

# 宁夏南部山区冬小麦抗旱指标鉴定研究

邵千顺<sup>1</sup>,王 斐<sup>1</sup>,王克雄<sup>1</sup>,任小龙<sup>2</sup>,杨 琳<sup>1</sup>

(1.宁夏农林科学院固原分院,宁夏 固原 756000; 2.西北农林科技大学农学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**为了更快速有效地利用现有资源,选育适宜宁南山区旱地种植的冬小麦新品种,本试验通过抗旱系数、主成分分析、相关分析及聚类分析等方法对8个品种12个性状进行研究。结果表明:8个品种根据抗旱系数不同,可分为抗旱性强、中、弱3个等级;12个性状的主要信息主要集中在4个主成分中,累积贡献率达93.40%,这4个主成分因子主要反映产量、抗旱系数、穗长、穗粒数、千粒重、单株粒重、株高、不实小穗数、颖花结实率9个性状。产量、穗下节长和株高与抗旱系数间为显著或极显著正相关。通过聚类分析将8个品种聚为3类,第一类包含3个品种,分别是Z0217-3,Z0231-3和对照中引6号,这三个品种的产量、抗旱系数、穗下节长、千粒重及株高等主要指标在第三类和第二类之间,但穗长、穗粒数及单株粒重在三类中平均值最低。第二类包含2个品种,分别是98-5808-1和Z0228-2-1,这两个品种的穗粒数、单株粒重和不实小穗数三个指标平均值最高,但产量、抗旱系数、穗下节长、千粒重等指标平均值最低。第三类包含3个品种,分别是Z0349-4,08AWS089和晋太0509,这三个品种平均产量高,抗旱系数高,平均穗长最大,平均穗下节长最长,平均结实小穗数最多,千粒重最大、株高最高。

**关键词:**冬小麦;抗旱系数;农艺性状;抗旱指标

**中图分类号:**S512.034 **文献标志码:**A

## Studies on identification of drought resistance index of winter wheat in southern mountain area of Ningxia

SHAO Qian-shun<sup>1</sup>, WANG Fei<sup>1</sup>, WANG Ke-xiong<sup>1</sup>, REN Xiao-long<sup>2</sup>, YANG Lin<sup>1</sup>

(1. Guyuan Institute of Agricultural Sciences, Guyuan, Ningxia 756000;

2. College of Agronomy of Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** In order to cultivate new wheat varieties using available resources more rapidly and efficiently in south mountain of Ningxia province, the study was carried out to identify the 12 traits of 8 varieties by the methods of drought resistance coefficient, principal component analysis, correlation analysis and cluster analysis. The results showed that, according to the different drought resistance coefficient, 8 varieties can be divided into strong, middle and weak three grades. and the main information of the 12 traits was mainly concentrated in 4 principal components. The cumulative contribution rate was 93.40%. The main component factors mainly reflected yield, drought resistance coefficient, ear length, number of grains per spike, 1000-grain weight, grain weight per plant, plant height, number of panicles untrue, and spikelet seed setting rate. There was significant or very significant positive correlation between yield, panicle length, plant height, and drought resistance coefficient. The eight varieties were clustered into three categories. The first category contains three varieties, including Z0217-3, Z0231-3 and CK (Zhongyin 6) the main indicators of yield, drought resistance, panicle length, 1000-grain weight and plant height and other major indicators of this category was between the third and second categories, but the spike length, number of grains per panicle, and grain weight per plant were the lowest among the three categories. The second category contains two varieties, including 98-5808-1 and Z0228-2-1, the average values of the number of grains per spike, plant weight per plant, and number of false spikelets were the highest, but the average values of yield, drought resistance coefficient, panicle length, 1000-grain weight and other indicators were the lowest. The third category contains

three varieties, including Z0349-4, 08AWS089 and Jintai 0509, the average of the three cultivars of yield, drought resistance coefficient, panicle length, the number of spikelet, the largest grain weight, the plant height were the largest, This study will provide a theoretical basis for wheat parental selection and drought resistance breeding.

**Keywords:** winter wheat; drought resistance coefficient; agronomic trait; drought resistance index

干旱已成为全球农业生产面临的严重问题,尤其是进入本世纪以来,全球性气候变暖导致的干旱程度越来越严重,对粮食生产构成直接威胁<sup>[1]</sup>。全世界发展中国家至少有 6000 万  $\text{hm}^2$  小麦栽培在雨养耕地,产量水平只有灌溉条件下的 10%~50%。我国小麦单产不足  $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的低产田约 1140 万公顷,占小麦播种面积的 41%。以宁夏为例,年降水分配很不均衡,全区降水量在 180~650mm 之间,由南向北递减,南部六盘山区为 400~650mm,中部地区为 250~500mm,北部地区为 180~200mm。降雨量多集中在秋季,6-9 月的降水量占全年的 50%~73%,冬春干旱对小麦生产负面影响很大,是限制产量的主要因素。改进耕作栽培技术,如采用少耕、免耕、地面覆盖等抗旱耕作方式也不能从根本上解决问题<sup>[2-7]</sup>。

实践证明,提高作物抗旱性,选育抗旱品种,是最直接有效地解决干旱对作物产量影响的途径<sup>[8-9]</sup>,为此,国内外科学家都做各种探索与努力。许多学者从抗旱节水的生理生化机制<sup>[10-11]</sup>、抗旱分子机制<sup>[12]</sup>和抗旱的分子生物学基础<sup>[13]</sup>等方面进行了大量而深入的研究,提出了一系列抗旱性鉴定的形态、生理生化指标<sup>[14]</sup>和基因调控机制<sup>[15]</sup>等方面的理论。在小麦抗旱性研究方面,国内外学者相继提出了抗旱系数、干旱敏感指数、抗旱指数等

抗旱鉴定产量指标<sup>[16-17]</sup>,目前认为产量抗旱系数是品种抗旱性鉴定的直接、准确的评价指标,得到国内外学者的一致认可<sup>[18]</sup>。前人这些研究为抗旱育种、旱作节水农业的发展奠定了理论基础。

但是在旱地冬小麦研究方面进展缓慢,取得的成果有限<sup>[19]</sup>。再者作物品种抗旱性是一个复杂而系统的生理生化反应、多基因调控的过程,以及生长发育的节奏与农业气候因素变化相适应的程度,通过单一性状或指标研究抗旱性存在一定的局限性,本研究通过对 8 个品种的产量、抗旱系数及 11 个农艺性状的研究,筛选旱地冬小麦抗旱性鉴定指标及抗旱品种,以期为宁南旱地冬小麦抗旱育种及抗旱品种的筛选提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以宁夏南部山区 8 个耐旱性品种 Z0349-4、08AWS089、晋太 0509、Z0231-3、中引 6 号(CK)、Z0217-3、98-5808-1 和 Z0228-2-1 为供试材料,材料由宁夏农林科学院固原分院提供。试验材料种植在宁夏农林科学院固原分院彭阳试验基地,2015 年 9 月中旬播种,次年 6 月中旬收获。田间水分管理分雨养和灌溉两种,每小区播种 8 行,行距 0.3m,行长 5m,小区面积  $12.9 \text{ m}^2$ 。

表 1 供试材料基本情况

Table 1 Material's characters of 8 winter wheat varieties

| 序号 No. | 品种(系) Cultivar (line)       | 基本情况 Basic condition   |
|--------|-----------------------------|--|
| 1      | Z0217-3                     | 中熟旱地型品种、生活力强、抗旱性较好、抗逆抗病<br>Middle-ripening and dryland type variety, strong, it has strong resistance to dryland, stress and disease.  |
| 2      | Z0231-3                     | 中熟旱地型品种、较抗旱、适宜中高肥水<br>Middle-ripening and dryland type variety, the variety is more drought-resistant and suitable for medium and high fertilizer water.   |
| 3      | Z0349-4                     | 晚熟旱地型品种、抗旱、适宜中高肥水<br>Late-ripening and dryland type variety, the variety is more drought-resistant and suitable for medium and high fertilizer water.  |
| 4      | 08AWS089                    | 晚熟旱地型品种、品质优异、根系发达、抗旱抗逆、抗寒性好<br>Late-ripening and dryland type variety, the variety has excellent quality, developed root system, drought resistance and cold resistance.                         |
| 5      | 晋太 0509<br>Jintai0509       | 晚熟旱地型品种、籽粒品质优异、抗逆性强、抗倒性好<br>Late-ripening and dryland type variety, this variety has excellent grain quality, strong resistance to stress and collapse.  |
| 6      | 98-5808-1                   | 晚熟旱地型品种、根系发达、抗旱性较好、较抗逆抗病<br>Late-ripening and dryland type variety, this variety has developed root system, better drought resistance and better resistance to disease and resistance to disease |
| 7      | Z0228-2-1                   | 晚熟旱地型品种、根系发达、抗旱性较好、抗逆性强<br>Late-ripening and dryland type variety, this variety has developed root system, good drought resistance and strong resistance to stress.                              |
| 8      | 中引 6 号(CK)<br>ZhongYin6(CK) | 晚熟旱地型品种、生活力强、抗旱性好、抗逆抗病<br>Late-ripening and dryland type variety, the variety has strong viability, good resistance to drought, stress and disease.  |

## 1.2 性状测定

小麦成熟期每份材料随机选取 5 株,分别用钢卷尺测定其株高、穗长、穗下节长、单株穗数,用电子秤称量千粒重、单株粒重,逐株数取结实小穗数、穗粒数、有效分蘖数、颖花结实率、不实小穗数。然后按小区收获,测产。

## 1.3 抗旱系数计算方法及等级划分<sup>[20]</sup>

将鉴定品种种植于有灌溉条件的旱地,设置水、旱两种处理,处理间起垄并用塑料膜隔离处理。旱处理全生育期靠自然降雨,水处理在自然降雨的基础上再灌水 2 次。宁夏彭阳县在 9 月到次年 7 月降雨一般在 300~400mm,其中主要降雨集中在 8-9 月,而在冬小麦生长的关键期(次年 3-6 月)降雨量非常少,大概 150mm 左右。田间两次灌水主要是苗期和抽穗期,每小区灌水总量 4.5 m<sup>3</sup>。比较不同水分状况下同一品种的产量,用每份材料雨养区平均产量除以灌水区平均产量,计算每份参试材料的抗旱系数。它反映不同小麦品种对干旱的敏感程度,一个品种的抗旱指数高,则品种的抗旱性强,稳定性好<sup>[21]</sup>。根据抗旱系数将参试材料划分为抗旱性强、中、弱三个等级,评价旱处理苗期抗旱性、株高、穗长、穗下节长、颖花结实率、穗粒数等指标与品种的抗旱性的关系。

## 1.4 分析方法

将供试品种农艺性状数据经整理综合并正态标准化后,采用 SAS 8.2 数据分析软件对其进行相关分析、主成分分析及系统聚类分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 品种间产量及抗旱系数

根据材料的抗旱系数将抗旱性分为不同等级(详见表 2),0.2~0.4 为弱,0.4~0.6 为中,大于 0.6 为强,据此将 8 个品种分为 3 类,抗旱性强的为 Z0349-4、08AWS089、晋太 0509,中间型的为 Z0231-3 和中引 6 号(CK),抗旱性弱的为 Z0217-3、98-5808-1、Z0228-2-1。

表 2 参试品种产量及抗旱系数

Table 2 The drought resistance coefficient of 8 winter wheat varieties

| 序号<br>Number | 品种名称<br>Varieties | 旱地产量<br>Dryland yield/kg | 抗旱系数<br>Drought resistance coefficient |
|--------------|-------------------|--------------------------|--|
| 1            | Z0217-3           | 154.28                   | 0.428                                  |
| 2            | Z0231-3           | 190.33                   | 0.508                                  |
| 3            | Z0349-4           | 197.44                   | 0.638                                  |
| 4            | 08AWS089          | 219.32                   | 0.850                                  |
| 5            | 晋太 0509           | 200.18                   | 0.687                                  |
| 6            | 98-5808-1         | 123.61                   | 0.302                                  |
| 7            | Z0228-2-1         | 160.80                   | 0.365                                  |
| 8            | 中引 6 号(CK)        | 177.75                   | 0.495                                  |

## 2.2 不同处理下各品种抗旱性等级划分

由表 3 可知,各品种苗期抗旱性能力与全生育期抗旱性强弱不一致。Z0217-3、98-5808-1、Z0349-4 和对照中引 6 号苗期抗旱性强,但品种全生育期抗旱性较弱或中间性;Z0231-3、08AWS089 和晋太 0509 苗期抗旱性弱或中,但全生育期抗旱性强。

表 3 不同处理下各品种抗旱性等级划分

Table 3 The drought resistance classification of different varieties under different treatments

| 品种<br>Cultivar/line         | 苗期抗旱性<br>Resistance to drought at seedling | 全生育期抗旱性<br>Resistance to drought |
|-----------------------------|--|----------------------------------|
| Z0217-3                     | 强 S  | 中 M                              |
| Z0231-3                     | 弱 W  | 强 S                              |
| Z0349-4                     | 强 S  | 弱 W                              |
| 08AWS089                    | 中 M  | 强 W                              |
| 晋太 0509 JinTai0509          | 中 M  | 强 S                              |
| 98-5808-1                   | 强 S  | 弱 W                              |
| Z0228-2-1                   | 强 S  | 强 S                              |
| 中引 6 号(CK)<br>ZhongYin6(CK) | 强 S  | 中 M                              |

注:S、M、W 分别代表抗旱性强、中、弱。

Note:S, M and W represent the degree of drought resistance of different varieties as strong, medium and weak, respectively.

## 2.3 旱处理条件下品种间各性状差异及与抗旱性的关系分析

经方差分析,参试 8 个品种间除结实小穗数差异不显著外,其它旱地产量、抗旱系数、穗长、穗粒数、千粒重、单株粒重、株高和有效蘖率等性状差异均到达显著水平。且由表 4 可初步判定:各品种的株高、穗长、穗下节长、穗粒数、有效蘖率等性状指标变化趋势与品种抗旱系数变化趋势基本一致,因此,这些性状可初步作为品种抗旱性强弱判定的指标。

## 2.4 主要农艺性状的主成分分析

2.4.1 主成分特征值 利用 SAS 软件计算出 12 个主要农艺性状的特征向量及贡献率见表 5。根据各向量的绝对值将不同性状指标划分到不同的主成分之中,同一指标在各因子中的最大绝对值所在位置即为其所属主成分。从表 4 可以看出,在所有主成分构成中,主要信息集中在前 4 个主成分,其累计贡献率达 93.40%。第 1 主成分特征值为 4.33,贡献率为 36.07%。第 2 主成分特征值为 4.26,贡献率为 35.46%。第 3 主成分特征值为 1.51,贡献率为 12.58%。第 4 主成分特征值为 1.11,贡献率为 9.29%。

表 4 参试品种各性状平均数及方差分析

Table 4 Variance analysis and the average of 8 winter wheat varieties

| 品种名称<br>Varieties | 旱地产量<br>Dryland yield | 抗旱系数<br>Drought<br>resistance<br>coefficient | 穗长<br>Spike<br>length/cm | 穗下节长<br>the top 1st<br>internode<br>length/cm | 结实小穗数<br>spikelet<br>number/个 | 穗粒数<br>grain number<br>per spike/个 | 千粒重<br>1000 -<br>grainweight/g | 单株粒重<br>grain weight<br>per plant/g | 株高<br>Plant<br>height/cm | 有效蘖率<br>Effective tiller<br>rate/% |
|-------------------|-----------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Z0217-3           | 154.28a               | 0.428a                                       | 7.05a                    | 29.5a   | 12                            | 21.4a                              | 38.0a                          | 0.9a                                | 65a                      | 30.2a                              |
| Z0231-3           | 190.33b               | 0.508b                                       | 7.20a                    | 30.5ab  | 14                            | 23.0a                              | 36.0b                          | 0.9a                                | 73a                      | 31.1ab                             |
| Z0349-4           | 197.44b               | 0.638b                                       | 8.05b                    | 30.5bc  | 14.3                          | 24.0b                              | 42.5bc                         | 1.1ab                               | 75b                      | 28.5ab                             |
| 08AWS089          | 219.32b               | 0.850c                                       | 8.2b                     | 32.5bc  | 13.6                          | 22.3bc                             | 36.0bcd                        | 1.0bc                               | 80b                      | 33.6bc                             |
| 晋太 0509           | 200.18c               | 0.687cd                                      | 8.85b                    | 34.0bc  | 15.35                         | 28.7bc                             | 36.5cde                        | 1.2bc                               | 83b                      | 29.1cd                             |
| 98-5808-1         | 123.61d               | 0.302de                                      | 9.10c                    | 23.4cd  | 13.75                         | 27.9bc                             | 39.5de                         | 1.2cd                               | 57c                      | 26.3d                              |
| Z0228-2-1         | 160.8d                | 0.365ef                                      | 7.55d                    | 31.0de  | 13.2                          | 24.6bc                             | 35.3de                         | 1.0cd                               | 72d                      | 32.3d                              |
| 中引 6 号 (ck)       | 177.75e               | 0.495f                                       | 8.20d                    | 27.5e   | 13.4                          | 22.7c                              | 38.5e                          | 0.8d                                | 61e                      | 32.2e                              |

注:字母 a、b、c、d、e 表示各品种在 0.05 水平下的显著水平。Note: a、b、c、d 和 e represent significant difference at  $P < 0.05$ .

2.4.2 主成分分析 4 个主要成分因子汇集了 12 个农艺性状的 93.40% 的信息,每个主成分所代表的性状见表 6。第 1 主成分主要影响产量、抗旱系数及株高,向量值分别为 0.44、0.43 和 0.41。第 2 主成分主要影响单株产量,穗长、穗粒数和单株粒重是主要指标,向量值分别为 0.41、0.42 和 0.41。第 3 主成分影响单穗结实率,不实小穗数和颖花结实率是主要指标,向量值分别为 -0.55 和 0.48。第 4 主成分主要影响千粒重,向量值为 0.79。由此可知,与冬小麦抗旱因素相关的 12 个性状主要信息集中在产量、抗旱系数、穗粒数、千粒重、单株粒重、株高、不实小穗数和颖花结实率 8 个性状中,这 8 个性状可作为冬小麦抗旱性鉴定的主要参考性状。

表 5 主成分特征值信息表

Table 5 The information table of principal component eigenvalue

| 主成分<br>Component | 特征值<br>Characteristic<br>value | 贡献率率<br>Contribution<br>rate/% | 累计百分率<br>Cumulative contribution<br>rate/% |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| 1                | 4.33                           | 36.07                          | 36.07                                      |
| 2                | 4.26                           | 35.46                          | 71.53                                      |
| 3                | 1.51                           | 12.58                          | 84.11                                      |
| 4                | 1.11                           | 9.29                           | 93.40                                      |
| 5                | 0.49                           | 4.11                           | 97.51                                      |
| 6                | 0.21                           | 1.73                           | 99.25                                      |
| 7                | 0.09                           | 0.01                           | 100.00                                     |

表 6 8 个冬小麦品种 12 个农艺性状的主成分分析

Table 6 Principal component analysis of 12 agronomic traits in 8 winter wheat varieties

| 性状<br>Traits                            | 主成分 1<br>Component 1 | 主成分 2<br>Component 2 | 主成分 3<br>Component 3 | 主成分 4<br>Component 4 | 主成分 5<br>Component 5 | 主成分 6<br>Component 6 |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 旱地产量<br>Dryland yield                   | 0.41                 | -0.20                | 0.07                 | 0.25                 | 0.21                 | -0.19                |
| 抗旱系数<br>Drought resistance coefficient  | 0.43                 | -0.11                | -0.07                | 0.32                 | 0.07                 | 0.25                 |
| 穗长<br>Spike length/cm                   | 0.14                 | 0.41                 | -0.13                | 0.04                 | 0.49                 | 0.53                 |
| 穗下节长<br>The top 1st internode length/cm | 0.37                 | -0.23                | 0.28                 | -0.14                | -0.24                | 0.24                 |
| 结实小穗数<br>Spikelet number/个              | 0.26                 | 0.26                 | 0.42                 | -0.04                | 0.43                 | -0.53                |
| 穗粒数<br>Grain number per spike/个         | 0.10                 | 0.42                 | 0.20                 | -0.34                | 0.12                 | 0.16                 |
| 千粒重<br>1000 - grainweight/g             | -0.12                | 0.20                 | 0.16                 | 0.79                 | -0.09                | -0.03                |
| 单株粒重<br>Grain weight per plant/g        | 0.18                 | 0.41                 | 0.08                 | -0.08                | -0.47                | 0.15                 |
| 株高<br>Plant height/cm                   | 0.44                 | -0.11                | 0.20                 | -0.09                | -0.29                | -0.08                |
| 有效蘖率<br>Effective tiller rate/%         | 0.13                 | -0.41                | -0.25                | -0.17                | 0.33                 | 0.07                 |
| 不实小穗数<br>False spike number             | 0.17                 | 0.28                 | -0.55                | -0.11                | -0.12                | -0.47                |
| 颖花结实率<br>Spruce strong rate/%           | -0.36                | -0.13                | 0.48                 | -0.14                | 0.10                 | -0.01                |

## 2.5 参试 8 个冬小麦品种性状相关分析

将 8 个品种的 12 个性状两两之间的相关系数值列于表 7 中。对冬小麦 12 个性状的相关分析表

明,抗旱系数与旱地产量呈极显著正相关,说明抗旱系数越高,品种旱地增产可能性越大。穗下节长与旱地产量和抗旱系数呈显著正相关,表明穗下节

长越长,则品种抗旱能力越强,旱地增产可能性越大。穗粒数与穗长呈极显著正相关,单株粒重与穗长呈显著正相关,株高与旱地产量、抗旱系数呈极

显著正相关,与穗下节长和结实小穗数呈显著正相关,表明旱地品种适宜提高株高,可增强抗旱能力。颖花结实率与穗长呈显著负相关。

表 7 8 个品种 12 个性状间相关分析

Table 7 Correlation analysis of 12 traits in 8 winter wheat varieties

| 性状 Traits                                     | 旱地产量<br>Dryland<br>yield | 抗旱系数<br>Drought<br>resistance<br>coefficient | 穗长<br>Spike<br>length/cm | 穗下节长<br>The top 1st<br>internode<br>length/cm | 结实小穗数<br>Spikelet<br>number<br>/个 | 穗粒数<br>Grain<br>number per<br>spike/个 | 千粒重<br>1000-<br>grainweight<br>/g | 单株粒重<br>Grain weight<br>per plant/g | 株高<br>Plant<br>height/cm | 有效穗率<br>Effective<br>tiller<br>rate/% | 不实小穗数<br>False<br>spike<br>number |
|---|--------------------------|--|--------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 抗旱系数  | 0.8797**                 |  |                          |   |                                   |                                       |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 穗长<br>Spike length/cm                         | -0.0339                  | 0.2033                                       |                          |   |                                   |                                       |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 穗下节长<br>The top 1st<br>internode<br>length/cm | 0.8237*                  | 0.7511*                                      | 0.0726                   |   |                                   |                                       |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 结实小穗数<br>Spikelet<br>number/个                 | 0.534                    | 0.5592                                       | 0.5707                   | 0.4731  |                                   |                                       |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 穗粒数<br>Grain number<br>per spike/个            | 0.1952                   | 0.2862                                       | 0.9297**                 | 0.3239  | 0.6739                            |                                       |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 千粒重<br>1000-<br>grainweight/g                 | -0.2118                  | -0.1814                                      | 0.1641                   | -0.6282                                       | -0.1187                           | 0.0099                                |                                   |                                     |                          |                                       |                                   |
| 单株粒重<br>Grain weight<br>per plant/g           | -0.0455                  | 0.2136                                       | 0.7749*                  | 0.093   | 0.5969                            | 0.6441                                | 0.2796                            |                                     |                          |                                       |                                   |
| 株高<br>Plant height/cm                         | 0.9684**                 | 0.8862**                                     | 0.0699                   | 0.7972*                                       | 0.7191*                           | 0.2835                                | -0.2038                           | 0.2492                              |                          |                                       |                                   |
| 有效穗率<br>Effective tiller<br>rate/%            | 0.4491                   | 0.3976                                       | -0.3939                  | 0.5617  | -0.0574                           | -0.4362                               | -0.2844                           | -0.2486                             | 0.3439                   |                                       |                                   |
| 不实小穗数<br>False spike<br>number                | -0.0957                  | 0.1428                                       | 0.4717                   | -0.2008                                       | 0.5856                            | 0.14                                  | 0.1822                            | 0.5149                              | 0.0752                   | 0.046                                 |                                   |
| 颖花结实率<br>Spruce strong<br>rate/%              | 0.2009                   | -0.1815                                      | -0.7314*                 | 0.0007  | -0.0387                           | -0.4699                               | -0.3037                           | -0.6887                             | 0.1403                   | 0.0362                                | -0.2536                           |

注:相关系数临界值, $\alpha=0.05$ 时, $r=0.7067$ ,"\*"表示显著; $\alpha=0.01$ 时, $r=0.8343$ ,"\*\*"表示极显著。

Note: \* and \*\* denote significantly different between the 12 traits at  $P<0.05$  or  $P<0.01$ , respectively.

## 2.6 参试 8 个冬小麦品种聚类分析

8 个品种根据产量、抗旱系数、穗长、穗下节长、千粒重等 12 个指标计算 8 份冬小麦抗旱种质资源间的遗传距离,并采用非加权配对算术平均聚类法(UPGMA)进行系统聚类分析(如图 1),在欧氏距离 0.7697 处将 8 个品种分为 3 大类,第三类为 Z0349-4,08AWS089、晋太 0509,这三个品种为平均产量高,抗旱系数高,平均穗长最大,平均穗下节长最长,平均结实小穗数最多,千粒重最大、株高最高。第二类为 98-5808-1、Z0228-2-1,这两个品种的穗粒数、单株粒重和不实小穗数三个指标平均值最高,但产量、抗旱系数、穗下节长、千粒重等指标平均值最低。第一类为包括 Z0217-3、Z0231-3 与对照中引 6 号,这三个品种的产量、抗旱系数、穗下节长、千粒重及株高等主要指标在第三类和第二类之间,但穗长、穗粒数及单株粒重在三类中平均值最低。

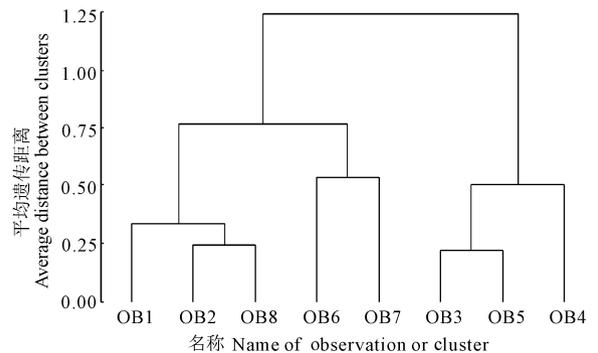


图 1 8 个参试冬小麦品种的聚类分析图

Fig. 1 Clustering analysis of 8 winter wheat varieties

## 3 讨论

作物抗旱性鉴定需要将形态、生理生化、产量等指标相结合,且对各个时期的抗旱性综合评价<sup>[22]</sup>,因此,简单、有效的鉴定指标及其评价方法的

合理选择是抗旱性鉴定的关键<sup>[23]</sup>。近年来,国内外学者采用主成分分析法、聚类分析法等方法研究作物抗旱性,并已在小麦<sup>[24]</sup>、大豆<sup>[25]</sup>、玉米<sup>[26]</sup>等作物中广泛应用。主成分分析是考察多个性状之间相关性的一种常用的多元统计方法,目的是从多个参试性状中提炼出几个彼此独立的新因子,这几个新因子能够反映参试性状的主要信息。本研究通过对8个品种12个性状的主成分分析,提炼出4个新的主成分因子,累积贡献率达93.4%,这4个主成分因子主要反映了产量、抗旱系数、穗长、穗粒数、千粒重、单株粒重、株高、不实小穗数、颖花结实率9个性状,因此,这9个性状可作为日后宁南冬小麦抗旱性鉴定的主要指标。

从抗旱等级来看,Z0349-4、08AWS089和晋太0509三个品种的抗旱性最强,通过聚类分析结果来看,Z0349-4、08AWS089和晋太0509这三个品种聚为一类,从表4可知,这三个品种平均产量高,抗旱系数高,平均穗长最大,平均穗下节长最长,平均结实小穗数最多,千粒重最大、株高最高,各性状都优于其它品种。这三个品种除晋太0509为引进材料外,Z0349-4、08AWS089是本单位在本地长期选育的待审品系,均在本地有良好的适应性,适宜日后在宁南山区推广种植,也可作为日后品种选育及杂交亲本选配的主要材料。

但是抗旱性是一个复杂的数量性状,不仅由作物种类、品种基因型、形态性状、及生理生化反应等有关,而且受干旱发生的时期、强度及持续时间的影响等有关<sup>[27]</sup>,本身的生理特点和结构特点决定,还与其内部调控系统能否与外界环境相适应密切相关<sup>[28]</sup>。目前对宁南冬小麦抗旱性指标的研究还不够深入,日后还需从生理生化指标、抗旱基因等方面入手,从更深层次探讨宁南冬小麦抗旱性,更准确地挖掘抗旱材料,为育种工作提供可靠的理论支撑。

#### 参考文献:

- [1] 胡荣海,小麦品种(系)抗逆性评价筛选及应用[J],植物学通报,1991,8(1):9.
- [2] 卢布,段桂荣,冯利平,等.调控旱地玉米生长及其土地环境的几种覆盖方式的研究[J].山西农业大学学报,1995,15(4):352-356.
- [3] 张建军,王勇,樊廷录,等.耕作方式与施肥对陇东旱塬冬小麦-春玉米轮作农田土壤理化性质及产量的影响[J].应用生态学报,2013,24(4):1001-1008.
- [4] 王砚田,徐祝龄.半干旱地区土壤水分变化规律及提高降水利用率的措施[J].北京农业大学学报,1993,19(2):31-40.
- [5] 李有兵,李锦,李硕,等.秸秆还田下减量施氮对作物产量及养分吸收利用的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(1):79-84+152.
- [6] 侯海鹏,丁在松,马玮,等.条带深松耕作方式对密植夏玉米产量性能的影响[J].玉米科学,2015,23(6):71-75+83.
- [7] 姜净卫,董宝娣,司福艳,等.地膜覆盖对杂交谷子光合特性、产量及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(6):154-158+194.
- [8] Wang W X, Vinocur B, Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperature: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*,2003,218:1-14.
- [9] 范锋贵,张晓科,任万杰,等.晋麦47幼苗中一个水分胁迫应答蛋白的SDS-PAGE和Nano LC-MS/MS鉴定[J].麦类作物学报,2012,32:1161-1166.
- [10] 厉广辉,张昆,刘凤珍,等.不同抗旱性花生品种的叶片形态及生理特性[J/OL].中国农业科学,2014,47(4):644-654.
- [11] 张维军,袁汉民,陈东升,等.小麦抗旱性生理生化机制及QTL研究进展[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):139-148.
- [12] 张红亮,王道文,张正斌.利用转录组学和蛋白质组学技术揭示小麦抗旱分子机制的研究进展[J/OL].麦类作物学报,2016,36(7):878-887.
- [13] Schonfeld M A, Johnson R C, Carver B F, et al. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators [J]. *Crop Sci*. 1988,28:526-531.
- [14] 孙欢欢,韩兆雪,谭登峰,等.新培育玉米自交系苗期生理生化指标与其抗旱性综合评价[J].干旱地区农业研究,2016,34(5):9-14+53.
- [15] 王莉,钱前,张光恒.水稻抗旱基因调控机制及其分子育种利用[J].分子植物育种,2014,12(5):1027-1033.
- [16] Blum A. *Plant breeding for stress environments*, CRC press, Inc. Boca Raton, Florida, 1988:26-27.
- [17] Fischer R A, et al. Drought resistance in spring wheat cultivars. *Aust J Agri Res*,1978(29):897.
- [18] Mardeh A S S, Ahmadi A, Poustini K, et al. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*,2006,98(2):222-229.
- [19] 杨琳,景继海,赵佰图.宁南山区旱地冬小麦抗旱性鉴定研究[J].现代农业科技,2011(23):62-63,65.
- [20] 陈斗生.中国小麦育种与产业化进展[M].北京:中国农业出版社.2002.
- [21] 李云.不同冬小麦品种抗旱性鉴定及抗旱指标研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [22] 张木清,陈如凯.作物抗旱分子生理与遗传改良[M].北京:科学出版社,2005.pp 22-23.
- [23] 祁旭升,王兴荣,许军,等.胡麻种质资源成株期抗旱性评价[J].中国农业科学,2010,43:3076-3087.
- [24] 王士强,胡银岗,余奎军,等.小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J].中国农业科学,2007,40:2452-2459.
- [25] 李贵全,张海燕,季兰,等.不同大豆品种抗旱性综合评价[J].应用生态学报,2006,17:2408-2412.
- [26] 徐蕊,王启柏,张春庆,等.玉米自交系抗旱性评价指标体系的建立[J].中国农业科学,2009,42:72-84.
- [27] Duciek D N. *Plant breeding, an evolutionary concept* [J]. *Crop Sci*,1996(36):539-548.
- [28] 金善宝.中国小麦学[M].北京:中国农业出版社,1996.