粒宽、蛋白质、米饭食味评分和直链淀粉含量5个因子凝聚了水稻品质性状的绝大部分信息量,可选择该5个性状作为水条播下水稻品质性状适应性的评价指标。

3 讨论

水稻直播作为轻简化栽培技术,省去了前期育苗、泡田、移栽环节,大幅度减少了用水量,并且减少劳动力的支出^[19-21],育苗移栽成本高、费工费时、不利于水稻机械化生产,移栽稻的可持续发展问题面临严峻考验^[22]。目前,大多数都选择直播方式栽培水稻^[23],具备两个最主要优点,一是降低劳动力和生产成本,二是节约水资源,可提高经济效益且有效缓解移栽稻面临的问题。由于水稻生育期较短,寒地有效积温少、无霜期短,选择适宜直播品种是解决直播稻群体构成和保证安全生产的重要前提条件^[24]。前人对水稻直播播种期和播种量研究较多,对直播水稻品种筛选指标

的评价方法研究较少,本文引用水稻抗旱性的评定方法,对水条播下水稻的农艺性状、产量构成因素和品质性状进行综合评价,以期筛选出适宜寒地水条播水稻品种的评价指标。

在对水稻农艺和品质性状对水条播适应性的反应进行综合评价时农艺性状的穗粒数、成粒率、经济系数、千粒重、理论产量的ARI因子和其品质性状中的整精米率、精米粒宽、蛋白质、米饭食味评分和直链淀粉含量的ARI因子分别凝聚了农艺和品质性状的绝大部分信息量。利用水条播适应系数、适应指数和综合适应能力,结合主成分分析的方法对水稻的水条播适应性进行综合评价,可以避免单一指标的片面性和不稳定性。针对水稻品种的水条播适应性,前人已经从产量及其构成因素、生理或形态指标上进行研究,但要确切地鉴定一个品种的水条播适应性强或弱,不能片面地用某一个指标进行判定,而应对多个指标进行综合分析^[25]。

4 结 论

本研究通过对29个不同水稻品种(系)在水条播条件下相应指标的测定,利用模糊隶属函数法得到AC、AI和水条播条件下的综合适应能力D值,最终筛选出适合中度以上适合寒地水条播的水稻品种21份,其中高度适应品种3份(绥粳17号、龙庆稻5号和龙粳50号)。穗粒数、成粒率、经济系数、千粒重和理论产量5个因子可作为水条播下水稻农艺性状适应性评价指标,整精米率、精米粒宽、蛋白质、米饭食味评分和直链淀粉含量5个因子可作为水条播下水稻品质性状适应性评价指标。可将这些相关主成分大的因子作为选择水稻品种进行直播和直播稻新品种参考。

参考文献:

- [1] 马 巍,侯立刚,齐春艳,等.播期对不同生育类型水稻生长发育进程及产量的影响[J].东北农业科学,2016,41(6):5-10.
- [2] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008(5):915-924.
- [3] 张 耗,余 超,陈可伟,等.直播方式对水稻生理性状和产量的影响及其成本分析[J].农业工程学报,2017,33(13):58-64.
- [4] 张洪程.水稻栽培学研究若干进展及发展探讨[J].作物杂志,2012(6):3-5.
- [5] 张文忠,苏 悦,殷延勃,等.北方水稻直播栽培的农艺问题与对策[J].沈阳农业大学学报,2012,43(6):699-703.
- [6] 刘 亮,侯立刚,齐春艳,等.吉林省水稻直播技术初探[J].东北农业科学,2017,42(6):1-3,27.
- [7] 罗锡文,蒋恩臣,王在满,等.开沟起垄式水稻精量穴直播机的研制[J].农业工程学报,2008,24(12):52-56.
- [8] 罗锡文,王在满.水稻生产全程机械化技术研究进展[J].现代农业装备,2014(1):23-29.
- [9] 王在满,罗锡文,陈雄飞,等.水稻机械化穴播技术对稻米品质的影响[J].农业工程学报,2015,31(16):16-21.
- [10] 王 洋,张祖立,张亚双,等.国内外水稻直播种植发展概况[J].农机化研究,2007(1):48-50.
- [11] 朱德峰,陈惠哲.水稻机插秧发展与粮食安全[J].中国稻米,2009(6):4-7.
- [12] 姜 龙,曲金玲,孙国宏,等.黑龙江省水稻直播应用前景分析[J].中国种业,2016(7):10-12.
- [13] 罗锡文,刘 涛,蒋恩臣,等.水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J].农业工程学报,2007,23(3):108-110.
- [14] 刘华招.寒地水稻产量及构成要素关系研究[J].北方水稻,2008,38(6):33-35.
- [15] 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(11):325-333.
- [16] 褚旭东,李仕贵,王 志,等.不同干旱胁迫条件下水稻品种的抗旱性比较研究[J].中国稻米,2006(5):9-11.
- [17] 胡标林,李名迪,万 勇,等.我国水稻抗旱性鉴定方法与指标研究进展[J].江西农业学报,2005(2):56-60.
- [18] 胡运高,王 志,黄廷友,等.水稻品种耐旱性鉴定的形态学评价指标研究[J].西南科技大学学报(自然科学版),2006(1):102-108.
- [19] 孟宪梅,黄义德,李奕松,等.水稻若干生理指标与品种抗旱性关系的研究[J].安徽农业大学学报,2003(1):15-22.
- [20] 郑桂萍,郭晓红,陈书强,等.水分胁迫对水稻产量和食味品质抗旱系数的影响[J].中国水稻科学,2005(2):142-146.
- [21] 孙彩霞,沈秀瑛.作物抗旱性鉴定指标及数量分析方法的研究进展[J].中国农学通报,2002(1):49-51.
- [22] 栗雨勤,张文英,王有增,等.作物抗旱性鉴定指标研究及进展[J].河北农业科学,2004(1):58-61.
- [23] 敬礼恒,刘利成,梅 坤,等.水稻抗旱性能鉴定方法及评价指标研究进展[J].中国农学通报,2013,29(12):1-5.
- [24] 吴振雨.密度和养分管理对寒地直播稻生长发育及产量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.
- [25] 吕艳东,孙立明,周 健,等.膜下滴灌旱种水稻适应品种及其评价指标的筛选[J].贵州农业科学,2016,44(1):47-51,55.

(责任编辑:刘洪霞)