

棉花抗旱相关指标综合评价及灰色关联分析

孙丰磊,曲延英,陈全家,高文伟

(新疆农业大学农学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以30份棉花资源为材料,在大田对棉花花铃期进行干旱胁迫,于胁迫第10天测定光合指标,并分别取样测定叶片丙二醛(MDA)、叶绿素(Chl a+b)、超氧化物歧化酶(SOD)、脯氨酸(Pro)等的变化,吐絮后测定农艺性状;同时采用抗旱系数、抗旱指数、灰色关联分析等相结合的方法,对棉花的抗旱性进行综合评价。根据抗旱性度量值(*D*值)聚类分析结果,将30份材料聚类为4个类型,高抗旱型品种有贝尔斯诺、川98、库克C310-5100、KK1543、中R2015;中等抗旱型品种有新陆早49、新陆中8号、中R773-1等13个品种;抗旱型品种有新陆早47、辽18、富依德998等8个品种;干旱敏感型品种有军棉1号、中R2009、新陆早26、新陆中58。通过灰色关联分析,16个指标与*D*值的紧密程度依次为有效铃数、总铃数、有效果枝数、*Gs*、*Tr*、果枝数、MDA、叶绿素总量、*Pn*、叶绿素b、株高、WUE、叶绿素a、Pro、*Ci*、SOD。在受到干旱胁迫时,棉花农艺性状表型指标敏感,同时MDA、叶绿素总量这2个指标反应较其它生理生化指标敏感,蒸腾速率(*Tr*)、气孔导度(*Gs*)、净光合速率(*Pn*)相对其它光合指标较敏感。

关键词:棉花;农艺性状;抗旱性综合评价;灰色关联度分析

中图分类号:S562 文献标志码:A

Comprehensive evaluation of cotton drought tolerance indexes and gray relational analysis

SUN Feng-lei, QU Yan-ying, CHEN Quan-jia, GAO Wen-wei

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: By conducting field water stress on 30 cotton varieties during the flowering and boll stages, we determined photosynthesis indexes in the 10th of stress and took samples to determine malondialdehyde (MDA), chlorophyll (a, b, a+b), superoxide dismutase (SOD), proline (Pro), and the major agronomic indexes. The drought tolerance of cotton was comprehensively evaluated by combining drought-tolerance indexes, drought tolerance coefficient, and grey correlation analysis. According to drought tolerance metric (*D* value), the 30 tested varieties were categorized as 4 groups including high drought tolerance (Beiersinuo, Chuan 98, Kuke C310-5100, KK 1543, Zhong R2015), moderate drought-tolerance (13 varieties including Xinluzao 49, Xinluzhong 8, and Zhong R773-1), low drought-tolerance (8 varieties including Xinluzao 47, Liao 18, and Fuyide 998), and sensitive drought-tolerance (Junmian1, Zhong R2009, Xinluzao 26, and Xinluzhong 58). Through the gray relational analysis of 16 indexes and *D* values, correlation of the indexes to the *D* values were ranked as effective number of bolls>total number of bolls>effective number of boll branches >*Gs*>*Tr*>number of boll branches>MDA>total chlorophyll>*Pn*>chlorophyll b>plant height>WUE>chlorophyll a>Pro>*Ci*>SOD. Under drought stress, the cotton agronomic phenotypic indexes were very sensitive. Meanwhile, MDA and total chlorophyll both were more sensitive than other physiological and biochemical indicators and transpiration rate (*Tr*), stomatal conductance (*Gs*), and net photosynthetic rate (*Pn*) were more sensitive than other photosynthetic index. According to the comprehensive drought resistance index, cluster analysis, gray correlation and soon, we comprehensively evaluated the drought resistance

收稿日期:2017-08-28

修回日期:2018-03-12

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0501407);南京农大-新农大联合基金(KYYJ201601);新疆农业大学博士后流动站资助

作者简介:孙丰磊(1992-),男,陕西铜川人,硕士研究生,研究方向为棉花遗传育种及抗旱研究。E-mail:1271297139@qq.com

通信作者:曲延英(1962-),女,教授,博士生导师,研究方向为棉花分子育种。

高文伟(1973-),男,教授,博士生导师,主要从事棉花分子标记辅助育种。E-mail:280594606@qq.com

of 30 materials.

Keywords: cotton; agronomic indexes; comprehensive drought resistance evaluation; gray relational analysis

干旱是影响棉花生长发育和产量品质的重要非生物胁迫之一,其对农业造成的损失与其它非生物自然灾害造成的损失之和相当^[1]。因此,了解棉花的抗旱性、合理评价棉花抗旱资源材料,并挖掘抗旱资源中的抗旱材料,对提高棉花抗旱性有重要意义。近年来,国内外学者在作物抗旱性鉴定及作物遗传改良方面做了大量研究^[2-4]。针对抗旱性鉴定,在生理、生化、形态、产量等方面进行了深入研究^[5-8]。但棉花的抗旱性是一个复杂的生物学性状,使用单一指标判断其耐旱性易受到环境及基因型差异影响导致研究结果不一致。因此,方便、简单有效的评价方法及鉴定指标是抗旱性鉴定的关键^[2]。在品种抗逆性研究中,国内外学者从不同角度进行指标选择,给出评价方法以及对抗旱性进行评价^[9-11]。研究结果表明,棉花花铃期受干旱胁迫时,棉花植株生长减慢,叶片数减少,叶片变小,新生叶片生长速率降低,果枝数量减少,受干旱严重

时棉花植株停止生长,产生自然封顶现象^[12-15];在全生育期缺水时会造成株高降低,果枝数、单株成铃数减少,蕾铃脱落增加,导致产量下降^[16-17];陈玉梁等研究表明彩棉农艺性状与水分利用率呈极显著相关^[18]。以上研究多针对单一的生理指标或农艺性状研究抗旱性。本研究通过对30份棉花资源材料进行相关分析,采用抗旱系数、抗旱指数、主成分分析法^[19-21]、隶属函数^[22]、灰色关联度^[23]等相结合的方法,综合评价其抗旱性,避免单一指标的片面性,为抗旱性鉴定提供可借鉴的方法与指标,同时为筛选抗旱资源品种和抗旱性育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

30份棉花品种均由新疆农业大学遗传育种实验室保存提供(表1)。

表1 棉花品种来源
Table 1 Cotton variety sources

品种名称 Variety name	来源 Source	品种名称 Variety name	来源 Source
中R2015	中国农业科学院棉花研究所	早42	新疆农垦科学院
Zhong R2015	Chinese Academy of Agricultural Sciences Institute of cotton	Zao 42	Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation
早19	石河子棉花研究所	新陆早50	新疆农业科学院
Zao 19	Shihezi cotton Institute	Xinluzao 50	Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
新陆早49	新疆农七师农业科学研究所	塔什干7号	巴州农业科学研究所
Xinluzao 49	Xinjiang Nongqishi Agricultural Sciences Institute	Tashigan 7	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
大铃王	巴州农业科学研究所	新陆早26	新疆农业科学院
Dalingwang	Xinjiang Bazhou Agricultural Sciences Institute	Xinluzao 26	Xinjiang Academy of Agricultural Sciences
天合2013	石河子棉花研究所	KK1543	巴州农业科学研究所
Tianhe 2013	Shihezi cotton Institute	新陆早1号	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
川98	巴州农业科学研究所	Xinluzao 1	农七师下野地试验站
Chuan 98	Xinjiang Bazhou Agricultural Sciences Institute	新石K7	Xinjiang Nongqishi Xiayedi Experiment station
早32	新疆农垦科学院	Xinshi K7	石河子棉花研究所
Zao 32	Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation	贝尔斯诺	巴州农业科学研究所
新陆早47	新疆农七师农业科学研究所	Beiersinuo	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
Xinluzao 47	Xinjiang Nongqishi Agricultural Sciences Institute	早24	巴州农业科学研究所
中R2009	中国农业科学院棉花研究所	Zao 24	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
Zhong R2009	Chinese Academy of Agricultural Sciences Institute of cotton	108夫	巴州农业科学研究所
富依德998	新疆农七师农业科学研究所	108Fu	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
Fuyide 998	Xinjiang Nongqishi Agricultural Sciences Institute	CQJ-5	新疆农业大学
西部4号	新疆农七师农业科学研究所	新路早39	新疆农七师农业科学研究所
Xibu 4	Xinjiang Nongqishi Agricultural Sciences Institute	Xinluhan 39	Xinjiang Nongqishi Agricultural Sciences Institute
新陆中8号	巴州农业科学研究所	c1470	巴州农业科学研究所
Xinluzhong 8	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute	军棉1号	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
新陆中58	巴州农业科学研究所	Junmian 1	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
Xinluzhong 58	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute	辽18	巴州农业科学研究所
中R773-1	中国农业科学院棉花研究所	Liao 18	Xinjiang Bazhou Agricultural Institute
Zhong R773-1	Chinese Academy of Agricultural Sciences Institute of cotton		
库克C310-5100	中国农业科学院棉花研究所		
Kuke C310-5100	Chinese Academy of Agricultural Sciences Institute of cotton		

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2015—2016年在石河子144团农大试验田进行,播种前在试验区划分2片区域,用于正常浇水(CK)和干旱胁迫(Drought),每个材料采用3 m 2行规模种植,每膜种植3个品种,2种处理均重复2次,以保护行隔开。在花铃期对照组正常浇水,胁迫组不浇水处理,胁迫处理10天后复水,此后,两处理均正常浇水。

1.2.2 测定项目与方法

(1) 生理生化指标测定:采用英国(汉莎)CIRAS-3便携式光合测定系统,于棉花花铃期胁迫第10天(10:30—12:30之间,此时间段为当地测量最佳时间,避免“光合午休”现象)进行光合测量。测定均以倒3叶为准,测定时设定光量子通量密度为1 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,环境温度为31°C \pm 2°C,相对湿度为50% \pm 3%,CO₂浓度为370 \pm 5 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。主要测定的光合指标有净光合速率(*Pn*)、蒸腾速率(*Tr*)、气孔导度(*Gs*)、胞间二氧化碳浓度(*Ci*)、水分利用效率(*WUE*,水分利用效率=净光合速率/蒸腾速率);与此同时,摘取顶部完全展开的幼叶液氮保存,带回实验室测定丙二醛(MDA)^[24]、叶绿素(Chla、Chlb、Chla+b)^[24]、超氧化物歧化酶(SOD)^[24]、脯氨酸(Pro)^[24]4项指标,重复3次。

(2) 农艺性状指标:棉花成熟吐絮后测定其农艺性状包括株高、果枝数、有效果枝数、铃数、有效铃数,参照刘光辉等^[25]方法。

1.3 数据处理

数据均在Excel汇总与计算,用SPSS 21.0软件分析数据进行处理。参照鲁守平^[26]、兰巨生^[27]、祁旭升^[2]、尹利^[28]等方法,计算抗旱系数(公式1)、抗旱指数(公式2)、综合抗旱指数(公式3)、隶属函数值(公式4)、抗旱性度量值(公式5)、灰色关联度(公式6),对综合抗旱指数、抗旱度量值进行聚类分析,划分抗旱等级。

抗旱系数

$$DC = \frac{X_d}{X_w} \quad (1)$$

抗旱指数

$$DI = \frac{X_d}{\bar{X}} DC \quad (2)$$

综合抗旱指数

$$CDI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DI \quad (3)$$

隶属函数

$$\mu(x) = \frac{DI - DI_{\min}}{DI_{\max} - DI_{\min}} \quad (4)$$

抗旱性度量值

$$D = \sum_{i=1}^n [\mu(x) \times (|ri| \div \sum_{i=1}^n |ri|)] \quad (5)$$

灰色关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k) \quad (6)$$

$$X'_i(k) = [X_i(k) - \bar{X}_i] / S_i \quad (7)$$

关联系数

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (8)$$

计算公式中 X_d 、 X_w 分别为干旱胁迫和对照下各材料各指标测定值, \bar{X} 为该指标在干旱胁迫下的平均值, DI_{\min} 、 DI_{\max} 为各性状抗旱系数的最小值和最大值; r_i 为第*i*个综合指标贡献率。 $X'_i(k)$ 、 $X_i(k)$ 、 \bar{X}_i 和 S_i 分别为数据无量纲处理后的结果、各材料各指标的干旱胁迫下的测定值、同一指标的平均值和标准差。 ρ 为分辨系数,取值为0.5。

2 结果与分析

试验地干旱胁迫处理后,棉花花铃期在胁迫前、胁迫中、胁迫后0~60 cm土层土壤平均含水量分别为24.108%、14.669%、17.715%(表2)。

2.1 通过综合抗旱指数评价棉花抗旱性

通过公式(1)、(2)、(3)计算出各材料的综合抗旱指数(表3),根据综合抗旱指数排序,初步将30份材料的抗旱性分为三组:序号1~10如贝尔斯诺、川98、新陆中39、中R2015、天合2013等材料抗旱性最强;序号11~20,包括KK1543、大铃王、富依德998、早42、新陆中8号等10份材料为抗旱性中等;其余如军棉1号、早24、新陆早26等10份材料为抗旱敏感材料。棉花的抗旱性表现为不同性状对干旱胁迫的敏感程度不同,同一材料的不同指标的抗旱系数不同,有一定差距,用单一指标的抗旱系数评价抗旱性有一定的片面性与不稳定性,所以采用多个指标进行综合评价较为可靠。

2.2 通过综合抗旱性度量值评价棉花抗旱性

利用主成分分析计算各个性状与综合抗旱指数的相关系数,利用公式(4)计算出各个材料的隶属函数值,再根据公式(5)计算出抗旱性度量值 D ,再根据 D 值大小对各个材料进行抗旱性排序。 D 值大小表示抗旱性强弱, D 值越大则抗旱性越强。根据各个材料的综合抗旱性在系统聚类中采用最

远邻元素的系统聚类方法对其进行聚类分析,划分抗旱等级(图1)。在距离为5处将材料分为I、II、III、IV四类,分别为高抗旱型、中等抗旱型、抗旱型、干旱敏感型。第I类有贝尔斯诺、川98、库克C310-5100、KK1543、中R2015,第II类有新陆早49、新陆中8号、中R773-1、早32、塔什干7号、早19、大铃王、天合2013、早24、108夫、新陆中39、早42、新石K7,第III类有新陆早47、辽18、富依德998、西部4号、新陆早50、中R2009、新陆早1号、C1470,第IV类有军棉1号、新陆早26、新陆中58、CQJ-5。这与表1分析结果基本一致,抗旱性强的材料与敏感型材料排序大致相同。因此,5个抗旱性较强的品种贝尔斯诺、川98、中R2015、KK1543、库克C310-5100抗旱性较为稳定。

2.3 灰色关联度分析

根据灰色理论系统^[29]对各性状单项抗旱指数(比较数列)与D值(参考数列)建立灰色系统,做灰色关联度分析,获得D值与各个单项抗旱指数间的关联度结果如表4。由表4得出,在干旱胁迫条件下,

16个指标与D值密切程度(关联序)从大到小顺序为:有效铃数、总铃数、有效果枝数、Gs、Tr、果枝数、MDA、叶绿素总量、Pn、叶绿素b、株高、WUE、叶绿素a、Pro、Ci、SOD。上述结果表明,与各个材料抗旱性关系最密切的是农艺性状表型指标,其次为光合指标及抗旱生理指标。

在计算所得的各个材料的各指标和综合抗旱指数关联度的基础上,通过关联度计算各材料指标的权重,各指标的权重分别与各个材料各指标综合抗旱指数相乘,并对结果求和,得到各个材料的加权抗旱指数^[23],并对其排序(表5)。加权抗旱指数越高则抗旱性越强,结果与表6的分析结果相似。

表2 干旱胁迫处理下土壤含水量/%

Table 2 Soil water contents under drought stress

土层深度/cm Soil depth	胁迫前 Before stress	胁迫中 In the stress	复水后 After rehydration
0~20	23.116	13.862	17.168
20~40	24.070	14.901	17.936
40~60	25.137	15.243	18.042
平均值 Mean	24.108	14.669	17.715

表3 棉花材料品种、熟性及综合抗旱指数

Table 3 Cotton variety, maturity, and comprehensive drought-tolerance index

品种名称 Variety	品种类型 Variety type	CDI值 CDI value	排序 Ranking
中R2015 Zhong R2015	中早熟 Mid-early maturity	0.825	6
早19 Zao 19	早熟 Early maturity	0.833	4
新陆早49 Xinluzao 49	早熟 Early maturity	0.797	13
大铃王 Dalingwang	中早熟 Mid-early maturity	0.793	16
天合2013 Tianhe 2013	中早熟 Mid-early maturity	0.816	10
川98 Chuan 98	不详 Unknown	0.847	3
早32 Zao 32	早熟 Early maturity	0.790	18
新陆早47 Xinluzao 47	早熟 Early maturity	0.750	25
中R2009 Zhong R2009	中早熟 Mid-early maturity	0.778	20
富依德998 Fuyide 998	早熟 Early maturity	0.793	15
西部4号 Xibu 4	早熟 Early maturity	0.825	5
新陆中8号 Xinluzhong 8	中熟 Middle maturity	0.793	17
新陆中58 Xinluzhong 58	中熟 Middle maturity	0.728	27
中R773-1 Zhong R773-1	中早熟 Mid-early maturity	0.814	11
库克C310-5100 Kuke C310-5100	早熟 Early maturity	0.819	9
早42 Zao 42	早熟 Early maturity	0.803	12
新陆早50 Xinluzao 50	早熟 Early maturity	0.824	7
塔什干7号 Tashigan 1	早熟 Early maturity	0.760	24
CQJ-5	早熟 Early maturity	0.771	23
KK1543	早熟 Early maturity	0.795	14
新陆早1号 Xinluzao 1	早熟 Early maturity	0.776	22
新石K7 Xinshi K7	早熟 Early maturity	0.786	19
新陆早26 Xinluzao 26	早熟 Early maturity	0.733	26
早24 Zao 24	早熟 Early maturity	0.727	28
108夫 108 Fu	早熟 Early maturity	0.723	29
贝尔斯诺 Beiersinuo	早熟 Early maturity	0.885	1
新路中39 Xinluzhong 39	早熟 Early maturity	0.848	2
c1470	中熟 Middle maturity	0.778	21
军棉1号 Junmian 1	中熟 Middle maturity	0.689	30
辽18 Liao 18	特早熟 Very early maturity	0.819	8

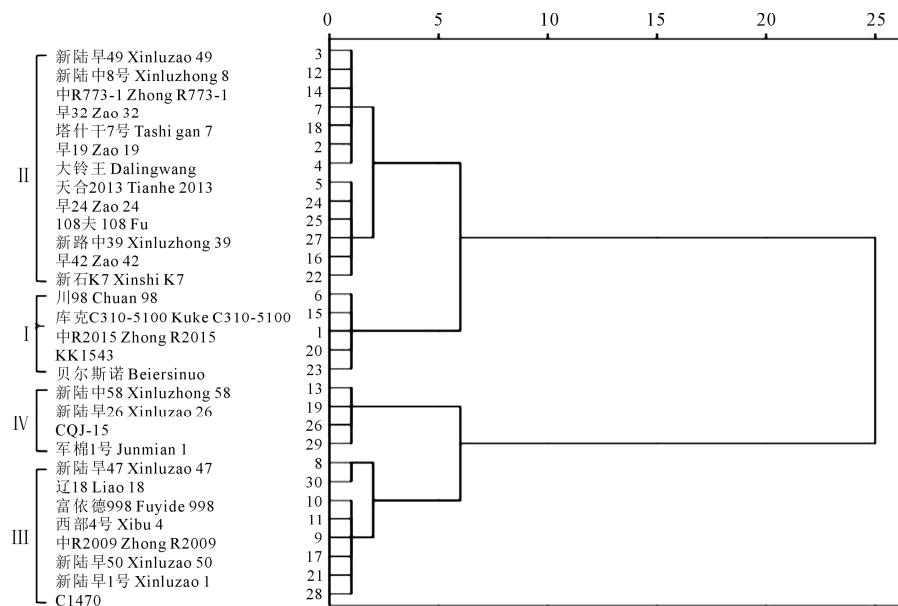


图1 棉花品种D值聚类分析结果

Fig.1 Cluster analysis of different cotton varieties based on D value

表4 棉花各性状与抗旱性度量值的关联度及排序

Table 4 Correlation and ranking of drought-tolerance of cotton varieties

指标 Parameter	关联度 Correlation degree	关联序 Correlative order
株高 Plant height	0.676	11
果枝数 Branch number	0.702	6
有效果枝数 Effective branch number	0.784	3
总铃数 Total number of the bell	0.798	2
有效铃数 Effective number of bell	0.799	1
MDA	0.695	7
叶绿素a Chlorophyll a	0.676	13
叶绿素b Chlorophyll b	0.679	10
叶绿素总量 Total chlorophyll	0.691	8
SOD	0.609	16
Pro	0.631	14
Pn	0.682	9
Tr	0.713	5
Gs	0.752	4
Ci	0.611	15
WUE	0.676	12

表5 棉花材料加权抗旱指数及位次
Table 5 Weighted drought-tolerance indexes and rank of cotton varieties

品种名称 Variety	加权抗旱指数 Weighted drought-tolerance index	位次 Rank	品种名称 Variety	加权抗旱指数 Weighted drought-tolerance index	位次 Rank
中R2015 Zhong R2015	0.819	5	早42 Zao 42	0.794	12
早19 Zao 19	0.824	4	新陆早50 Xinluzao 50	0.816	6
新陆早49 Xinluzao 49	0.789	14	塔什干7号 Tashigan 7	0.754	24
大铃王 Dalingwang	0.785	16	CQJ-5	0.756	23
天合2013 Tianhe 2013	0.807	10	KK1543	0.792	13
川98 Chuan 98	0.839	3	新陆早1号 Xinluzao 1	0.762	22
早32 Zao 32	0.779	19	新石K7 Xinshi K7	0.784	17
新陆早47 Xinluzao 47	0.737	25	新陆早26 Xinluzao 26	0.728	26
中R2009 Zhong R2009	0.765	21	早24 Zao 24	0.719	27
富依德998 Fuyide 998	0.780	18	108夫108Fu	0.719	28
西部4号 Xibu 4	0.815	7	贝尔斯诺 Beiersinuo	0.886	1
新陆中8号 Xinluzhong 8	0.788	15	新路中39 Xinluzhong 39	0.844	2
新陆中58 Xinluzhong 58	0.713	29	c1470	0.766	20
中R773-1 Zhong R773-1	0.803	11	军棉1号 Junmian 1	0.678	30
库克C310-5100 Kuke C310-5100	0.812	9	辽18 Liao 18	0.813	8

3 讨论

棉花的抗旱性是一个复杂的数量性状,选择合理的指标性状是抗旱性鉴定的关键,对此国内外学者在指标选择上从各个方面做了大量研究^[30],主要有生理生化指标、农艺性状指标等,但在不同研究中得出各类指标与抗旱性关系不同的结论不尽一致。刘光辉等^[25]在干旱胁迫下对90份棉花材料的6个农艺性状指标用因子分析方法,对棉花材料的抗旱性进行综合评价并聚类分析,冯剑方等^[31]对32个棉花品种的7个相互关联的生理指标采用主成分分析及综合指标的隶属函数的方法进行苗期抗旱性的综合评价,王士强等^[23]通过对小麦抗旱性研究表明,干旱对小麦生理生化性状的影响大于农艺性状,鲁雪林等^[32]认为各指标的关联顺序为:抗旱指

表6 棉花材料的抗旱性度量值排序

Table 6 The order of drought-tolerance of the cotton varieties

品种名称 Variety	D 值 D value	排序 Ranking	品种名称 Variety	D 值 D value	排序 Ranking
中 R2015 Zhong R2015	0.828	2	早 42 Zao 42	0.622	9
早 19 Zao 19	0.486	18	新陆早 50 Xinluzao 50	0.356	23
新陆早 49 Xinluzao 49	0.558	14	塔什干 7 号 Tashigan 7	0.495	17
大铃王 Dalingwang	0.523	15	新陆早 26 Xinluzao 26	0.147	28
天合 2013 Tianhe 2013	0.601	11	KK1543	0.796	3
川 98 Chuan 98	0.745	5	新陆早 1 号 Xinluzao 1	0.363	22
早 32 Zao 32	0.502	16	新石 K7 Xinshi K7	0.665	6
新陆早 47 Xinluzao 47	0.262	26	贝尔斯诺 Beiersinuo	0.885	1
中 R2009 Zhong R2009	0.352	24	早 24 Zao 24	0.603	10
富依德 998 Fuyide 998	0.435	19	108 夫 108 Fu	0.626	8
西部 4 号 Xibu 4	0.427	20	CQJ-5	0.040	30
新陆中 8 号 Xinluzhong 8	0.558	13	新路中 39 Xinluzhong 39	0.629	7
新陆中 58 Xinluzhong 58	0.168	27	c1470	0.380	21
中 R773-1 Zhong R773-1	0.560	12	军棉 1 号 Junmian 1	0.092	29
库克 C310-5100 Kuke C310-5100	0.766	4	辽 18 Liao 18	0.312	25

数>抗旱系数。基于此,本试验以棉花花铃期抗旱相关的16个指标,利用隶属函数法等得到抗旱性度量值(D值);D值的大小不仅可以准确地评价棉花的抗旱性,同时考虑到各指标间的相互关系及各指标间的重要性;并通过聚类分析将各个材料聚为不同类别,代表不同的抗旱等级。此类方法在谷子^[19],小麦^[23]等作物上均有应用。同时,本研究将综合抗旱指数和干旱胁迫条件下的16个指标视为一个整体,用灰色关联度分析进行棉花抗旱性评价,结果表明灰色关联分析和抗旱性度量值分析结果基本一致。刘光辉^[25]和冯剑方等^[31]对棉花研究表明,利用主成分分析、隶属函数分析及聚类分析对棉花抗旱性进行评价和分类,可筛选抗旱性强的棉花材料。因此,采用综合抗旱指数、隶属函数分析、聚类分析、灰色关联度等相结合的方法对棉花花铃期抗旱性进行评价,可较好地揭示指标性状与抗旱性的关系。

4 结 论

本研究采用灰色关联度、隶属函数分析、聚类分析、综合抗旱指数相结合的方法,对30份棉花材料抗旱性进行评价。将材料分为I、II、III、IV 4类,分别为高抗旱型、中等抗旱型、抗旱型、干旱敏感型,第I类有贝尔斯诺、川98、库克C310-5100、KK1543、中R2015,第II类有大铃王、塔什干7号、新陆早49等13个品种,第III类有中R773-1、CQJ-5、新陆早47等8个品种,第IV类有军棉1号、新陆

早26等4个品种。同时,在棉花花铃期受到干旱胁迫时,棉花农艺性状表型指标敏感,MDA、叶绿素总量这2个指标反应较其它生理生化指标敏感,气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)、净光合速率(Pn)相对其它光合指标较敏感。因此,在评价棉花的抗旱性时,除了将农艺性状作为抗旱性筛选的最终性状外,也应该注重丙二醛、叶绿素等相关的生理生化性状及气孔导度、蒸腾速率和净光合速率的选用,在生育期内利用这些性状指标有助于抗旱性较强材料的准确选择。

参 考 文 献:

- [1] 山仑,康绍忠,吴普特.中国节水农业[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [2] 邵旭升,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(15):3076-3087.
- [3] Kamoshita A, Babu R C, Boopathi N M, et al. Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments[J]. Field Crops Research, 2008, 109(1-3): 1-23.
- [4] 武斌,李新海,肖木辑,等.53份玉米自交系的苗期耐旱性分析[J].中国农业科学,2007,40(4): 665-676.
- [5] Dmytro K, Barry A L, Randy D A, et al. Effect of chloroplastic overproduction of ascorbate peroxidase on photosynthesis and photo-protection in cotton leaves subjected to low temperature photoinhibition[J]. Plant Science, 2003, 165(5): 1033-1041.
- [6] Allen D J, Ort D R. Impact of chilling temperatures on photosynthesis in warm climate plants[J]. Trends in Plant Science, 2001, 6(1):36-42.
- [7] 梁芳,郑成淑,孙宪芝,等.低温弱光胁迫及恢复对切花菊光合

- 作用和叶绿素荧光参数的影响[J].应用生态学报,2010,21(1):29-35.
- [8] 郭新正.新疆北疆棉花苗期冻伤对产量的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):105-107.
- [9] Hura T,Hura K,Grzesiak S.Physiological and biochemical parameters for identification of QTLs controlling the winter triticale drought tolerance at the seedling stage[J].Plant Physiology and Biochemistry,2009,47(3):210-214.
- [10] 王贺正,马均,李旭毅,等.水稻开花期一些生理生化特性与品种抗旱性的关系[J].中国农业科学,2007,40(2):399-404.
- [11] 俞希根,孙景生,肖俊夫,等.棉花适宜土壤水分下限和干旱指标研究[J].棉花学报,1999,11(1):35-38.
- [12] 南建福,刘恩科,王计平,等.苗期干旱和施肥对棉花生长发育的影响[J].棉花学报,2005,17(6):339-342.
- [13] Sepakhah A R,Kanooi A,Ghasemi M M.Estimating water table-contribution to corn and sorghum water use[J].Agricultural Water Management,2003,58(1):67-79.
- [14] 杜传莉,黄国勤.棉花主要抗旱鉴定指标研究进展[J].中国农学通报,2011,27(9):17-20.
- [15] 赵都利,许玉璋,许萱.花铃期缺水对棉花干物质积累和用水效率的影响[J].干旱地区农业研究,1992,10(3):7-10.
- [16] 李少昆,肖璐,黄文华.不同时期干旱胁迫对棉花生长和产量的影响Ⅱ棉花生长发育及生理特性的变化[J].石河子大学学报(自然科学版),1999,3(4):259-264.
- [17] 蔡红涛,汤一卒,刁品春,等.棉花花铃期土壤持续干旱胁迫对产量形成的调节效应[J].棉花学报,2008,20(4):300-305.
- [18] 陈玉梁,石有太,罗俊杰,等.干旱胁迫对彩色棉花农艺、品质性状及水分利用效率的影响[J].作物学报,2013,39(11):2074-2082.
- [19] 孟庆立,关周博,冯佰利,等.谷子抗旱相关性状的主成分与模糊聚类分析[J].中国农业科学,2009,42(8):2667-2675.
- [20] 王树刚,王振林,王平,等.不同小麦品种对低温胁迫的反应及抗冻性评价[J].生态学报,2011,31(4):1064-1072.
- [21] 王军,周美学,许如根,等.大麦耐湿性鉴定指标和评价方法研究[J].中国农业科学,2007,40(10):2145-2152.
- [22] 相昆,张美勇,徐颖,等.不同核桃品种耐寒特性综合评价[J].应用生态学报,2011,22(9):2325-2330.
- [23] 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(11):2452-2459.
- [24] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [25] 刘光辉,陈全家,吴鹏昊,等.棉花花铃期抗旱性综合评价及指标筛选[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):53-62.
- [26] 鲁守平,孙群,洪露,等.不同种源地乌拉尔甘草发芽期抗旱性鉴定[J].植物遗传资源学报,2007,8(2):189-194.
- [27] 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):85-87.
- [28] 尹利,逯晓萍,傅晓峰,等.高丹草杂交种灰色关联分析与评判[J].中国草地学报,2006,28(3):21-25.
- [29] 周晓果,张正斌,徐萍.小麦主要育种目标的灰色系统方法探讨[J].农业系统科学与综合研究,2005,21(2):81-84.
- [30] 宋凤斌,徐世昌.玉米抗旱性鉴定指标的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(1):127-129.
- [31] 冯方剑,宋敏,陈全家,等.棉花苗期抗旱相关指标的主成分分析及综合评价[J].新疆农业大学学报,2011,34(3):211-217.
- [32] 鲁雪林,王秀萍,张国新.旱稻抗旱性评价指标研究[J].中国农学通报,2006,22(1):124-126.