

文章编号 :1003- 8701(2011)03- 0013- 05

69 份玉米自交系的苗期耐旱性分析

朴明鑫^{1,2}, 张春宵², 杨书华^{1,2}, 赵泽双^{1,2},
杨德光¹, 关法春⁴, 刘文国^{3*}, 李晓辉^{2*}

(1. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 2. 吉林省农业科学院生物技术研究中心, 长春 130033;
3. 吉林省农业科学院玉米研究所, 吉林 公主岭 136100; 4. 西藏农牧学院植科院, 西藏 林芝 860000)

摘要:以 69 份玉米自交系为试材, 于温室模拟干旱胁迫环境, 对各自交系的超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量、脯氨酸(Pro)含量、相对电导率(REC)和相对含水量(RWC)等 5 项生理生化指标和茎粗、根冠比 2 项形态指标进行测定。通过对 5 项生理生化指标的耐旱系数的聚类分级, 综合评价自交系的耐旱性。同时分析实验室条件下综合评价结果与形态指标鉴定结果的吻合度。结果表明: (1) 受到胁迫时, 材料的耐旱分级各不相同, 材料间的响应机制各不相同; (2) 筛选出耐旱性极强自交系 4 份、耐旱性强系 14 份、耐旱性中度系 35 份、耐旱性弱系 12 份、耐旱性极弱系 4 份; (3) 根冠比、茎粗与综合评价结果吻合度低, 不适宜作为实验室条件下玉米耐旱性的鉴定指标。

关键词:玉米; 自交系; 干旱胁迫; 耐旱性; 耐旱系数

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Analysis of Drought Tolerance of Sixty-nine Maize Inbred Lines at Seeding Stage

PIAO Ming-xin^{1,2}, Zhang Chun-xiao², Yang Shu-hua^{1,2}, ZHAO Ze-shuang^{1,2},
YANG De-guang¹, GUAN Fa-chun⁴, LIU Wen-guo³, LI Xiao-hui²

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Biotechnology Research Center, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033; 3. Maize Research Institute, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gongzhuling 136100; 4. Plant Science and Technology Department, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, China)

Abstract: Sixty-nine maize inbred lines were cultivated under simulated drought-stressed condition in greenhouse. Five physiological and biochemical indexes of these inbred lines were tested, which included SOD activity, MDA content, proline content, relative conductivity and relative water content. Two morphologic indexes were tested, which included stem diameter and root-shoot ratio. Based on the Fuzzy Clustering of five physiological and biochemical indexes, drought tolerance of the inbred lines was evaluated. And the correlation between comprehensive evaluation and morphologic indexes in lab were analyzed. The main results were summarized as follows: (1) under drought-stressed condition, the classification of the inbred lines was different and the response mechanism was different. (2) 4 inbred lines with high drought tolerance, 14 inbred lines with drought tolerance, 35 inbred lines with medium drought tolerance, 12 inbred lines with drought susceptible, 4 inbred lines with high drought susceptible

收稿日期: 2010-12-29

基金项目: 2009 年农业部转基因重大专项(2009ZX08003-018B)和 2009 年农业部转基因重大专项(2009ZX08003-009B)

作者简介: 朴明鑫(1986-), 男, 在读硕士, 从事玉米耐旱机理研究。

通讯作者: 李晓辉, 男, 博士, 副研究员, E-mail: lixiaohui2002lix@163.com

刘文国, 男, 研究员, E-mail: liuwenguo168@163.com

were screened. (3) Because the correlation between comprehensive evaluation and morphologic indexes was very low, stem diameter and root-shoot ratio were unfit to identify drought tolerance in lab.

Keywords: Maize; Inbred line; Drought-stress; Drought tolerance; Drought tolerance index

水分是我国玉米生产发展与产量提高的限制性因素^[1]。玉米对水分敏感,若苗期遇干旱,出苗能力下降,保苗率降低,严重影响田间苗数,从而导致减产^[2]。中国东北和西南玉米产区,播种至苗期常受干旱胁迫,对生产影响较大。因此,对玉米苗期耐旱性鉴定具有重要意义。本研究对 69 份玉米自交系进行耐旱性分析,研究结果将对玉米耐旱种质选育提供试验依据。

1 材料与与方法

1.1 材料的培养与处理

耐旱试验于 2010 年 4 月在吉林省农业科学院生物技术研究中心温室进行。69 份玉米自交系(表 1)种植在拌有草炭土的营养钵(高 9 cm× 直径 9 cm)中,每份自交系 30 个钵,设正常供水和胁迫处理两组,每组 15 个钵,每钵 2 株。两组同时正常供水,幼苗长至三叶一心时,进行胁迫处理。对照组每 4 d 每钵浇水 50 mL,胁迫组不浇水,10 d 后进行各指标测定,3 次重复。

1.2 指标测定方法

表 1 69 份玉米自交系

编号	自交系	编号	自交系	编号	自交系	编号	自交系	编号	自交系
1	昌 7-2	13	835	25	B73	37	铁 9010	49	Pa91
2	444	14	丹 9046	26	H99	38	8723	50	多 16/AH
3	K22	15	自选系 -4	27	铁 7922	39	中 106	51	黄野四 3
4	郑 58	16	自选系 -6	28	综 31	40	P135	52	吉 42
5	吉 4112	17	新 446	29	7884-7 矮	41	中 451	53	吉 846
6	四 -273	18	哲 446	30	P138	42	丹 360	54	武 314
7	齐 319	19	78599	31	丹 598	43	丹黄 02	55	掖 515
8	Mo17	20	吉 853	32	E28	44	吉 1037	56	掖 52106
9	掖 8112	21	掖 478	33	齐 318	45	Bup43	57	中系 09/O2
10	龙抗 11	22	丹 340	34	沈 5003	46	H21	58	中自 01
11	农大 178	23	四 287	35	吉 63	47	J002	59	A801
12	掖 81162	24	自 330	36	旅九宽	48	Oh43	60	C8605-2
								61	CM2
								62	沈 137
								63	P010
								64	冲 72
								65	红 598
								66	铁 84
								67	掖 502
								68	黄早四
								69	A188

SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量的测定参照郝再彬主编的《植物生理实验》^[3];REC 的测定参照薛应龙主编的《植物学实验手册》^[4];RWC 的测定参照张宪政主编的《作物生理研究法》^[5];茎粗用电子游标卡尺测定;根冠比用地下部和地上部的干重比。

1.3 统计分析方法

数据处理采用 Excel 软件,统计分析采用 SPSS 13.0 软件。

RWC、茎粗的抗旱系数计算公式如下^[6]:

耐旱系数 = 干旱测定值 / 对照测定值

Pro 含量、SOD 活性、根冠比的抗旱系数计算公式如下:

耐旱系数 = (干旱测定值 - 对照测定值) / 对照

测定值

MDA 含量、REC 的抗旱系数计算公式如下:

耐旱系数 = 1 - (干旱测定值 - 对照测定值) / 对照测定值

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下对各生理生化指标的影响

由图 1-5 可知,在干旱胁迫处理下,SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量和 REC 与对照组相比有明显上升趋势,RWC 则呈明显下降趋势。各自交系间呈现不同的变化幅度,但与对照的差异均达到显著水平(表 2)。表明本研究所确定的 5 项生理生化指标均能反应出不同自交系间的耐旱性,适合于耐旱种质筛选。

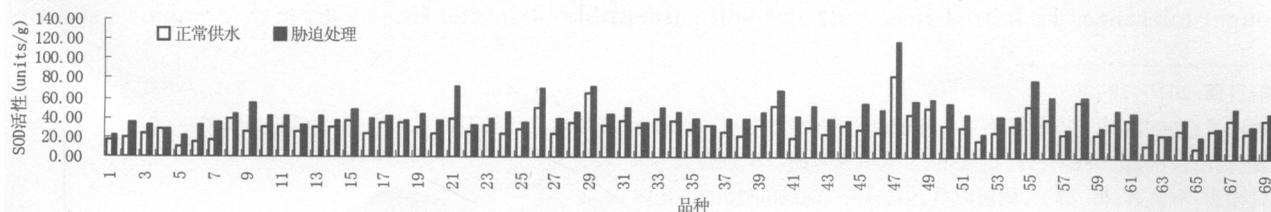


图 1 干旱胁迫对 SOD 活性的影响

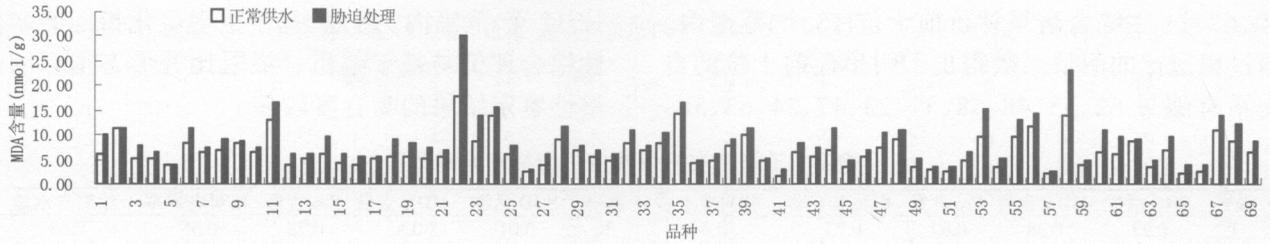


图 2 干旱胁迫对 MDA 含量的影响

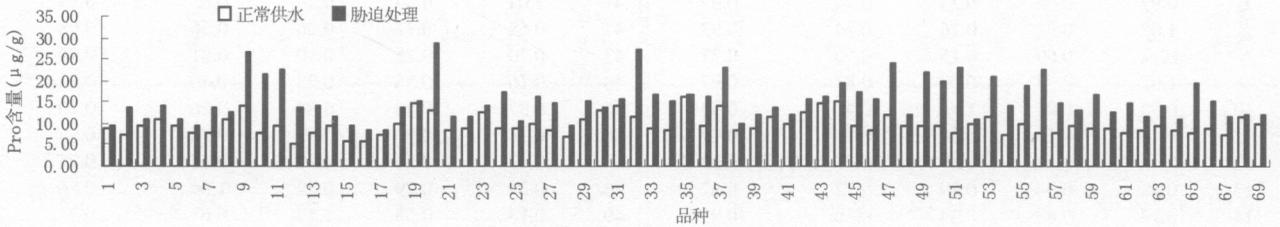


图 3 干旱胁迫对 Pro 含量的影响

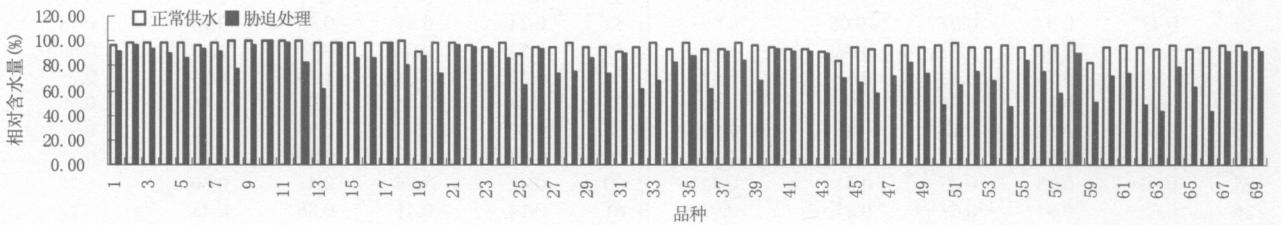


图 4 干旱胁迫对相对含水量的影响

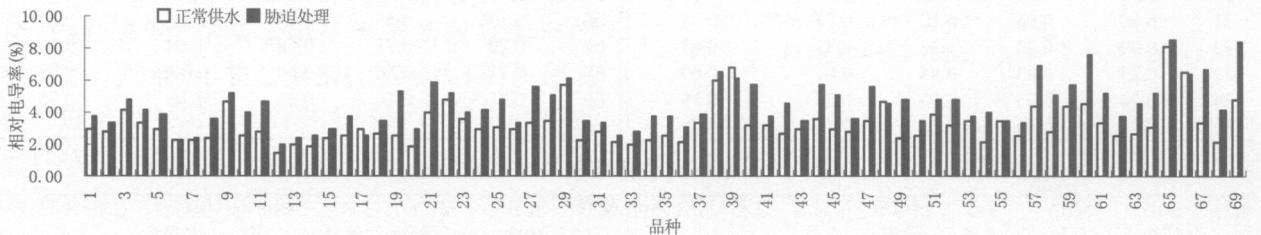


图 5 干旱胁迫对相对电导率的影响

表 2 干旱胁迫下自交系各指标平均数的新复极差测验

处理	SOD 活性(units/g)	MDA 含量(nmol/g)	Pro 含量(ug/g)	相对电导率(%)	相对含水量(%)
正常供水	43.90aA	8.88aA	15.22aA	4.43aA	95.84aA
胁迫处理	31.66bB	6.70bB	9.68bB	3.26bB	78.82bB

注:表中英文字母表示同列方差分析,小写表示 0.05 水平,大写表示 0.01 水平。

2.2 耐旱性综合评价

通过表 3、表 4 可以看出,各生理生化指标耐旱系数、耐旱分级不同,但大部分自交系不同指标所得到的耐旱性强弱基本一致。耐旱级别综合评价结果表明,69 份玉米自交系耐旱性分为 5 级(极强、强、适中、弱和极弱)。其中,耐旱性极强的 4 份、强的 14 份、适中的 35 份、弱的 12 份、极弱的 4 份。其中耐旱性极强的分别是 9(掖 8112)、7(齐

319)、2 (444) 和 10 (龙抗 11); 极弱的分别是 63 (P010)、66(铁 84)、8(Mo17)和 54(武 314)。

2.3 综合评价与形态指标耐旱性鉴定的吻合度分析

通过综合耐旱评价(表 4),耐旱性前十位的自交系有 18 个(存在并列现象,即综合评价值相同),其编号为 9、7、2、10、24、67、6、21、41、56、42、5、43、40、55、16、20、11。通过茎粗的耐旱系数得出(表 5),耐旱性前十位的自交系有编号 39、6、

10、37、69、27、14、60、67、11,仅有4份自交系6、10、67、11在综合耐旱评价前十位(18个)范围内。通过根冠比的耐旱系数得出,耐旱性前十位的自交系有编号62、55、48、58、37、23、47、24、63、56,

仅有3份自交系55、24、56在综合耐旱评价前十位(18个)范围内。总之,基于生理生化指标的耐旱性综合评价与基于茎粗、根冠比等形态指标的耐旱性鉴定结果的吻合度较差。

表3 玉米自交系生理生化指标耐旱系数

编号	SOD活性	MDA含量	Pro含量	相对电导率	相对含水量	编号	SOD活性	MDA含量	Pro含量	相对电导率	相对含水量
1	0.28	0.38	0.07	0.73	0.94	36	0.01	0.83	0.75	0.55	0.67
2	0.92	0.99	0.84	0.80	0.98	37	0.53	0.66	0.60	0.85	0.98
3	0.33	0.56	0.15	0.83	0.94	38	0.84	0.81	0.17	0.93	0.85
4	0.02	0.73	0.26	0.76	0.90	39	0.38	0.87	0.33	1.10	0.70
5	0.94	0.99	0.13	0.67	0.88	40	0.32	0.90	0.17	0.25	0.99
6	0.97	0.63	0.23	0.98	0.97	41	1.04	0.34	0.25	0.85	0.99
7	1.03	0.91	0.76	0.94	0.93	42	0.68	0.77	0.26	0.36	0.98
8	0.12	0.69	0.15	0.50	0.77	43	0.70	0.75	0.10	0.81	0.99
9	1.02	0.97	0.90	0.87	0.97	44	0.16	0.36	0.28	0.40	0.83
10	0.38	0.84	1.80	0.43	0.99	45	0.87	0.56	0.88	0.26	0.70
11	0.44	0.73	1.35	0.39	0.99	46	0.78	0.80	0.88	0.70	0.62
12	0.29	0.44	1.59	0.67	0.83	47	0.43	0.54	0.98	0.38	0.75
13	0.38	0.84	0.79	0.77	0.62	48	0.34	0.79	0.29	1.04	0.86
14	0.17	0.43	0.24	0.70	0.99	49	0.18	0.58	1.37	0.01	0.77
15	0.31	0.60	0.62	0.78	0.88	50	0.73	0.75	1.03	0.62	0.51
16	0.68	0.59	0.49	0.48	0.87	51	0.49	0.74	1.92	0.76	0.67
17	0.20	0.92	0.20	1.14	0.99	52	0.28	0.63	0.14	0.53	0.79
18	0.08	0.46	0.37	0.69	0.81	53	0.57	0.35	0.82	0.92	0.71
19	0.43	0.57	0.07	-0.06	0.95	54	0.24	0.51	0.88	0.10	0.48
20	0.58	0.62	1.25	0.48	0.74	55	0.52	0.61	0.86	1.00	0.89
21	0.82	0.73	0.42	0.51	0.98	56	0.53	0.78	1.79	0.68	0.78
22	0.28	0.31	0.34	0.91	0.99	57	0.14	0.78	0.91	0.44	0.59
23	0.24	0.43	0.13	0.88	0.98	58	0.07	0.33	0.38	0.18	0.91
24	0.89	0.90	0.93	0.58	0.87	59	0.28	0.69	0.93	0.68	0.62
25	0.20	0.75	0.20	0.44	0.73	60	0.42	0.34	0.41	0.30	0.75
26	0.40	0.91	0.61	0.87	0.99	61	0.14	0.41	0.88	0.43	0.75
27	0.56	0.41	0.82	0.32	0.78	62	0.87	0.95	0.39	0.56	0.51
28	0.29	0.73	0.35	0.54	0.76	63	0.01	0.67	0.47	0.32	0.46
29	0.10	0.90	0.40	0.94	0.90	64	0.34	0.57	0.28	0.27	0.82
30	0.37	0.79	0.03	0.50	0.77	65	0.91	0.40	1.45	0.94	0.68
31	0.40	0.68	0.10	0.77	0.98	66	0.10	0.55	0.73	1.02	0.45
32	0.09	0.72	1.36	0.82	0.63	67	0.29	0.73	0.58	-0.04	0.96
33	0.25	0.83	0.84	0.61	0.69	68	0.31	0.59	0.06	0.07	0.95
34	0.24	0.74	0.85	0.35	0.89	69	0.21	0.64	0.22	0.24	0.95
35	0.39	0.86	0.06	0.51	0.89						

表4 玉米自交系苗期耐旱性综合评价

编号	SOD活性	MDA含量	Pro含量	相对电导率	相对含水量	总和	综合评价	编号	SOD活性	MDA含量	Pro含量	相对电导率	相对含水量	总和	综合评价
9	1	1	3	2	1	8	极强	65	1	5	2	4	4	16	适中
7	1	2	3	2	1	9	极强	69	5	4	5	1	1	16	适中
2	1	1	3	4	1	10	极强	17	5	2	5	4	1	17	适中
10	4	2	1	2	1	10	极强	19	4	4	5	3	1	17	适中
24	1	2	3	4	2	12	强	28	4	3	4	3	3	17	适中
5	1	1	5	4	2	13	强	29	5	2	4	4	2	17	适中
6	1	4	5	2	1	13	强	30	4	3	5	2	3	17	适中
21	1	3	4	4	1	13	强	32	5	3	2	3	4	17	适中
40	4	2	5	1	1	13	强	34	4	3	3	5	2	17	适中
41	1	5	5	1	1	13	强	35	4	2	5	4	2	17	适中
42	2	3	5	2	1	13	强	47	4	4	3	3	3	17	适中
43	2	3	5	2	1	13	强	64	4	4	5	2	2	17	适中
56	3	3	1	3	3	13	强	1	4	5	5	3	1	18	适中
67	4	3	4	1	1	13	强	14	5	5	5	2	1	18	适中
11	4	3	2	4	1	14	强	31	4	4	5	4	1	18	适中
16	2	4	4	2	2	14	强	49	5	4	2	4	3	18	适中
20	3	4	2	2	3	14	强	50	2	3	3	5	5	18	适中
55	3	4	3	2	2	14	强	58	5	5	4	2	2	18	适中
12	4	5	2	2	2	15	适中	4	5	3	5	4	2	19	弱
13	4	2	3	2	4	15	适中	22	4	5	4	5	1	19	弱
38	1	3	5	4	2	15	适中	23	4	5	5	4	1	19	弱

续表 4

编号	SOD 活性	MDA 含量	Pro 含量	相对电导率	相对含水量	总和	综合评价	编号	SOD 活性	MDA 含量	Pro 含量	相对电导率	相对含水量	总和	综合评价
39	4	2	4	1	4	15	适中	44	5	5	5	2	2	19	弱
46	1	3	3	4	4	15	适中	52	4	4	5	3	3	19	弱
51	3	3	1	4	4	15	适中	53	3	5	3	4	4	19	弱
68	4	4	5	1	1	15	适中	57	5	3	3	4	4	19	弱
3	4	4	5	2	1	16	适中	59	4	4	3	4	4	19	弱
15	4	4	4	2	2	16	适中	60	4	5	4	3	3	19	弱
26	4	2	4	5	1	16	适中	61	5	5	3	3	3	19	弱
27	3	5	3	2	3	16	适中	18	5	5	4	4	2	20	弱
33	4	2	3	3	4	16	适中	25	5	3	5	4	3	20	弱
36	5	2	3	2	4	16	适中	8	5	4	5	4	3	21	极弱
37	3	4	4	4	1	16	适中	54	4	4	3	5	5	21	极弱
45	1	4	3	4	4	16	适中	66	5	4	3	4	5	21	极弱
48	4	3	5	2	2	16	适中	63	5	4	4	4	5	22	极弱
62	1	1	4	5	5	16	适中								

表 5 玉米自交系形态指标耐旱系数

排序	茎粗		根冠比	
	自交系编号	耐旱系数	自交系编号	耐旱系数
1	39	0.99	62	2.07
2	6	0.98	55	1.97
3	10	0.97	48	1.63
4	37	0.96	58	1.50
5	69	0.95	37	1.39
6	27	0.95	23	1.32
7	14	0.95	47	1.26
8	60	0.94	24	1.18
9	67	0.92	63	1.16
10	11	0.92	56	1.12

3 讨 论

国内研究者围绕耐旱筛选指标做了大量的相关研究^[7-10],结果表明:SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量、REC、RWC 是实验室玉米苗期耐旱鉴定的可靠指标。然而,尽管这类指标能够简便、快速地对耐旱性进行鉴定,却往往只能反映某个时期或某一性状对干旱胁迫的反应,不利于从整体上把握玉米耐旱的类型和机理^[11]。若把各指标通过耐旱系数统一趋势并进行分级,再把各指标的耐旱分级相加得到耐旱总级值^[12],即可从整体把握材料的耐旱性。

RWC、茎粗与干旱胁迫呈负相关,且变化幅度越小,耐旱性越强,所以选择公式:耐旱系数=干旱测定值/对照测定值;Pro 含量、SOD 活性、根冠比与干旱胁迫呈正相关,且在一定范围内,变化幅度越大,耐旱性越强。而又要尽量使耐旱系数值小于 1,所以选择公式:耐旱系数=(干旱测定值-对照测定值)/对照测定值;MDA 含量、REC 与干旱胁迫呈正相关,且变化幅度越小,耐旱性越强,所以选择公式:耐旱系数=1-(干旱测定值-对

照测定值)/对照测定值。同一指标各材料,其值越大,耐旱性越强;其值越小,耐旱性越弱。

虽有文献提出根冠比可以作为玉米苗期耐旱性鉴定的指标^[13],但本研究结果表明,根冠比和茎粗作为形态指标在实验室条件下对玉米耐旱性评价与生理生化指标的综合评价吻合度低,不适于实验室条件下耐旱鉴定,其原因可能是由于在实验室条件下无法真实模拟大田干旱环境。

参考文献:

- [1] 路贵和,任冬莲,王小强,等.我国玉米杂交种耐旱性评价与分析[J].玉米科学,2010,18(3):20-24.
- [2] 刘贤德,李晓辉,李文华,等.玉米自交系苗期耐旱性差异分析[J].玉米科学,2004,12(3):63-65.
- [3] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- [4] 薛应龙.植物学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985.
- [5] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1990.
- [6] 吴文荣.玉米不同品种芽苗期抗旱性及指标的研究[D].中国农业科学院农业推广硕士论文,2008.
- [7] 白向历,齐华,刘明,等.玉米抗旱性与生理生化指标关系的研究[J].玉米科学,2007,15(5):79-83.
- [8] 范翠丽,陈景堂,李育峰,等.玉米苗期及萌芽期抗旱性评定方法筛选[J].玉米科学,2007,15(3):114-117.
- [9] 孙军伟,孙世贤,杨国航,等.玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J].华北农学报,2008,23(增刊):114-117.
- [10] 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(1):72-84.
- [11] 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.
- [12] 高吉寅,胡荣海.水稻等品种苗期抗旱生理指标的探讨[J].中国农业科学,1984(4):41-45.
- [13] 王思思,张吉旺,刘鹏,等.干旱对不同玉米品种苗期根系生理生化特性的影响[J].山东农业科学,2009(6):36-38.