

不同云南小麦种质资源的全生育期抗旱性及与主要农艺性状的相关性

周国雁，伍少云

(云南省农业科学院 生物技术与种质资源研究所, 云南省农业生物技术重点实验室,
农业部西南作物基因资源与种质创制重点实验室, 云南 昆明 650205)

摘要:为满足云南旱地小麦育种对高产、抗旱资源的需求,以云麦 39 号、云麦 42 号及云选 11-12 为对照品种,在大田自然干旱胁迫和人工浇灌条件下,鉴定了圆锥小麦、硬粒小麦、密穗小麦、云南小麦和普通小麦 5 个亚种的地方品种及普通小麦过时品种(品系)的 196 份材料的全生育期抗旱性,并分析了 6 类材料的抗旱指数差异及与主要农艺性状的相关性.结果表明:1)云麦 42 号的全生育期抗旱性较云麦 39 号和云选 11-12 更强,是发掘云南高产、抗旱小麦资源的最佳对照品种;2)以云麦 42 号为标准对照品种,筛选出了 48 份抗旱指数(I_{DR}) ≥ 1.1 的抗旱资源,占参试材料 24.2%;3)6 类材料 I_{DR} 有显著差异,依次为圆锥小麦>密穗小麦>云南小麦>硬粒小麦>普通小麦地方品种>普通小麦过时品种或品系;4)抗旱指数与自然干旱胁迫条件下的每穗粒数($r=0.525^*$)和千粒质量($r=-0.719^{**}$)、浇灌条件下的单株有效分蘖($r=-0.399^{**}$)和千粒质量($r=0.342^*$)有显著或极显著相关性,说明这 3 个性状可作为鉴定小麦品种和杂交低世代材料全生育期抗旱性的形态辅助指标.

关键词:小麦种质资源;全生育期;抗旱性;农艺性状;相关性;云南省
中图分类号:S852.65 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2013)03-0309-06

Drought Resistance of Diverse Wheat Germplasm Resource During Whole Growing Period in Yunnan Province and Relativity with Main Agricultural Traits

ZHOU Guoyan, WU Shaoyun

(Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/
Yunnan Provincial Key Lab of Agricultural Biotechnology/Key Lab of Southwestern Crop Gene Resources and
Germplasm Innovation of Ministry of Agriculture, Kunming 650205, China)

Abstract: In order to breed wheat varieties with high yield and high drought resistance, the drought resistance of 196 wheat germplasms was divided into six types, including *Triticum turgidum* subsp. *turgidum*, *T. turgidum* subsp. *durum*, *T. aestivum* subsp. *aestivum*, *T. aestivum* subsp. *compactum*, *T. aestivum* subsp. *Yunnanense* etc. landraces and the obsolete varieties or lines of *T. aestivum* subsp. *aestivum* were evaluated using a natural drought and irrigated condition during the whole growing period in Yunnan Province and the relativity between drought resistance index (I_{DR}) and main agricultural traits was also analyzed. The results showed that drought resistance of Yunmai42 was higher than those of Yun-

收稿日期:2012-10-25 网络出版时间:2013-06-13
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130613.1424.026.html>
作者简介:周国雁(1982—),女,助理研究员,硕士;通信作者:伍少云(1964—),男,研究员,E-mail:wsyun205@public.km.yn.cn
基金项目:国家农作物种质资源平台(云南 2012-030);云南省高层次科技人才培引工程资助项目(2010CII20)

mai39 and Yunxuan11 – 12, and it was a standard check variety for excavating materials of the high drought resistance of wheat gerplasm during whole growing period in Yunnan. Forty-eight wheat germplasms with stronger($I_{DR} \geq 1.1$) drought resistance were screened out, which accounted for 24.2% of all the test materials, and the drought resistance of the six types of materials was obvious different, whose order was *T. turgidum* subsp. *turgidum* > *T. aestivum* subsp. *Compactum* > *T. aestivum* subsp. *Yunnanense* > *T. turgidum* subsp. *durum* > *T. aestivum* subsp. *aestivum* > the obsolete varieties or lines. The relativity between I_{DR} and the number of grain per ear($r = 0.525^*$), thousand kernel mass($r = -0.719^{**}$) without irrigated condition and between I_{DR} and effective spikes per plant($r = -0.399^{**}$), thousand kernel mass($r = 0.342^*$) in irrigated condition was significant, which could be used as three supplementary morphological traits of identifying the drought-resistant ability of wheat varieties and materials during whole growing period.

Key words: wheat gerplasm resource; whole growing period; drought resistance; agricultural trait; relativity; Yunnan Province

小麦作为云南省的主要粮食作物之一,在当地农业可持续发展和人们的食物生产与安全中有着举足轻重的作用.但是,土壤和大气干旱一直是制约当地人们食物安全的重要自然因素.云南省位于中国西南边陲,虽不属于干旱地区,但每年10月至翌年5月的冬半年为当地的旱季,其降雨量大多只有夏半年的10%~20%.当地小麦生长的整个阶段也因此都处在这个严重缺水的旱季之中.在1972—2007年的36年间,昆明地区的小麦在拔节、孕穗、抽穗和开花期的降水亏缺率分别达73.0%、72.4%、83.5%和78.0%^[1].更为严重的是,在当地常年播种的小麦面积中约2/3左右又处于无灌溉设施、纯雨养农业的山地、坡地生态条件下.因此,干旱一直是影响该省小麦产量持续增长的关键自然因素之一,2009—2010年,该省播种的42.5万 hm^2 小麦中就有20万 hm^2 (约占47%)因遭受特大干旱而成灾,按当年该省小麦平均单产计算,单绝收面积1.17万 hm^2 就损失小麦产量达3万t左右.

作物的抗旱性是受多基因控制的数量性状^[2].作物在遭受水分亏欠时,会表现出如加快生育进程、卷曲叶片、关闭气孔、减少蒸腾和维持较高叶片持水力等一系列的生理和形态变化以达到逃旱、避旱和耐旱^[2]生存与繁衍的目的.国内外的研究表明,鉴定、筛选出抗旱性强的亲缘材料并培育抗旱新品种,是提高作物本身抵御自然干旱的有效措施之一.为此,许多学者从不同角度提出了多种鉴定作物抗旱性的方法^[3-5]和指标^[6-8].冀天会等^[9]和刘桂茹等^[10]在灌水和旱棚条件下,研究和比较了137个小麦品

种的抗旱系数、干旱敏感指数和抗旱指数3个抗旱性产量指标.程加省等^[11]和周桂莲等^[12]研究和评价了云南近期育成和大面积推广的几个旱地小麦品种的水势、保水力、叶绿素含量、游离脯氨酸含量等抗旱性生理指标.勾宇宏等^[13]研究了3个云南小麦品种10个性状与抗旱性之间的关系.然而,目前鲜见以抗旱指数直接发掘高产、抗旱的云南小麦种质资源的文献报道.本文按照小麦抗旱性鉴定评价技术规范(GB/T21127—2007)^[14],鉴定并分析了不同类型的云南小麦种质资源的全生育期抗旱性及与主要农艺性状的相关性,旨在为云南旱地小麦新品种选育筛选出优异抗源,并为利用形态指标辅助鉴定品种、品系及杂交低世代材料的抗旱性提供可行性.

1 材料与方法

1.1 参试材料

试验材料为云南省作物种质中期库保存的云南地方小麦品种和过时品种或品系.其中,地方品种包括圆锥小麦18份、硬粒小麦6份、密穗小麦20份、云南小麦41份和普通小麦82份,普通小麦过时品种或品系包括20世纪60年代至90年代末选育、引进的品种或品系共29份.对照品种为云南省农业科学院粮食作物研究所于20世纪80年代中期以后选育的云麦39号(ck1)、云麦42号(ck2)和云选11—12(ck3).其中云麦39号和42号分别是1994和1999年云南省审定的旱地小麦良种和云南省旱地小麦良种区试的对照品种,云选11—12则是2003年审定的田麦良种和2005—2011年云南省田麦良种区试的

对照品种.

1.2 鉴定方法

按 GB/T21127—2007 的规定和要求,设计了自然水分胁迫和人工浇水处理(对照)2 组田间试验. 2 组试验均为随机区组,3 次重复,每份材料为 1 小区,小区面积 2 m²,并均匀播种 200 粒可发芽种子. 播种后,2 组试验均被人工浇水以保证正常出苗. 出苗后,胁迫处理不再人为补水,并任其处于自然水分胁迫状态下;对照处理则在分蘖、拔节、抽穗开花及灌浆期间人为浇水,以保证 0 ~ 50 cm 土层田间持水量 80% 左右. 田间调查了 2 组试验材料的基本苗、生育期、株高、有效分蘖数和穗长等主要农艺性状,并于收获后采集穗粒数、千粒质量和小区产量等数据.

1.3 评判抗旱性的指标

以兰巨生等^[15]提出、胡福顺^[16]修订和 GB/T21127—2007^[14]规定的抗旱指数(I_{DR}),评价每份参试材料的全生育期抗旱性.

$$I_{DR} = Y_{待测}^2 Y_{对照} / (Y_{对照}^2 Y_{待测}),$$

式中, $Y_{待测}$ 和 $Y_{对照}$ 分别为待测材料和对照品种在水分胁迫(旱地)条件下的籽粒产量, $y_{待测}$ 和 $y_{对照}$ 分别为待测材料和对照品种在浇灌(水地)条件下的籽粒产量. 该公式也可进一步变化为

$$I_{DR} = Y_{待测} Y_{对照}^{-1} Y_{待测}^{-1} Y_{待测} / (Y_{对照} Y_{对照}^{-1} Y_{对照}^{-1} Y_{对照}),$$

式中, $Y_{待测} Y_{待测}^{-1}$ 和 $Y_{对照} Y_{对照}^{-1}$ 分别是待测材料和对照品种的抗旱系数(C_{DR}).

I_{DR} 越大,则待测材料的抗旱性也越强. 具体分级为: $I_{DR} \geq 1.3$,极强; $1.3 > I_{DR} \geq 1.1$,强; $1.1 > I_{DR} \geq 0.9$,中等; $0.9 > I_{DR} \geq 0.7$,弱(S); $I_{DR} < 0.7$,极弱.

2 结果与分析

2.1 鉴定出的标准对照品种及筛选出的抗旱种质

当对照品种为云麦 39 号,参试材料中有 66 份(含 ck2)的 I_{DR} 达到抗旱性强或极强的标准,占 198 份材料(含 ck2 和 ck3)的 33.3%,中抗及以下的占 66.7%. 以云麦 42 号为对照品种,则有 48 份材料的 $I_{DR} \geq 1.1$,占 198 份材料(含 ck1 和 ck3)的 24.2%,中抗及以下的占 75.8%(表 1). 而以云选 11—12 为对照品种,则有 145 份材料的 $I_{DR} \geq 1.1$,占 198 份材料(含 ck1 和 ck2)的 72.3%,中抗及以下的只占 26.8%. 由此可看出,云麦 42 号的全生育期抗旱性是最强的,云麦 39 号次之,而云选 11—12 最弱. 所以,云麦 42 号是目前筛选云南小麦种质资源全生育抗旱性的标准对照品种,表 1 是以该品种为对照鉴

定和筛选出的抗旱性强和极强的种质资源.

2.2 不同小麦种质资源的抗旱指数差异

从抗旱指数的变幅和均值(表 2)看,在 5 亚种 6 类不同的云南小麦种质资源中,变幅和均值最大的是圆锥小麦,其次是密穗小麦和云南小麦,虽然硬粒小麦的变幅最小,但均值要较普通小麦地方和过时品种更高. 所以,在这 6 类材料中,圆锥小麦的全生育期抗旱性是最强的,密穗小麦和云南小麦次之,而普通小麦过时品种或品系最弱.

SPSS v. 19 软件的进一步分析表明,抗旱指数在 6 类材料间存在显著差异性($F = 6.825, P = 0.000 < 0.01$). 硬粒小麦显著不及圆锥小麦,而与其他 4 类处于同等水平(表 3);圆锥小麦显著或极显著强于云南小麦、普通小麦地方品种和过时品种,并与密穗小麦相当;密穗小麦极显著强于普通小麦地方品种和过时品种,与其他 3 类相当;云南小麦也极显著强于普通小麦地方品种和过时品种,但是显著弱于圆锥小麦,并与硬粒小麦和密穗小麦相当;普通小麦地方品种极显著弱于圆锥小麦、密穗小麦和云南小麦,与硬粒小麦和过时品种无明显差异. 所以,这 6 类材料的全生育期抗旱性强弱关系,依次为圆锥小麦 > 密穗小麦 > 云南小麦 > 硬粒小麦 > 普通小麦地方品种 > 普通小麦过时品种.

2.3 抗旱指数与主要农艺性状的相关性

在以云麦 42 号为标准对照品种筛选出的抗旱性强和极强的材料中,抗旱指数与自然胁迫(旱地)条件下的每穗粒数($r = 0.525^*, P = 0.018 < 0.05$)和千粒质量($r = -0.719^{**}, P = 0.000 < 0.01$)有显著和极显著正、负相关性,而与株高($r = -0.150, P = 0.528$)、单株有效分蘖($r = 0.092, P = 0.701$)、穗茎节长($r = 0.040, P = 0.865$)和穗长($r = 0.362, P = 0.116$)等无明显的相关性;与浇灌(水地)条件的单株有效分蘖($r = -0.399^{**}, P = 0.005 < 0.01$)和千粒质量($r = 0.342^*, P = 0.017 < 0.05$)也有极显著和显著负、正相关性,而与株高($r = -0.146, P = 0.322$)、穗茎节长($r = 0.110, P = 0.457$)、穗长($r = -0.029, P = 0.842$)和每穗粒数($r = 0.018, P = 0.903$)等也无显著相关性. 因此,在水、旱 2 种条件下,单株有效分蘖数、穗粒数和千粒质量传递出的抗旱性信息有所差异. 在旱地条件下,每穗粒数多、千粒质量低的材料抗旱指数越大,抗旱性也越强;而在水地条件下,则是每穗粒数少、千粒质量高的材料抗旱性才越强.

表 1 以云麦 42 号为对照筛选出的抗旱性强的资源材料
Tab.1 Higher drought-resistant ability materials compared with Yunmai 42

云南省保存编号	全国统一编号	种质名称	类型	抗旱性
云 0009	ZM08806	铁壳麦(4)	云南小麦	极强
云 0016		双江长芒铁壳麦	云南小麦	强
云 0017	XM0898	长芒铁壳麦	云南小麦	极强
云 0020	XM0907	凤庆铁壳麦	云南小麦	极强
云 0024	XM0895 ZM08790	云县铁壳麦(4)	云南小麦	强
云 0040	XM0916	永德顶芒铁壳麦 - 1	云南小麦	极强
云 0042	XM0917	顶芒铁壳麦(3)	云南小麦	强
云 0047	XM0915	永德顶芒铁壳麦(1)	云南小麦	强
云 0052	XM0906 ZM11818	小麦(4)	云南小麦	极强
云 0052-2		小麦(4) - 2	普通小麦	极强
云 0109	ZM12069	榔头麦	普通小麦	强
云 0179	XM0844 ZM08799	凤庆大黑麦 - 3	密穗小麦	极强
云 0252	ZM12066	梁河小麦 - 3	普通小麦	强
云 0269	ZM11892	本地有芒小麦	普通小麦	强
云 0279	XM0871	养巴穗	密穗小麦	极强
云 0301	ZM11903	白刁刁麦	拟密穗类	强
云 0343	ZM11988	青华光头麦 - 1	园颖多花	极强
云 0347	ZM11990	青华光头麦 - 8	普通小麦	极强
云 0349	XM0866	青华光头麦 - 10	密穗小麦	强
云 0349-1		青华光头麦 - 10(1) 红壳	密穗小麦	极强
云 0349-2		青华光头麦 - 10(2) 黑壳	密穗小麦	极强
云 0370	ZM12090	落通铁壳麦	普通小麦	强
云 0390	XM0787	金江大颖麦	圆锥小麦	极强
云 0401	XM0845	小白麦	密穗小麦	极强
云 0405	ZM11959	红麦	普通小麦	极强
云 0411	XM0878	德鲁小麦	密穗小麦	极强
云 0416	XM0734	反修大颖麦	圆锥小麦	极强
云 0417	XM0801	前进大颖麦	圆锥小麦	极强
云 0423-1	ZM11859	长芒石扁头(短曲芒)	普通小麦	极强
云 0427-1	ZM12023	背子麦(无芒)	普通小麦	极强
云 0435	XM0772	老玉麦	圆锥小麦	极强
云 0436	XM0809 ZM08787	圆锥小麦	圆锥小麦	强
云 0441	XM0805 ZM08811	春麦	圆锥小麦	极强
云 0443	XM0951	三粒寸	硬粒小麦	强
云 0446	ZM08810 XM0063	硬粒小麦	硬粒小麦	强
云 0449	XM1102	大灰麦	圆锥小麦	强
云 0472	ZM10556	云麦 29 号	过时品种	极强
云 0507	XM0033	大粒麦	硬粒小麦	强
云 0007	XM0899	铁壳麦(2)	云南小麦	强
云 0008	XM0900	双江铁壳麦(1)	云南小麦	强
云 0132	ZM11871	乌木龙大白麦	普通小麦	强
云 0146	ZM11842	木厂米麦 - 2	普通小麦	强
云 0200	ZM12009	狗街老迟麦 - 1	普通小麦	强
云 0222	ZM12006	狗街小麦子	普通小麦	强
云 0350	ZM12019	草鞋麦	普通小麦	强
云 0617	XM0914	永德红硬壳麦	云南小麦	强

表2 参试材料的抗旱指数的变幅及均值

Tab.2 Variations and mean of the drought resistance index of materials tested

亚种	类型 ¹⁾	份数 ²⁾	抗旱指数 ³⁾	
			变幅	均值
硬粒小麦	A	6	0.393 ~ 1.389	0.816
圆锥小麦	A	18	0.482 ~ 2.746	1.196
密穗小麦	A	20	0.318 ~ 2.224	1.041
云南小麦	A	41	0.477 ~ 2.024	0.980
普通小麦	A	82	0.202 ~ 1.657	0.781
	B	31	0.233 ~ 1.421	0.674

1) A:地方品种,B:过时品种;2)参与抗旱指数计算的材料总数为198份,包含归并在过时品种或品系内的ck1和ck3;
3)抗旱指数是以云麦42号为标准对照品种计算的。

表3 参试的6类材料抗旱指数的差异显著性比较¹⁾

Tab.3 The comparisons on drought resistance index of six types of materials

组别 ²⁾		均值差 ³⁾	标准误	显著性 (P)
I	J	(I-J)		
1	2	-0.380*	0.180	0.034
	3	-0.225	0.180	0.202
	4	-0.164	0.165	0.321
	5	0.035	0.160	0.827
	6	0.142	0.168	0.398
2	1	0.380*	0.178	0.034
	3	0.155	0.123	0.207
	4	0.216*	0.107	0.044
	5	0.415**	0.098	0.000
	6	0.522**	0.112	0.000
3	1	0.225	0.176	0.202
	2	-0.155	0.123	0.207
	4	0.061	0.103	0.556
	5	0.260**	0.094	0.006
	6	0.367**	0.108	0.001
4	1	0.164	0.165	0.321
	2	-0.216*	0.107	0.044
	3	-0.061	0.103	0.556
	5	0.199**	0.072	0.006
	6	0.307**	0.09	0.001
5	1	-0.035	0.160	0.827
	2	-0.415**	0.098	0.000
	3	-0.260**	0.094	0.006
	4	-0.199**	0.072	0.006
	6	0.108	0.080	0.178

1) 抗旱指数是以云麦42号为标准对照品种计算的;
2) 1:硬粒小麦,2:圆锥小麦,3:密穗小麦,4:云南小麦,5:普通小麦地方品种,6:普通小麦过时品种;3)“*”和“**”分别为0.05和0.01差异显著水平。

3 讨论与结论

3.1 适宜云南小麦品种或种质资源全生育期抗旱性鉴定的对照品种

GB/T21127—2007^[14]规定了适用于小麦全生育期抗旱性鉴定的对照品种为“同级旱地区域试验应用的对照品种”。其目的在于能够将参加抗旱性鉴定的材料的产量同当地区域性试验的品种的产量进行比较^[9]。在本文应用的对照品种中,云麦42号的全生育期抗旱性是最强的,与程加省等^[11]采用游离脯氨酸含量鉴定的结果一致,可作为云南省目前鉴定和筛选抗旱性强的小麦亲缘材料的标准对照品种;而云选11-12因其适宜种植在灌溉生态条件下,所以其抗旱性较弱,但可作为不抗旱或抗旱性弱的材料的标准对照品种。

3.2 不同亚种或类型的云南小麦种质资源有不同的抗旱性表现

抗旱指数在5个亚种6个类型之间有显著差异。这不仅支持了以根系和叶片卷曲度为抗旱性鉴定指标,获得的圆锥小麦较普通小麦更抗旱的观点^[7],而且也证明了云南地方小麦品种由于长期被种植在无灌溉条件的山地、坡地环境下,应较现代育成品种或品系,尤其是处于灌溉生态型下的田麦品种更抗旱的感性认识。

3.3 抗旱指数是鉴定小麦全生育期抗旱性的理想指标

抗旱指数不仅反映了待测材料对水分或干旱环境的敏感程度,而且兼顾了高产潜力^[9]。在本文的199份参试材料(含ck1、ck2和ck3)中,有102份(占51.3%)材料的抗旱系数接近、甚至大于1,但其中只有48份、占24.2%(除ck2外)的材料才是抗旱育种需要的抗旱性强、高产的抗源。显然,用抗旱指数作为鉴定小麦全生育期抗旱性的指标不仅更加符合抗旱、高产的育种目标,也符合生产上对抗旱、高产品种的要求。

3.4 单株有效分蘖数、穗粒数和千粒质量是鉴定小麦全生育期抗旱性的有效形态辅助指标

大量的研究表明,小麦植株地上部分的农艺或形态性状,如结实小穗数、千粒质量、茎节数、穗长、穗粒数、退化小穗数^[13],株高^[7,13],叶片气孔数^[7],叶片形态结构^[6,17],株型紧凑度^[6,17],芒性和穗茎节长^[6]等都可用作鉴定抗旱性的形态指标,但是经济产量才是作物抗旱性最重要的体现^[9,18-19],也是育种

和生产最终追求的目标^[9]. 本文得出的抗旱指数与单株有效穗数、穗粒数和千粒质量之间有显著和极显著相关性,说明这 3 个性状不仅可用作鉴定小麦品种或品系全生育期抗旱性的形态辅助指标,也可用于杂交低世代对抗旱株系的筛选. 因为这 3 个性状本身就是构成小麦产量最主要的因素、属于抗旱性鉴定的产量指标范畴.

参考文献:

- [1] 王鹏云,王辉,李万春,等. 昆明小麦生长期需水量和缺水状况研究[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(1):111-115.
- [2] 景蕊莲. 作物抗旱节水研究进展[J]. 中国农业科技导报,2007,9(1):1-5.
- [3] FISHER R A, MAURER R. Drought resistance in spring wheat cultivars:I: Grain yield response[J]. Aust J Agric Res, 1978, 27:897-912.
- [4] 胡荣海. 农作物抗旱性鉴定方法和指标[J]. 作物品种资源,1986(4):36-38.
- [5] CLARKE J M, DEPAUW R M, TOWNLEY-SMITH T F. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat[J]. Crop Sci,1992,32(3):723-728.
- [6] 黎裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(1):91-99.
- [7] 路贵和,安海润. 作物抗生性鉴定方法与指标研究进展[J]. 山西农业科学,1999,27(4):39-43.
- [8] 李云,李维平,李秀峰. 不同品种冬小麦的抗旱性鉴定与分析[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(2):17-21.
- [9] 冀天会,张灿军,杨子光,等. 小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究:Ⅲ:综合评价指标的比较研究[J]. 中国农学通报,2007,23(10):422-426.
- [10] 刘桂茹,张荣芝,卢建祥,等. 冬小麦抗旱性鉴定指标的研究[J]. 华北农学报,1996,11(4):84-88.
- [11] 程加省,于亚雄,勾宇宏,等. 云南旱地小麦品种的抗旱性研究[J]. 云南农业大学学报,2007,22(1):13-16.
- [12] 周桂莲,杨慧霞. 小麦抗旱性鉴定的生理生化指标及其分析评价[J]. 干旱地区农业研究,1996,14(2):65-71.
- [13] 勾宇宏,程加省,杨金华,等. 云南旱地小麦抗旱性的灰色关联分析[J]. 云南农业科技,2007(4):13-15.
- [14] GB/T21127—2007 小麦抗旱性鉴定评价技术规范[S]. 北京:中国标准出版社,2008:1-5.
- [15] 兰巨生,胡福顺,张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法[J]. 华北农学报,1990,5(2):20-25.
- [16] 胡福顺. 抗旱性鉴定[M]//李杏普. 小麦遗传资源研究. 北京:中国农业大学出版社,1997:45-63.
- [17] 蒲伟凤,纪展波,李桂兰,等. 作物抗旱性鉴定方法研究进展(综述)[J]. 河北科技师范学院学报,2011,25(2):34-39.
- [18] 景蕊莲. 作物抗旱研究的现状与思考[J]. 干旱地区农业研究,1999,17(2):79-85.
- [19] 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,2004,8(1):58-61.

【责任编辑 周志红】