

来长凯,张文银,马 静,等. 宁夏水稻抗旱性研究及综合评价[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):86-91.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.028

宁夏水稻抗旱性研究及综合评价

来长凯, 张文银, 马 静, 殷延勃

(宁夏农林科学院农作物研究所, 宁夏永宁 750105)

摘要:利用 49 份宁夏水稻材料,设水分胁迫、非水分胁迫 2 种处理,调查测定植株的形态性状、生理性状、产量性状及单株产量,通过水分胁迫、非水分胁迫条件下各相对性状对抗旱指数分别进行相关、灰色关联、逐步回归、通径分析。研究结果表明,单株分蘖数、株高、着粒密度、单株有效穗数、单穗实粒数等 5 个性状与抗旱性显著相关,可作为宁夏水稻抗旱性的鉴定指标。利用模糊隶属函数法对抗旱系数、抗旱指数、综合抗旱能力值进行抗旱性定性分级评价,结果表明,通过筛选得到的 5 个抗旱鉴定性状进行水稻的综合抗旱能力评价是可行的,综合评价出 49 份材料中有 5 份材料抗旱性较强、有 6 份材料抗旱性次之,综合抗旱能力、抗旱指数是宁夏水稻品种较为合适的抗旱性评价方法。

关键词:宁夏水稻;抗旱性;综合抗旱能力

中图分类号: S511.034 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0086-05

水稻是宁夏的优势特色粮食作物,其主要种植区——引黄灌区是全国少有的水稻高产优质生产区^[1]。近年来,在黄河水供求矛盾日益突出、水资源总量继续减少的形势下,宁夏水稻生产受到了严峻的挑战,节水已经成为水稻生产亟待解决的问题。

目前,众多学者针对宁夏水稻的节水高产栽培进行了大量的研究工作^[2-5]。随着节水技术的推广和农民节水意识的普遍提高,水稻生产的节水效果显著。但是,水稻生产依然存在较大的耗水量,致使宁夏引黄灌区的农业用水仍然日趋紧张。因此,我们要根据水稻生长规律和需水关键时期^[6-8],研究及评价宁夏水稻的抗旱性,选育节水抗旱水稻品种,以减少水稻生产对黄河水源的依赖。

水稻的抗旱性是指水稻在干旱条件下仍然能够保持较高产量的能力。本研究采用田间直接鉴定法,重点在水稻分蘖中后期至穗分化期进行水分胁迫处理,研究各性状在水分胁迫、非水分胁迫条件下的表现;比较以单株产量为基础的抗旱指数、抗旱系数、干旱伤害指数、干旱敏感指数之间的关系;利用抗旱指数筛选出能够用于水稻抗旱性鉴定的性状指标;再通过筛选出的抗旱鉴定性状进行抗旱能力的综合评价,从而得出宁夏水稻品种的抗旱性,研究结果将弥补宁夏水稻抗旱性研究的不足,为水稻节水抗旱品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 时间与地点

在 2012 年工作的基础上,本试验于 2013 年在宁夏永宁县王太堡宁夏农林科学院农作物研究所试验田进行。

1.2 材料

参试材料共 49 份,分别为:(1)宁粳 3 号;(2)宁粳 7 号;

(3)宁粳 9 号;(4)宁粳 12 号;(5)宁粳 14 号;(6)宁粳 15 号;(7)宁粳 16 号;(8)宁粳 18 号;(9)宁粳 19 号;(10)宁粳 23 号;(11)宁粳 24 号;(12)宁粳 25 号;(13)宁粳 26 号;(14)宁粳 27 号;(15)宁粳 28 号;(16)宁粳 29 号;(17)宁粳 31 号;(18)宁粳 32 号;(19)宁粳 33 号;(20)宁粳 34 号;(21)宁粳 35 号;(22)宁粳 36 号;(23)宁粳 37 号;(24)宁粳 38 号;(25)宁粳 39 号;(26)宁粳 40 号;(27)宁粳 41 号;(28)宁粳 42 号;(29)宁粳 43 号;(30)宁粳 45 号;(31)宁粳 46 号;(32)宁粳 216;(33)富源 4 号;(34)吉粳 88 号;(35)吉粳 105 号;(36)12DP-3;(37)12DP-8;(38)12DP-12;(39)12DJ-6;(40)12DJ-13;(41)12DJ-33;(42)12SP-4;(43)12SP-5;(44)12SP-8;(45)优育 41 号;(46)长白 9 号;(47)12DJ-39;(48)12DJ-40;(49)旱稻 65。其中宁夏审定或引进的水稻品种 36 个,本研究室选育的高产、节水抗旱和耐盐碱水稻品系 12 个,粳型常规高产优质早熟旱稻品种 1 个——旱稻 65。

1.3 试验设计与实施

1.3.1 试验设计 采用田间直接鉴定法,设水分胁迫、非水分胁迫 2 种处理。参试材料于 4 月 21 日播种育秧,5 月 18 日移栽,单本栽插 4 行,每行 11 株,行距为 26.4 cm,株距为 10 cm;顺序排列,重复 3 次。

1.3.2 水分管理 非水分胁迫处理按照水田常规管理模式进行管理;水分胁迫处理在 6 月 14 日,移栽后 30 d 采用断水处理、以自然降水为主,并于 7 月 16 日、7 月 26 日、8 月 6 日、8 月 16 日灌水且不保留水层,其他管理均参照水田常规管理模式进行。

1.3.3 调查与测定 根据水稻调查记载项目方法进行抽穗期、成熟期等田间形态性状的调查和记载;在分蘖高峰期,不同处理测定 5 个单株,调查最高分蘖时株高、最高总茎数(单株分蘖数);齐穗后使用 SPAD-502 便携式叶绿素测定仪测定剑叶叶绿素含量^[9],中午前后 2 h 内取剑叶进行叶片长、宽的测量,采用称重法测定剑叶含水量和其相对含水量^[10];成熟后,不同处理挖取 5 个单株晾干至恒质量进行室内考种,测

收稿日期:2015-02-02

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:NZ1189)。

作者简介:来长凯(1981—),男,辽宁辽阳人,硕士,助理研究员,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:LCK20002001@163.com。

定株高、单株有效穗数、穗长,脱粒后测定单穗总粒数、单穗实粒数、单穗秕粒数、千粒质量和单株产量。各项性状指标调查或测定的平均值作为该性状的测定值。

1.3.4 数据处理 运用 SPSS 19.0 软件进行数值的相关分析、逐步回归分析、通径分析,运用 DPS 7.05 进行灰色关联分析。

性状值:3 次重复的性状测定的平均值;

相对性状值 = 水分胁迫条件下的性状值/非水分胁迫条件下的性状值;

抗旱系数: $DC = Y_d/Y_p$;

抗旱指数: $DRI = (Y_d/Y_p) \times (Y_d/Y_{md})$;

干旱伤害指数: $ID = 1 - (Y_d/Y_p)$;

干旱敏感指数: $SI = [1 - (Y_d/Y_p)] / [1 - (Y_{md}/Y_{mp})]$ 。

式中: Y_d 为水分胁迫条件下各参试材料的单株产量; Y_p 为非水分胁迫条件下各参试材料的单株产量; Y_{md} 为水分胁迫条件下所有参试材料的平均单株产量; Y_{mp} 为非水分胁迫条件下所有参试材料的平均单株产量^[11-12]。

1.3.5 抗旱性评价 运用模糊隶属函数法^[13]进行定性分级评价。

(1) 计算隶属函数值 $\mu(x_i) = (x_i - x_{imin}) / (x_{imax} - x_{imin})$ 。

式中: $\mu(x_i)$ 为各参试材料第 i 个性状的隶属函数值; x_i 为各参试材料某一指标性状的相对值; x_{imax} 、 x_{imin} 分别为所有参试材料中第 i 个性状相对值的最大值和最小值。

(2) 选用经筛选出各类型抗旱指标性状的隶属函数值分别计算参试材料的各类型指标抗旱能力值。

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

式中: r_i 为各参试材料第 i 个性状与抗旱系数的相关系数; $\mu(x_i)$ 为各参试材料第 i 个性状隶属函数值; $(r_i / \sum_{i=1}^n |r_i|)$ 为指标权重值,表示各类型指标第 i 个性状在所有筛选出抗旱指标中的重要程度。

(3) 以各参试材料的不同类型指标抗旱能力值的平均值作为该参试材料的综合抗旱能力值。

(4) 抗旱性评价按照高抗旱、中抗旱、不抗旱 3 种类型定性分级,将各参试材料抗旱系数和抗旱指数的隶属函数值及抗旱能力值在 0.8 以上的为高抗旱型、在 0.5~0.8 之间的为中抗旱型、在 0.5 以下的为不抗旱型。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫与非水分胁迫条件下植株各性状的表现

由表 1 可以看出,49 份参试材料在水分胁迫、非水分胁迫条件下最高分蘖时株高、单株分蘖数、株高、穗长等 21 个性状的表现。水分胁迫条件下只有播种至抽穗天数的性状值大于非水分胁迫条件,其他 20 个性状值都小于非水分胁迫条件,其中单株产量降幅最大,为 55.182%,说明水分胁迫致使抽穗期推迟,最高分蘖时株高、单株分蘖数、株高和着粒密度等均有不同程度的降低。水分胁迫条件下,单穗实粒数、单穗总粒数、单株分蘖数和着粒密度等 11 个性状的变化程度高于非水分胁迫条件;非水分胁迫条件下,单穗秕粒数、单株有效穗数和单株产量等 10 个性状的变化程度高于水分胁迫条件。除最高分蘖时株高、单株分蘖数、剑叶相对含水量、播种至抽

穗天数和单穗结实率以外,其他 16 个性状在水分胁迫和非水分胁迫条件下的差异均达到极显著或显著水平,其中剑叶叶长差异最大,为 274.856,单株产量差异次之,为 233.834,说明这 16 个性状对水分胁迫较为敏感。结果表明,水稻的抗旱性较为复杂,可能是由多个数量性状基因控制。表明筛选出抗旱性指标,进行抗旱性研究,对节水抗旱水稻品种选育是十分重要的。

2.2 抗旱指数、抗旱系数、干旱伤害指数、干旱敏感指数之间的关系

本研究利用 49 份参试材料,通过对其抗旱指数、抗旱系数、干旱伤害指数、干旱敏感指数等 4 种常用抗旱性研究方法进行比较分析,结果见表 2。从表 2 可以看出,抗旱系数、干旱伤害指数、干旱敏感指数之间的相关系数为 -1 或 1,说明三者是同一的;抗旱系数与干旱伤害指数、干旱敏感指数的相关系数都为 -1,说明干旱伤害指数和干旱敏感指数都是抗旱系数的反面表达形式,是可以抗旱系数来代替的。抗旱指数与抗旱系数的相关系数(0.886)呈极显著正相关,说明抗旱指数与抗旱系数的关系较为密切。虽然抗旱系数是鉴定抗旱性的最常用、简单且有效方法,但抗旱指数涉及到参试材料的基因型、环境互作效应及水分胁迫条件下单株产量潜力 2 个部分效应,因此,采用抗旱指数更能接近参试材料的实际抗旱能力。

2.3 抗旱性鉴定指标的筛选

虽然产量是衡量抗旱性的最终标准,但在不同抗旱性上各性状的表现不相同,因此,筛选出与抗旱性相关程度大且较真实地反映抗旱能力的指标性状也是很重要的。为了消除参试材料之间固有的性状差异及其对单株产量的影响,本研究采用水分胁迫、非水分胁迫条件下各性状的比值作为各相对性状值,研究其与抗旱指数之间的关系,进而筛选出抗旱性鉴定指标。

2.3.1 各相对性状与抗旱指数的相关关系 调查和测定的 20 个性状在水分胁迫、非水分胁迫条件下的相对值与抗旱指数之间的相关性见表 3。从表 3 可以看出,相对最高分蘖时株高、相对株高、相对单株有效穗数与抗旱指数呈显著正相关;相对单株分蘖数、相对着粒密度、相对单穗总粒数、相对单穗实粒数、相对单穗结实率与抗旱指数呈极显著正相关。其中,相对单穗实粒数与抗旱指数的相关系数最大,为 0.616。而相对剑叶叶宽、相对抽穗至成熟天数、相对全生育期天数、相对单穗秕粒数与抗旱指数呈负相关。结果表明,最高分蘖时株高、单株分蘖数、株高、着粒密度、单株有效穗数、单穗总粒数、单穗实粒数、单穗结实率这 8 个性状对抗旱指数的影响程度较大,其他性状影响较小,就是说这 8 个性状在水分胁迫、非水分胁迫条件下的相对值越大,则其参试材料的抗旱指数就越大,即其抗旱能力就越强,因此,这 8 个性状可以作为衡量抗旱性的主要性状。

2.3.2 主要相对性状与抗旱指数的灰色关联、逐步回归、通径分析 通过相关分析得到与抗旱指数存在密切关系的 8 个性状,将其分成形态指标(最高分蘖时株高、单株分蘖数、株高、着粒密度)和产量指标(单株有效穗数、单穗总粒数、单穗实粒数、单穗结实率)2 组分别进行灰色关联、逐步回归、通径分析(表 4)。从表 4 可以看出,灰色关联分析(分辨系数 $\rho = 0.05$)得出形态指标与抗旱指数的关联程度大小顺序为相对单

表 1 水分胁迫与非水分胁迫条件下参试材料不同性状表现

| 性状 | 处理 | 变化范围 | 平均值 | 标准差 | 变异系数(%) | F 值 |
|-----------------|-------|-------------------|-----------------|--------|---------|------------|
| 最高分蘖时株高(cm) | 水分胁迫 | 49.067 ~ 73.000 | 58.893 ± 0.674 | 4.717 | 8.010 | 0.993 |
| | 非水分胁迫 | 48.867 ~ 71.867 | 59.850 ± 0.685 | 4.798 | 8.017 | |
| 单株分蘖数(个) | 水分胁迫 | 4.267 ~ 20.200 | 9.652 ± 0.396 | 2.773 | 28.729 | 2.990 |
| | 非水分胁迫 | 6.800 ~ 22.600 | 10.627 ± 0.401 | 2.810 | 26.439 | |
| 株高(cm) | 水分胁迫 | 63.467 ~ 95.500 | 79.642 ± 1.148 | 8.037 | 10.091 | 167.153 ** |
| | 非水分胁迫 | 82.113 ~ 116.013 | 99.494 ± 1.020 | 7.137 | 7.174 | |
| 穗长(cm) | 水分胁迫 | 12.161 ~ 19.984 | 15.733 ± 0.250 | 1.750 | 11.120 | 70.939 ** |
| | 非水分胁迫 | 15.497 ~ 28.078 | 19.034 ± 0.302 | 2.113 | 11.100 | |
| 着粒密度(粒/cm) | 水分胁迫 | 3.010 ~ 8.126 | 4.832 ± 0.159 | 1.115 | 23.078 | 65.507 ** |
| | 非水分胁迫 | 4.399 ~ 10.537 | 6.959 ± 0.209 | 1.463 | 21.026 | |
| 剑叶含水量(%) | 水分胁迫 | 55.767 ~ 70.156 | 61.589 ± 0.353 | 2.470 | 4.010 | 20.496 ** |
| | 非水分胁迫 | 44.951 ~ 66.877 | 64.097 ± 0.427 | 2.991 | 4.666 | |
| 剑叶相对含水量(%) | 水分胁迫 | 37.359 ~ 98.178 | 87.544 ± 1.426 | 9.883 | 11.289 | 0.667 |
| | 非水分胁迫 | 41.559 ~ 98.020 | 89.240 ± 1.511 | 10.251 | 11.487 | |
| 剑叶叶长(cm) | 水分胁迫 | 13.260 ~ 24.040 | 18.513 ± 0.360 | 2.521 | 13.615 | 274.856 ** |
| | 非水分胁迫 | 21.120 ~ 36.200 | 28.717 ± 0.499 | 3.494 | 12.167 | |
| 剑叶叶宽(cm) | 水分胁迫 | 1.000 ~ 1.590 | 1.365 ± 0.019 | 0.134 | 9.783 | 21.406 ** |
| | 非水分胁迫 | 1.168 ~ 1.780 | 1.497 ± 0.021 | 0.148 | 9.913 | |
| 剑叶长宽比 | 水分胁迫 | 10.108 ~ 18.891 | 13.604 ± 0.237 | 1.661 | 12.212 | 181.500 ** |
| | 非水分胁迫 | 13.224 ~ 23.580 | 19.307 ± 0.351 | 2.454 | 12.708 | |
| 剑叶叶绿素含量(SPAD 值) | 水分胁迫 | 33.300 ~ 45.800 | 38.784 ± 0.473 | 3.310 | 8.535 | 36.895 ** |
| | 非水分胁迫 | 35.233 ~ 49.233 | 42.766 ± 0.454 | 3.177 | 7.430 | |
| 播种至抽穗天数(d) | 水分胁迫 | 91.000 ~ 118.000 | 100.939 ± 0.768 | 5.375 | 5.325 | 3.372 |
| | 非水分胁迫 | 89.000 ~ 113.000 | 99.041 ± 0.692 | 4.843 | 4.890 | |
| 抽穗至成熟天数(d) | 水分胁迫 | 40.000 ~ 54.000 | 45.633 ± 0.480 | 3.358 | 7.360 | 85.611 ** |
| | 非水分胁迫 | 46.000 ~ 61.000 | 52.408 ± 0.553 | 3.873 | 7.389 | |
| 全生育期天数(d) | 水分胁迫 | 141.000 ~ 159.000 | 146.571 ± 0.498 | 3.488 | 2.380 | 25.001 ** |
| | 非水分胁迫 | 141.000 ~ 164.000 | 151.449 ± 0.839 | 5.870 | 3.876 | |
| 单株有效穗数(个) | 水分胁迫 | 3.667 ~ 11.933 | 6.778 ± 0.296 | 2.071 | 30.547 | 19.383 ** |
| | 非水分胁迫 | 4.600 ~ 19.533 | 8.963 ± 0.398 | 2.789 | 31.115 | |
| 单穗总粒数(粒) | 水分胁迫 | 38.331 ~ 134.460 | 76.999 ± 3.299 | 23.095 | 29.994 | 95.624 ** |
| | 非水分胁迫 | 70.574 ~ 200.532 | 132.353 ± 4.600 | 32.199 | 24.328 | |
| 单穗实粒数(粒) | 水分胁迫 | 31.097 ~ 118.260 | 69.483 ± 3.159 | 22.111 | 31.822 | 104.974 ** |
| | 非水分胁迫 | 65.481 ~ 180.165 | 119.863 ± 3.768 | 26.379 | 22.008 | |
| 单穗秕粒数(粒) | 水分胁迫 | 1.954 ~ 20.433 | 7.516 ± 0.508 | 3.553 | 47.277 | 12.436 ** |
| | 非水分胁迫 | 4.029 ~ 46.040 | 12.490 ± 1.316 | 9.212 | 73.756 | |
| 单穗结实率(%) | 水分胁迫 | 70.860 ~ 96.615 | 89.709 ± 0.748 | 5.234 | 5.834 | 1.004 |
| | 非水分胁迫 | 77.268 ~ 96.621 | 90.748 ± 0.719 | 5.035 | 5.548 | |
| 千粒质量(g) | 水分胁迫 | 19.587 ~ 28.370 | 23.720 ± 0.355 | 2.484 | 10.472 | 5.593 * |
| | 非水分胁迫 | 18.680 ~ 29.317 | 24.881 ± 0.339 | 2.376 | 9.548 | |
| 单株产量(g) | 水分胁迫 | 7.539 ~ 18.757 | 11.459 ± 0.330 | 2.312 | 20.176 | 233.834 ** |
| | 非水分胁迫 | 17.209 ~ 39.831 | 25.568 ± 0.861 | 6.030 | 23.586 | |

注：“*”“**”表示分别达到 0.05、0.01 显著水平。表 2、表 3、表 4、表 6 同。

表 2 抗旱指数、抗旱系数、干旱伤害指数、干旱敏感指数之间的相关分析

| 抗旱性研究方法 | 相关系数(r) | | | |
|---------|-----------|-----------|----------|--------|
| | 抗旱指数 | 抗旱系数 | 干旱伤害指数 | 干旱敏感指数 |
| 抗旱指数 | 1.000 | | | |
| 抗旱系数 | 0.886 ** | 1.000 | | |
| 干旱伤害指数 | -0.886 ** | -1.000 ** | 1.000 | |
| 干旱敏感指数 | -0.886 ** | -1.000 ** | 1.000 ** | 1.000 |

表 3 不同性状相对值与抗旱指数的相关性

| 相对性状 | 相关系数(r) |
|---------|----------|
| 最高分蘖时株高 | 0.305 * |
| 单株分蘖数 | 0.394 ** |
| 株高 | 0.333 * |
| 着粒密度 | 0.544 ** |
| 单株有效穗数 | 0.296 * |
| 单穗总粒数 | 0.556 ** |
| 单穗实粒数 | 0.616 ** |
| 单穗结实率 | 0.432 ** |

株分蘖数(0.330)、相对着粒密度(0.292)、相对株高(0.285)和相对最高分蘖时株高(0.251);产量指标与抗旱指数的关联程度大小顺序为相对单穗实粒数(0.319)、相对单穗结实率(0.258)、相对单穗总粒数(0.255)和相对单株有效穗数(0.251)。逐步回归分析可知,形态指标中入选最优回归方程(拟合度 $R^2=0.644$)的相对性状是单株分蘖数(X_2)、株高(X_3)、着粒密度(X_4),抗旱指数的偏相关系数(0.700、0.392、0.623)呈极显著水平;产量指标中入选最优回归方程(拟合度 $R^2=0.802$)的相对性状是单株有效穗数(X_5)和单穗实粒数(X_7),且与抗旱指数的偏相关系数(0.825、0.885)也呈极显著水平,表明这 5 个性状与抗旱指数存在较大的密切关系,

其相对值越大则抗旱指数就越大。通径分析可知,入选的形态指标中相对单株分蘖数对抗旱指数的直接影响效应最大,直接通径系数为 0.630;入选的产量指标中相对单穗实粒数对抗旱指数的直接影响效应最大,直接通径系数为 0.951,说明在入选的 5 个相对性状中单株分蘖数和单穗实粒数是对抗旱指数较为重要,是抗旱性鉴定的关键性状。分析结果表明,入选的抗旱性鉴定指标性状有 5 个,分别为单株分蘖数、株高、着粒密度、单株有效穗数、单穗实粒数,可以用这 5 个性状的相对值来鉴定其参试材料的抗旱性强弱,这 5 个性状受水分胁迫影响越小则其参试材料的抗旱能力就越强,其中以单株分蘖数和单穗实粒数尤为重要。

表 4 不同性状的相对值对抗旱指数的逐步回归、通径和灰色关联分析

| 性状类别 | 灰色关联序 | 最优回归方程和偏相关系数 | 入选变量 | 直接通径系数 |
|------|-------------------------|---|-----------------|---------------------|
| 形态指标 | $X_2 > X_4 > X_3 > X_1$ | $Y = -1.672 + 0.642X_2 + 1.239X_3 + 0.808X_4$ $r(Y, X_2) = 0.700^{**}$ $r(Y, X_3) = 0.392^{**}$ $r(Y, X_4) = 0.623^{**}$ | X_2, X_3, X_4 | 0.630, 0.304, 0.543 |
| 产量指标 | $X_7 > X_8 > X_6 > X_5$ | $Y = -0.774 + 0.719X_5 + 1.185X_7$ $r(Y, X_5) = 0.825^{**}$ $r(Y, X_7) = 0.885^{**}$ | X_5, X_7 | 0.731, 0.951 |

注: X_1 :最高分蘖时株高; X_2 :单株分蘖数; X_3 :株高; X_4 :着粒密度; X_5 :单株有效穗数; X_6 :单穗总粒数; X_7 :单穗实粒数; X_8 :单穗结实率; Y :抗旱指数。

2.4 宁夏水稻抗旱性的综合评价

2.4.1 宁夏水稻抗旱性的直接评价 目前,经常使用以单株产量为基础的抗旱系数和抗旱指数作为抗旱性的直接评价方法。本研究将参试材料的抗旱系数和抗旱指数全部转化成隶属函数值(分别与两者的相关系数为 1,说明是同质的),定义到[0,1]闭合区间,进行抗旱性评价的定性分级。从表 5 可以看出,利用抗旱系数的隶属函数值,筛选出高抗旱型材料 6 份、中抗旱型材料 9 份、不抗旱型材料 34 份;利用抗旱指数的隶属函数值,筛选出高抗旱型材料 5 份、中抗旱型材料 8 份和不抗旱型材料 36 份。经吻合度分析可知,49 份参试材料中有 42 份抗旱性定性分级相同,吻合度为 85.714%。

2.4.2 宁夏水稻抗旱性的综合评价 由于水稻的抗旱性是复杂的且受多因素互作的综合性状,使用抗旱系数和抗旱指数作为抗旱性的直接评价方法可能难以全面反映水稻材料的现实抗旱能力。因此,我们利用筛选出的 5 个抗旱鉴定指标采用模糊隶属函数法计算 49 份参试材料的形态指标抗旱能

力值(D_1)、产量指标抗旱能力值(D_2)、综合抗旱能力值(D),以综合评价其抗旱性。从表 5 可以看出,利用形态指标抗旱能力值,筛选出高抗旱型材料 0 份、中抗旱型材料 20 份、不抗旱型材料 29 份;利用产量指标抗旱能力值,筛选出高抗旱型材料 0 份、中抗旱型材料 5 份、不抗旱型材料 44 份;利用综合抗旱能力值,筛选出高抗旱型材料 0 份、中抗旱型材料 13 份、不抗旱型材料 36 份。经吻合度分析可知,49 份参试材料的抗旱性评价中,形态指标抗旱能力与产量指标抗旱能力、形态指标抗旱能力与综合抗旱能力、产量指标抗旱能力与综合抗旱能力的定性分级分别有 33、42、41 份是相同的,其吻合度为 67.374%、85.714%、83.673%,表明利用形态指标和产量指标分别进行抗旱能力评价的吻合程度不高,必须两者综合考虑进行综合抗旱能力评价。

2.4.3 宁夏水稻抗旱性的评价 比较抗旱系数、抗旱指数、综合抗旱能力等 3 种评价方法,进而实现对宁夏水稻品种现实抗旱能力的评价。从表 6 可以看出,综合抗旱能力值(D)

表 5 宁夏水稻 49 份参试材料的抗旱性直接评价和综合评价

| 抗旱性分级 | 抗旱性直接评价 | | 抗旱性综合评价 | | |
|-------|---|---|--|---|---|
| | 抗旱系数 | 抗旱指数 | 形态指标值(D_1) | 产量指标值(D_2) | 综合抗旱能力值(D) |
| 不抗旱型 | 1、4、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、21、23、24、26、27、28、29、30、32、33、34、35、38、42、43、44、46、48 | 1、4、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、21、23、24、26、27、29、30、32、33、34、35、38、40、41、42、43、44、46、47、48 | 1、4、6、7、8、9、10、11、13、14、15、17、18、19、23、24、26、27、28、29、30、32、33、34、35、38、43、44、48 | 1、2、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、23、24、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48 | 1、4、6、7、8、9、10、11、13、14、15、16、17、18、19、21、23、24、26、27、28、29、30、32、33、34、35、38、39、40、42、43、44、46、47、48 |
| 中抗旱型 | 2、5、20、25、31、37、40、41、47 | 2、5、20、28、31、37、39、49 | 2、3、5、12、16、20、21、22、25、31、36、37、39、40、41、42、45、46、47、49 | 3、22、25、36、49 | 2、3、5、12、20、22、25、31、36、37、41、45、49 |
| 高抗旱型 | 3、22、36、39、45、49 | 3、22、25、36、45 | | | |

分别与产量指标抗旱能力值 (D_2)、形态指标抗旱能力值 (D_1)、抗旱系数、抗旱指数的相关系数呈极显著水平,且 5 个指标两两之间的相关系数也呈极显著水平。分析结果表明,利用综合抗旱能力、抗旱系数、抗旱指数等 3 种评价方法均能有效进行宁夏水稻品种的抗旱性评价。经吻合度分析可知,49 份参试材料的抗旱性评价中,综合抗旱能力与抗旱系数、综合抗旱能力与抗旱指数的定性分级均有 40 份是相同的,其吻合度均为 81.633%。经综合考虑得出,49 份参试材料中,宁梗

表 6 抗旱系数、抗旱指数与综合抗旱能力的相关性

| 评价方法 | 相关系数(r) | | | | |
|---------|-------------|----------|----------|----------|-------|
| | 综合抗旱能力值 | 产量指标值 | 形态指标值 | 抗旱系数 | 抗旱指数 |
| 综合抗旱能力值 | 1.000 | | | | |
| 产量指标值 | 0.968 ** | 1.000 | | | |
| 形态指标值 | 0.960 ** | 0.860 ** | 1.000 | | |
| 抗旱系数 | 0.889 ** | 0.884 ** | 0.828 ** | 1.000 | |
| 抗旱指数 | 0.868 ** | 0.875 ** | 0.795 ** | 0.886 ** | 1.000 |

3 结论与讨论

利用 49 份宁夏水稻参试材料,研究其 21 个性状在水分胁迫、非水分胁迫条件下的表现,发现剑叶叶长、单株产量等 16 个性状对水分胁迫较为敏感;比较以单株产量为基础的抗旱指数、抗旱系数、干旱伤害指数和干旱敏感指数之间的关系,表明抗旱指数更能接近参试材料的实际抗旱能力;研究水分胁迫和非水分胁迫条件下的 20 个相对性状与抗旱指数的关系,筛选出单株分蘖数、株高、着粒密度、单株有效穗数、单穗实粒数可以作为抗旱性鉴定的指标性状,其中以单株分蘖数、单穗实粒数尤为重要;通过筛选出的 5 个抗旱鉴定性状进行参试材料的综合抗旱能力评价,分别与抗旱系数、抗旱指数的直接评价比较,综合抗旱能力和抗旱指数的评价结果更能反映宁夏水稻品种的实际抗旱表现能力,综合评价出具有中等抗旱能力以上的材料 11 份。

目前,众多学者已对水稻抗旱性及其评价开展了大量的研究工作^[14-17],由于选择的抗旱材料、目标性状、水分胁迫处理方式和评价方法等不同,得到的研究结果是不相同的。张燕之等利用综合抗旱力指数 K 值法对不同类型稻 18 个品种进行抗旱性分级,研究表明,株高、结实率与出穗日数为对产量影响至关重要的因素,且与旱作时产量的相关系数为极显著^[18];综合抗旱力指数 K 值公式能较客观、准确地反映品种的综合抗旱能力,是较为准确的水稻抗旱性鉴定的方法与指标之一。孟宪梅等利用 7 个不同类型的水稻品种,通过灰色关联分析法对 5 个生理生化指标进行综合分析评价,研究表明,运用灰色关联分析可将多个指标综合成一个指标——关联度,即根据关联度的大小对品种的抗旱性进行排序^[19]。程建峰等利用籼型杂交稻、常规籼稻、常规粳稻等 40 份水稻材料,研究结果表明,穗颈节粗可作为水稻抗旱性鉴定与评价的单一评定指标,穗颈节粗、单本株有效穗、每穗实粒数、谷粒宽、结实率可作为水稻抗旱性鉴定与评价的综合评定指标,采用综合抗旱力(D 值)为综合评定指标能全面系统且准确地评定水稻的抗旱性^[20]。严明建等利用隶属函数法对 25 个水稻材料进行抗旱性综合评价,研究结果表明,在干旱处理的情况下,短生育期材料生育期缩短,长生育期材料则延长;有效穗、千粒质量、株高、每穗实粒数、单株粒质量则普遍下降;依

9 号、宁梗 36 号、宁梗 39 号、12DP-3 和旱稻 65 等 5 份的抗旱能力较强,宁梗 7 号、宁梗 14 号、宁梗 34 号、宁梗 46 号、12DP-8 和优育 41 号等 6 份的抗旱能力次之。再经分析比较,评价出具有中等抗旱能力以上的 11 份材料,占利用抗旱系数、抗旱指数和综合抗旱能力等 3 种评价方法筛选出具有中等抗旱能力以上的 15、13、13 份材料的百分率分别为 73.333%、84.615% 和 84.615%。结果表明,利用综合抗旱能力、抗旱指数的评价结果能更符合宁夏水稻品种的实际抗旱能力。

据隶属函数值筛选抗旱材料是一种准确鉴定筛选抗旱种质的好方法^[21]。本研究中利用抗旱指数筛选出的 5 个抗旱性鉴定的指标性状,与利用抗旱系数筛选出的抗旱性鉴定指标性状相同,且与利用水分胁迫条件下单株产量筛选出的抗旱性鉴定指标性状亦相同,表明单株分蘖数、株高、着粒密度、单株有效穗数和单穗实粒数这 5 个性状是可以真正地作为宁夏水稻抗旱性的鉴定指标的;利用筛选出抗旱性鉴定指标性状分别进行形态指标和产量指标抗旱能力值的计算,再合成综合抗旱能力值进行抗旱性评价,评价出的 13 份抗旱材料中有 8 份与田间综合观察结果一致,可见利用这种评价方法更能反映宁夏水稻品种的实际抗旱能力。

水稻抗旱性是复杂的受微效多基因控制综合的数量性状,其抗旱性鉴定指标和评价方法是多样的^[22-23]。使用单一的鉴定指标评价水稻的抗旱性具有片面性和局限性,在今后的研究工作中,应着重在生理和生化等方面筛选抗旱性鉴定指标,结合已筛选出的形态和产量指标进行综合分析,建立综合性指标评价体系以正确评价水稻的抗旱性,同时利用分子生物学方法加以鉴定和分析,使其评价结果更切合实际,为节水抗旱水稻品种的培育提供有效的选育手段和育种材料。

参考文献:

[1] 王兴盛. 宁夏水稻[J]. 北方水稻,2007(1):19-22,31.
[2] 杨生龙,王兴盛,张俊杰,等. 宁夏水稻节水灌溉回顾及展望[J]. 宁夏农林科技,2003(2):59-60.
[3] 徐金祥,王宏伟,李海文,等. 宁夏引黄灌区水稻节水高产控制灌溉技术应用研究[J]. 黑龙江水专学报,2004,31(4):14-17.
[4] 陈洪仓,张自平,马文礼. 宁夏水稻主要节水技术应用情况报告[J]. 垦殖与稻作,2006(3):33-35.
[5] 李凤霞,张学艺,袁海燕,等. 宁夏引黄灌区水稻节水灌溉生产效应研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):46-50.
[6] 王兴盛,王 坚,杨生龙,等. 宁夏插秧水稻节水规律初探[J]. 宁夏农林科技,2005(4):1-4.
[7] 张生武,陈新国,任 丽. 水稻需水规律研究[J]. 吉林水利,2010(5):4-10.
[8] 张玉屏,朱德峰,林贤青,等. 不同时期水分胁迫对水稻生长特性和产量形成的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):48-53.

邵 慧,夏中华,金彦刚,等.江苏淮北地区 13 个主导小麦品种产量构成因素分析[J].江苏农业科学,2015,43(8):91-93.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.029

江苏淮北地区 13 个主导小麦品种产量构成因素分析

邵 慧,夏中华,金彦刚,杨永乐,王 丽,李珍富,丁 益,邱志强

(江苏瑞华农业科技有限公司,江苏南京 210014)

摘要:利用近 10 年来江苏省淮北地区主要推广的 13 个小麦品种,针对影响小麦产量的单位面积有效穗数、穗粒数、千粒质量产量 3 要素,通过方差分析、相关分析和通径分析,探讨产量 3 要素之间的相互关系及其对产量的影响。方差分析结果表明,不同小麦品种的产量及其产量构成因素存在显著性差异。产量较高的小麦品种为矮抗 58、连麦 6 号、淮麦 20、济麦 22,较低的小麦品种为徐麦 33、徐麦 30;单位面积有效穗数较高的小麦品种为淮麦 22、连麦 6 号、淮麦 20、烟农 19,较低的小麦品种为郑麦 9023、矮抗 58、淮麦 33;穗粒数较高的小麦品种为矮抗 58、淮麦 33、连麦 6 号、济麦 22、烟农 19、烟农 5158,最低的小麦品种为徐麦 99;千粒质量较高的小麦品种为郑麦 9023、矮抗 58、淮麦 20、徐麦 99,较低的小麦品种为淮麦 33、保麦 1 号、烟农 5158。相关性分析结果表明,单位面积有效穗数、穗粒数、千粒质量与小麦产量均呈正相关,其相关性大小依次为穗粒数>有效穗数>千粒质量;产量 3 要素之间呈负相关关系,其中有效穗数和千粒质量的负相关系数绝对值最大,为 0.510。通径分析结果与相关性分析结果吻合,产量 3 要素对产量的贡献大小依次为穗粒数>有效穗数>千粒质量。

关键词:淮北麦区;小麦;产量构成要素;统计分析

中图分类号:S512.103 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)08-0091-03

江苏省是我国的小麦生产大省,常年种植面积约为 220 万 hm^2 ^[1]。淮北地区为江苏省小麦主产区和高产区,近年小麦种植面积达 130 万 hm^2 以上,约占粮食总种植面积的 40%^[2]。建国以来,新品种的培育使得小麦产量大幅提高,特别是进入 20 世纪 80 年代以后,江苏省淮北地区小麦单产由 3 000 kg/hm^2 提高到 21 世纪初的 5 250 kg/hm^2 ^[1]。尽管

小麦单产已经取得很大的提高,但是随着人口的不断增长,粮食生产形势日益严峻,进一步提高小麦产量成为当前迫切需要解决的问题。

小麦产量主要是由单位面积有效穗数、穗粒数、千粒质量 3 个要素构成,三者关系的协调是取得小麦高产的关键^[3-4]。随着江苏省淮北地区种植业结构的调整和优化,小麦种植面积已基本趋于稳定,扩大种植面积有限,粮食总产的增长必须依靠单产水平的提高来实现,高产小麦的推广和高产、稳产小麦新品种的选育越来越重要。加强和推进高产、稳产小麦品种的推广和培育,是促进江苏省淮北地区高产小麦产业发展、保证农民增收、农村经济发展的重要措施。了解小麦品种产量及产量构成要素之间的关系,对于今后有目的地选配杂交组合、选育并推广小麦新品种、提高育种成效具有重要意义。

收稿日期:2014-08-22

基金项目:江苏省现代种业发展项目(编号:XDZY004);江苏省科技支撑计划(农业部分)(编号:BE2013439)。

作者简介:邵 慧(1988—),女,安徽宿州人,硕士研究生,主要从事小麦育种工作。E-mail:shaohui880109@163.com。

通信作者:夏中华,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。E-mail: xiazhonghua@vip.sina.com。

[9] 艾天成,李方敏,周治安,等.作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究[J].湖北农学院学报,2000,20(1):6-8.

[10] 郭龙彪,钱 前.栽培稻抗旱性的田间评价方法[J].中国稻米,2003(2):26-27.

[11] 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.

[12] 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,1998,7(3):92-94.

[13] 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,2007,33(3):425-432.

[14] 张灿军,姚宇卿,王育红,等.旱稻抗旱性鉴定方法与指标研究——I.鉴定方法与评价指标[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):33-36.

[15] 李 艳,马 均,王贺正,等.水稻品种苗期抗旱性鉴定指标筛选及其综合评价[J].西南农业学报,2005,18(3):250-255.

[16] 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,2006,21(1):102-108.

[17] 王秀萍,客绍英,鲁雪林,等.抗旱水稻品种的筛选及综合评价[J].中国农学通报,2006,22(8):242-245.

[18] 张燕之,周毓珩,邹吉承,等.水稻抗旱性鉴定方法与指标研究Ⅲ.水稻抗旱力指数与抗旱性[J].辽宁农业科学,1996(3):13-15.

[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,2003,30(1):15-22.

[20] 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.

[21] 严明建,黄文章,胡景涛,等.应用隶属函数法鉴定水稻的抗旱性[J].杂交水稻,2009,24(5):76-79.

[22] 王贺正,徐国伟,马 均.水稻抗旱性鉴定方法及鉴定指标的研究进展[J].中国种业,2009(3):16-18.

[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.