

主要作物新品种抗旱性鉴定指标的研究与应用

栗雨勤, 张文英, 谢俊良, 彭海成, 李建兵, 卜俊周

(河北省农林科学院旱作农业研究所, 河北 衡水 053000)

摘要: 针对我国北方干旱缺水, 水资源日趋匮乏的特点, 研究了农作物高产品种抗旱性鉴定方法、评价指标, 编制了我国第一个有关农作物品种抗旱性鉴定的地方标准, 完善了农作物品种的育种程序。河北省在全国率先开展了小麦和玉米等农作物新品种在参加区域试验的同时进行抗旱性鉴定试验。抗旱指数成为我国小麦和旱稻等作物的抗旱性鉴定指标和标准。

关键词: 高产; 作物; 品种; 抗旱性; 鉴定指标; 研究; 应用

中图分类号: S332.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)增刊-0029-05

Research and Application of Drought-Resistant Identification Index of Major Crop Varieties

LI Yu-qin, ZHANG Wen-ying, XIE Jun-liang, PENG Hai-cheng,

LI Jian-bing, BU Jun-zhou

(Dryland Farming Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China)

Abstract: In response to the less precipitation and the increasing shortage of water resources in North China, the identifying methods and the evaluating index for drought-resistant and high-yielding crop variety identification were discussed. The first relevant local standard about identification of drought-resistant crops in China was put forward to make the crop breeding procedures perfect. Hebei Province first developed the method in China that new crop varieties, especially in wheat and corn, attend drought-resistant tests while attending regional tests. Drought Resistant Index (DRI) has become the indicator and standard in drought-resistant identification of wheat and rice in the country.

Key words: High yield; Crop; Varieties; Drought resistance; Index of identification; Research; Application

多年来, 国内外学者对作物的抗旱(节水)性及其鉴定指标进行了大量的研究^[1~4]。澳大利亚在作物蒸腾、水分利用率和收获指数等方面的研究取得了较大进展。学者 Levitt 和 Stadelmann 把作物的抗旱性归纳为水分胁迫御性和耐性; Blum 提出了作物“农艺抗旱性”的概念和方法。我国的研究人员, 从作物的形态特征、生理生化等方面也进行了研究, 获得了大量试验数据。但由于抗旱指标不一, 研究方法、角度不同, 供试材料各异, 取得结果不尽相同, 特别是在遗传背景、遗传行为方面距实际应用尚有较大距离。

前人研究农作物的抗旱性, 往往在注重品种的

抗旱性的同时而忽视了品种的丰产性, 因此, 研究结果与生产应用差距甚远。我们在 20 余年的农作物种质资源的抗旱性鉴定筛选中, 发现高产品种(系)间的抗旱性有明显的差异, 高产抗旱类型的品种确实存在。提出了在较高产量基础上, 以抗旱指数 (DRI)^[5] 为鉴定指标研究其抗旱性, 缩短了基础理论研究与实际生产应用的距离。打破了以往人们对高产品种不抗旱, 抗旱品种不高产的偏颇认识。抗旱指数融品种的抗旱性和丰产性于一体, 既反映了水旱条件下产量的稳定性, 又体现了品种的产量水平^[6]。

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目 (C2006000727); 北京市自然科学基金项目 (YZPT02-03)

作者简介: 栗雨勤 (1951-), 男, 河北武邑人, 研究员, 主要从事农作物抗旱性鉴定及其遗传规律研究。

1 抗旱性鉴定指标的研制与改进

借鉴国内外经验,我们采用田间自然干旱和人工模拟干旱相结合的方法,借助不同水分环境,建立并规范了品种抗旱性鉴定的技术、方法和指标。在大量试验基础上,兰巨生等提出了高产品种的抗旱性鉴定指标——抗旱指数^[5](Drought Index, DI)。

$$DI = \frac{Y_a}{Y_M} \times \frac{Y_a}{Y_m}$$

式中 Y_a 是参试品种旱处理产量, Y_m 是参试品种水处理产量, Y_M 是所有参试品种旱处理平均产量。其中: Y_a/Y_m 是抗旱系数。

该式既反映水、旱地条件下,品种的稳产性又能体现品种的产量水平。大量的生产实践证明,抗旱指数的应用效果是好的,也是抗旱系数、干旱敏感指数、和干旱伤害指数无法比拟的。在抗旱指数推广应用期间,我们发现有以下缺点。

试验中的对照种只作为一般参试品种参加统计,未能显示出对照种应起的作用;对照种的抗旱指数值在年度间或同一年度不同的区组间不是一个定值,这样的结果会导致需要数年才能完成的品种资源抗旱性鉴定,年度间的鉴定结果不好比较;对一个参试品种来讲,其抗旱指数的大小,除应受对照种的旱处理产量和水处理产量所制约外,不应再受其他参试品种的干扰;由于该式的分母代表环境指数,参试品种太少,该式就不能成立了。

为了克服抗旱指数式的上述缺点,我们对抗旱指数式做了修订。

参试品种的旱地产量必须高于对照种旱地产量,其抗旱系数必须大于对照种的抗旱系数;对某一参试品种来说,其抗旱指数值,只受对照种的旱地产量和水地产量所制约,排除了其他参试品种的干扰;将不同年度或同一年度区组间对照种的抗旱指数值恒定为 1。这就为需要数年才能完成的抗旱性鉴定年度间的比较,提供了方便;由于修订式去掉了环境指数,参试品种少一些也能得出正确的结果,因而提高了科学性。

其抗旱指数(Drought Resistant Index, DRI)公式修改及推导过程为:

$$\begin{aligned} DRI &= \frac{Y_a}{Y_M} \times \frac{Y_a/Y_m}{Y_A/Y_M} \\ &= \frac{(Y_a)^2}{Y_m} \times \frac{Y_M}{(Y_A)^2} \end{aligned}$$

式中 Y_a 是参试品种旱处理产量, Y_m 是参试品种

水处理产量, Y_M 是对照种旱处理平均产量, Y_A 是对照种旱处理平均产量。

大量的生产实践表明,改进后的公式提高了鉴定方法的可行性和鉴定结果的准确性,在统计学上更有意义。

2 抗旱指数的科学性、实用性分析

2.1 抗旱指数试验方法与品种区域试验方法可靠性的比较

我国农作物育种程序是通过区域试验、生产试验等方法来鉴定、筛选新品种的。这种方法多是在类似的水肥条件下,注重了产量性能的鉴定,而对抗旱性能鉴定则表现出它的局限性。而该技术指标采用了 3 种水分环境的设置,为抗旱、高产、节水基因型的充分表达创造了条件,比其他筛选方法对品种评价的准确度高,鉴定结果与生产应用一致性强。1993 年,我所育成了小麦新品系衡 713,该品种在河北省小麦水地组预备试验中由于抗旱性鉴定的局限性,该品系未能进入区域试验;而在本所鉴定试验中,其水旱处理综合表现突出,将其划分为抗旱高产类型,建议在干旱缺水地区扩大示范。育种者根据我们的意见,分别在衡水、邢台、沧州干旱缺水地区示范种植,表现良好。短短几年,该品种示范面积达到 1 000 万 hm^2 以上。1997 年,通过了省品种审定委员会认定,2000 年获得河北省科技进步二等奖,是河北省推广面积最大的品种之一。

1994 年,河北省粮油所育成的冀 5203 新品系,同样出现了上述 2 种结果。育种者根据我们鉴定结果,将冀 5203 放到干旱缺水的沧州市和衡水市示范。1997 年,该品系平均每公顷产量 6 t 以上,受到了当地农民的欢迎。1998 年,在干旱缺水的赞皇、临城县等山区示范种植,面积达 0.5 万 hm^2 以上。生产应用结果表明,该技术鉴定筛选抗旱、高产冬小麦品种(系)的科学性、可行性,弥补了品种区域试验方法的不足。

生产实践是衡量比较各种试验方法的尺度。我们应用模糊数学^[7]、灰色理论^[8]等方法对抗旱指数法和区试法与生产应用结果(累计推广面积)的相关程度进行了比较分析。模糊数学的贴近度和灰色关联度两种方法对上述相关因素的评价结果是一致的(表 1)。抗旱指数法与累计推广面积的两个模糊集合间的贴近度、灰色关联度均高于区试法与累计推广面积的模糊贴近度、灰色关联度。也就是说,抗

旱指数法鉴定结果与生产实际应用结果之间的关系比区试法更为密切。我们分别对生产上应用的 28 个品种的推广面积与该技术综评结果进行了简单相

关分析,发现抗旱指数值(X)与累计推广面积(Y)的相关系数(r)达到了0.896。说明用该技术鉴定筛选新品种是可行的。

表 1 两种方法的鉴定结果与生产应用结果相关程度的比较

| Tab.1 Comparison of the correlation degree between the extension areas and identification results by two methods | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|---|--------------------------------------|
| 因 素 Factor | 品 种 (系) Varieties(Lines) | | | | | 模糊贴近度 Fuzzy approximative degree | 灰 色 关联度 Grey retated degree |
| | 冀麦 36 Jimai 36 | 冀麦 34 Jimai 34 | 冀麦 24 Jimai 24 | 早丰 1 Zhaofeng 1 | 7810 | | |
| 推广面积 | 118.84 | 51.37 | 91.07 | 9.92 | 0.00 | | |
| DRI 法 | 1.218 | 1.086 | 1.072 | 0.93 | 0.936 | 0.637 | 0.538 4 |
| CT 区试法 | 14.94 | 4.7 | 0.0 | 6.30 | 1.7 | 0.566 | 0.498 6 |

表 2 部分参鉴冬小麦品种(系)的生产应用情况

| Tab.2 Extension Areas of partial entries | | | | | | | | | | 万 hm ² |
|--|----------|------|------|------|------|------|------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 品种 Varieties | 年度 Years | | | | | | | 平均面积/ 年 Avg. / year | 总面积 Total_area | 抗旱指数 DRI |
| | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | | | |
| Nongda108 | | 6.0 | 25.1 | 57.1 | 64.1 | 65.7 | 59.7 | 34.7 | 277.5 | 1.12 |
| Yedan 19 | 26.7 | 21.4 | 15.7 | 3.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.5 | 67.7 | 1.08 |
| Luyuantan14 | 4.1 | 8.5 | 14.4 | 12.0 | 10.9 | 6.6 | 4.4 | 7.6 | 60.9 | 1.00 |
| Hudan4 | 0.0 | 4.9 | 3.6 | 3.2 | 1.3 | 1.2 | 0.0 | 1.8 | 14.2 | 0.92 |
| Xiyu3 | 17.4 | 22.1 | 17.8 | 10.2 | 7.5 | 3.4 | 0.0 | 9.8 | 78.4 | 1.01 |
| Yedan20 | 10.3 | 15.9 | 13.1 | 7.1 | 3.5 | 2.7 | 0.0 | 6.6 | 52.7 | 1.02 |
| Shi92- 1 | 4.5 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 5.7 | 0.76 |

注: 为河北省种子总站统计的应用面积 Note: According to statistics of Seed Station of Hebei Province

表 3 部分参鉴冬小麦品种系的应用情况

| Tab.3 Extension Areas of partial entries | | | | | | | | | | 万 hm ² | |
|--|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------------|-------|
| 品种 | 年度 Years | | | | | | | | 平均面积/ 年 | 总面积 | 抗旱指数 |
| Varieties | 1984 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1991 | 1992 | 1993 | Avg. / year | Total-area | DRI |
| Jimai26 | 0.04 | 2.14 | 24.22 | 55.28 | 54.73 | 43.65 | 22.51 | 19.39 | 37.52 | 337.7 | 1.489 |
| Jimai31 | | | 0.02 | 0.37 | 9.01 | 32.18 | 36.0 | 43.33 | 16.19 | 113.33 | 1.127 |
| 78-555 | 0.10 | 0.19 | 0.20 | 0.13 | | | | | 0.14 | 0.72 | 0.730 |
| 5103 | | | | 0.73 | 0.13 | 0.20 | | | 0.32 | 1.27 | 0.660 |

注: 为河北省种子总站统计的应用面积 Note: According to statistics of Seed Station of Hebei Province

河北省种子总站对该技术指标积极支持,充分肯定。他们认为,该指标简便实用,可为农作物新品种审定、推广提供科学依据。因此,先后自 1995 年和 1997 年起,河北省品种审定委员会率先在全国开展了小麦、玉米新品种抗旱性鉴定试验。

2.2 抗旱指数在品种布局的中的应用

小麦生产应用表明,该技术指标的试验结果可预测出新品种的应用前景,作为新品种示范推广、品种布局的依据。鉴定指标—DRI 值与年度平均推广速度和累计推广面积密切相关。DRI 值较大的品种,其年度平均推广速度快,累计推广面积大;DRI 值较小的品种,其年度平均推广速度慢,累计推广面积小。表 2~ 4 表明,同是高产品种因抗旱性差异,其生产应用结果(推广面积)不同。说明高产品种中的确有抗旱类型,即高产、抗旱类型^[9]。冀麦 38 新

系和邯 4564, 4589, 5316, 3475 等品种的育种者根据我们鉴定其属抗旱高产类型的结果,将推广重点转移到干旱缺水的邢台、衡水、沧州等地市,推广面积迅速增加,获得巨大的经济效益和社会效益。

“九五”期间,河南省鹤壁市农科所和山东省枣庄市农科所采用该方法鉴定、筛选出 8 个抗旱高产冬小麦品种用于生产,为旱地冬小麦高产开发,实现单产突破发挥了重要作用^[10]。

1999- 2003 年,河北省育成小麦新品种 28 个,其中,高产抗旱类型品种 12 个。表现突出的是邯 4589(河北省区域试验旱地组对照种)、邯 5316、邯 4564、衡 4041、邯 6172、衡观 26、石 4185(全国区域试验对照种)、石家庄 8 号、石家庄 9 号等。上述品种仅占审定品种比例的 42.9%,其累计推广面积占 85% 以上。

表 4 部分参鉴玉米品种(系)的生产应用情况

| 品种 Varieties | 年度 Years | | | | | 平均面积/ 年 Avg. /year | 总面积 Total area | 抗旱指数 DRI |
|-----------------|----------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|-------------------|-------------|
| | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | | | |
| Jimai36 | 0. 54 | 18. 31 | 29. 42 | 25. 71 | 44. 85 | 23. 77 | 118. 84 | 1. 278 |
| Jimai34 | 0. 53 | 2. 01 | 10. 93 | 25. 15 | 12. 73 | 10. 27 | 51. 37 | 1. 086 |
| 7810 | 0. 0 | 0. 0 | 0. 0 | 0. 0 | 0. 0 | 0. 00 | 0. 00 | 0. 938 |
| Zhaofen1 | 3. 38 | 3. 43 | 1. 91 | 0. 87 | 0. 87 | 1. 98 | 9. 92 | 0. 926 |
| Jimai24 | 25. 58 | 23. 76 | 23. 76 | 11. 29 | 11. 29 | 18. 2 | 91. 07 | 1. 000 |

注: 为河北省种子总站统计的应用面积 Note: According to statistics of Seed Station of Hebei Province

2.3 抗旱指数在新品种选育中的应用

不同水分环境的设置, 为育成品种及杂种后代的遗传基因充分表达创造了有利环境, 其抗旱性、高产性和节水性得到了充分表现, 可有效地选择抗旱、高产基因型, 提高育成种或杂种鉴定选择的准确性, 减少盲目性^[11]。目前, 冀、晋、鲁、豫等省市育种单位采用该方法进行抗旱育种, 取得理想效果。山西省农科院小麦研究所给予了高度评价, 他们认为有 3 方面特点: 第一, 独创性。首次提出此概念公式, 既不同于敏感指数, 又弥补了抗旱系数对品种评价结果与生产实践脱节之不足。第二, 准确性。概念定义正确, 公式构成合理, 鉴定结果与生产实践一致性高。第三, 实用性。容易被育种家接受, 提高种质利用效率, 准确评判杂交后代和育成品系。石家庄市农科院、河南省鹤壁市农科所、山东省德州市农科所和枣庄市农科所认为, 该技术为正确选用亲本搭配组合, 正确选择后代提供了科学依据, 提高了选择效果, 已经成为育种程序中不可缺少的重要环节。

河北省农林科学院旱作农业研究所和河北农业大学应用高产种质抗旱性鉴定理论与方法, 培育出具有抗旱节水、高产基因型的冬小麦新品种河农 85-9 和科麦一号。河农 85-9 3 年累计推广面积达到 66.7 多万公顷, 获河北省科技进步三等奖; 科麦一号在我省节水组区域试验及其生产试验中连续两年其抗旱性、产量均居第 1 位, 2003 年 9 月通过河北省品种审定委员会审定。

3 抗旱性鉴定标准的制定

为了加快该抗旱性鉴定指标的应用步伐, 根据试验、示范和推广应用成果, 编制了以该技术指标为主要内容的“农作物品种抗旱性鉴定技术规程”(DB13/T 398. 5-1999) 和“抗旱作物品种布局”(DB13/T 398. 6-1999) 河北省地方标准^[12], 并于 1999 年 4 月 1 日由河北省技术监督局审定、发布实施。使复杂的技术指标实现了标准化, 提高了试验

结果的同一性和科学性, 促进了该技术指标的推广应用。

4 抗旱性鉴定标准的技术进步作用

干旱缺水成为农业可持续发展的主要限制因素。该指标以作物品种为载体, 以提高水资源利用率和土地产出率为突破口, 以小麦增产、农民增收、节省水资源和农业可持续发展为目标, 推广小麦抗旱高产新品种鉴定与推广技术指标。该技术指标开辟了一条突破干旱缺水限制, 促进小麦生产的重要途径, 对干旱半干旱地区农业可持续发展产生深远影响。该技术指标为抗旱高产基因充分表达及鉴定筛选创造了条件。解决了抗旱性、丰产性和节水性不能同时表达的难题^[5]。育种单位应用该技术指标选育新品种, 能提高选择效率和选育水平。该技术指标可为种子管理部门提供品种审定、布局提供理论依据, 并对改革品种区域试验区组划分起到指导作用。

我们编制的“农作物品种抗旱性鉴定规程”河北省地方标准, 推动了河北省乃至全国农业技术推广的规范化进程。河北省在全国率先开展了主要农作物品种的抗旱性鉴定工作。河北省农林科学院旱作农业研究所被河北省农作物品种审定委员会指定为河北省唯一的抗旱性鉴定单位, 主持农作物品种的抗旱性鉴定研究工作。目前, 抗旱性鉴定研究由小麦一种作物, 发展到玉米、花生和旱稻主要农作物上, 已作为旱稻、小麦等作物品种的国家抗旱性鉴定指标和标准。同时为京、晋、冀、鲁、豫育种单位鉴定小麦、玉米新品种(系) 1 240 个, 筛选出抗旱高产小麦、玉米新品种 15 个, 为农业生产起到了促进作用, 取得了较大的经济效益和社会效益。

参考文献:

[1] 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, 9(4): 7- 12.

[2] 侯建华, 吕凤山. 玉米苗期抗旱性鉴定研究[J]. 华北农学报, 1995, 10(3): 89- 93.

[3] 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.

[4] 张 胜, 刘怀攀, 陈 龙, 等. 亚精胺提高大豆幼苗的抗旱性[J]. 华北农学报, 2005, 20(4): 25- 27.

[5] 兰巨生, 胡福顺, 张景瑞, 等. 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.

[6] 刘桂茹. 小麦抗旱性研究[J]. 中国农学通报, 1996, 12(4): 34- 36.

[7] 栗雨勤. 冬小麦抗旱高产品种鉴定方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 30(6): 581- 585.

[8] 刘汝温. 应用抗旱指数法筛选小麦抗旱品种[J]. 作物杂志, 1995, 6: 6.

[9] 蔺 垆. 实用模糊数学[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1989: 101- 113.

[10] 贾志宽. 灰色系统理论在农业上的应用[J]. 新疆农业科学, 1988, 3: 32- 36.

[11] 栗雨勤. 高产抗旱冬小麦新品种鉴定筛选方法研究[J]. 华北农学报, 1998, 13(增刊): 45- 49.

[12] 河北省技术监督局, 河北省旱作农业工程建设综合标准[M]. 1999: 48- 60.