

黑龙江省西部地区玉米主栽品种的抗旱性评价

李青超, 王俊河, 苗 亿, 刘 洋, 韩业辉, 徐 婷, 兰红宇

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为推广种植优良的玉米抗旱品种, 继续保持黑龙江省玉米增产、高产和稳产的目的, 对黑龙江省西部地区玉米主栽品种的抗旱性进行了深入研究, 在抗旱棚内采用膜下滴灌技术控制水分, 通过多项抗旱性指标的测定, 采用模糊隶属函数法对其抗旱性进行综合评价。结果表明: 确定相对抗旱性较强的品种为嫩单 15、吉单 27、嫩单 18; 中等抗旱品种为先玉 696、先玉 335、鑫鑫 1 号和誉成 1 号; 相对抗旱性较弱的品种为益农玉 10 号、郑单 958 和丰禾 7 号。

关键词:玉米; 水分胁迫; 抗旱性; 指标; 评价

中图分类号:S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2018)01-0017-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2018.01.0017

黑龙江省西部地区大部分属于半干旱气候, 水资源相对匮乏, 仅占全省水资源总量的 6%, 耕地面积 186.67 万 hm^2 , 占全省耕地面积的 22.5%, 年降水量偏少, 水资源利用率低, 耕地面积与水资源占有量之间的矛盾十分突出^[1], 严重制约着黑龙江省西部地区农业的持续快速发展。

随着全球气候变暖和极端气候的频繁出现, 异常气候已引起黑龙江省政府的高度重视。干旱是黑龙江省西部地区的主要气象灾害之一, 是黑龙江省玉米生产上的最大威胁, 也是今后玉米生产上面临的长期性问题^[2]。2016 年黑龙江省哈尔滨、大庆、齐齐哈尔、绥化等地区出现较为严重的旱情, 全省农作物受旱面积 217 万 hm^2 。据统计, 黑龙江省每年因为气候干旱造成的玉米减产约为所有其它因素造成的产量损失总和。近几年虽然受到“镰刀弯”地区调减玉米政策的影响, 但玉米仍然是黑龙江省种植面积最大的粮食作物和粮饲兼用作物, 2016 年全省玉米种植面积 644 万 hm^2 , 总产量约为 50 亿 t。玉米是需水量较大、对水分胁迫比较敏感的作物^[3]。因此, 评价现有品种的抗旱性, 推广种植优良的抗旱玉米品种, 是继续保持黑龙江省玉米高产、增产和稳产的重要前提条件。

玉米抗旱性指标主要有形态指标和生理指标两大类, 形态指标受外界环境影响较大, 不能真实反映品种的抗旱能力, 生理生化指标受外界环境

影响较小, 能够较为准确可靠地反映品种抗旱力, 因此, 本文测定玉米的抗旱性指标以生理指标为主。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年 5-10 月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研基地的抗旱棚中进行, 齐齐哈尔科研试验地 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温为 3 008.8 $^\circ\text{C}$, 始霜期为 9 月 28 日, 无霜期为 154 d。抗旱棚内土壤取自附近实验地, 土壤类型为壤土, 有机质含量 1.8%, pH6.6。

1.2 材料

试验选取黑龙江省西部地区的 10 个玉米主栽品种, 分别是吉单 27、先玉 335、丰禾 7 号、益农玉 10 号、誉成 1 号、鑫鑫 1 号、嫩单 18、嫩单 15、先玉 696、郑单 958。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设正常水分供应(CK)和水分胁迫(DT)两个处理, 试验小区单行区, 每个抗旱池面积为 12 m^2 , 行长 3.0 m, 行距 0.65 m, 株距 0.22 m。各处理均采用膜下滴灌技术, 随机区组设计, 每个处理 3 次重复。每个抗旱池施 0.6 kg(525 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)复合肥作为底肥, 5 月 8 日播种, 5 月 17 日观察出苗情况, 人工除草, 拔节期每个抗旱池施 0.3 kg(225 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)尿素, 苗期提供充足的水分, 玉米抽雄初期开始水分胁迫, 持续 15 d。胁迫期间, 阴雨天及时遮挡, 晴天除去遮挡, 让植株处于自然气候条件下, 对照全生育期提供充足水分, 在水分胁迫结束后测定各项指标。

1.3.2 测定项目及方法 叶绿素含量采用

收稿日期: 2017-12-08

第一作者简介: 李青超(1986-), 男, 黑龙江省齐齐哈尔市人, 硕士, 研究实习员, 从事耕作栽培研究。E-mail: lqc19860130@163.com。

Alpha-1900 型分光光度剂测定,相对电导率用 DDs—ⅡA 型电导率仪测定,SOD 活性采用分光光度法测定,POD 活性采用愈创木酚法测定,脯氨酸含量采用茆三酮比色法测定,MDA 采用硫代巴比妥酸法测定,同时测定玉米抽雄至吐丝的时间间隔(ASI)和棒三叶夹角^[4]。

1.3.3 模糊隶属函数综合评价 测定不同玉米品种的生理抗旱性和形态抗旱性指标,每个品种都会得出相应抗旱性指标的数值,需要采用一种方法将这些不同品种的抗旱性指标的数值综合起来进行比较分析,从而判定抗旱性的强弱。采用模糊隶属函数法可以将测定的多项抗旱指标的定性评价转化为定量评价,使得多项指标之间可以进行简单的数学计算,即对受到多种因素影响的抗旱性做出一个综合总体评价。该方法具有计算简便、较为准确、系统性强的特点,可以根据公式计算各抗旱指标的隶属值(X_u):

$$X_u = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{1}$$

$$X_u = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{2}$$

测定指标和抗旱性成正相关用(1)式,测定指标和抗旱性成负相关则用(2)式。 $X_u < 4$ 为相对抗旱性较弱的品种, $4 \leq X_u \leq 7$ 为相对抗旱性中等

的品种, $X_u \geq 7$ 为相对抗旱性较强的品种^[5]。其中 X 为每个玉米品种某种抗旱指标的测定值, X_{\max} 为所有品种某抗旱指标的最大测定值, X_{\min} 为最小测定值^[5]。

1.3.4 统计分析 采用 Excel 2007 对数据整理,利用 DPS7.05 软件进行显著性分析及相关分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对玉米丙二醛和脯氨酸含量的影响

丙二醛 MDA 是细胞膜过氧化的重要产物,其含量高低反映着细胞膜过氧化程度。因此,可以用 MDA 含量的变化作为鉴定抗旱性的指标。脯氨酸(Proline)是玉米叶片调节渗透压的主要物质,当受到水分胁迫时,植物体内 Proline 逐渐积累,细胞的渗透势降低,抗旱能力增强。不同玉米品种受水分胁迫后 MDA 含量变化不同^[6]。多重比较表明,嫩单 15、吉单 27、嫩单 18 三个品种的胁迫敏感指数 SI 绝对值低于 4.0%,且 MDA 含量与对照差异不显著。丰禾 7 号、郑单 958、益农玉 10 号、誉成 1 号、鑫鑫 1 号的 MDA 含量与对照差异显著(见表 1)。

表 1 水分胁迫下不同玉米品种丙二醛和脯氨酸含量变化

Table 1 The MDA and Proline content of different maize varieties under drought stress

玉米品种 Maize varieties	丙二醛含量/(nmol·g ⁻¹ FW) MDA content			玉米品种 Maize varieties	脯氨酸含量/(μg·g ⁻¹) Proline content		
	DT	CK	SI/%		DT	CK	SI/%
吉单 27	77.9 a±2.1	75.3 a±2.7	-3.5	吉单 27	180.6 b±3.2	61.9 a±1.8	-191.8
嫩单 15	79.0 a±3.9	76.1 a±2.8	-3.8	嫩单 15	231.3 b±4.5	80.5 a±2.1	-187.3
嫩单 18	95.1 a±3.2	91.5 a±5.8	-3.9	嫩单 18	189.5 b±5.7	65.2 a±2.6	-190.6
先玉 696	90.2 a±4.5	81.4 a±4.9	-10.8	先玉 696	130.8 a±3.8	66.0 a±3.8	-98.2
先玉 335	90.7 a±5.1	80.6 a±2.1	-12.6	先玉 335	181.4 b±5.4	61.6 a±3.4	-194.5
鑫鑫 1 号	101.5 b±3.9	89.3 a±3.4	-13.7	鑫鑫 1 号	95.2 b±4.0	47.8 a±2.7	-99.2
誉成 1 号	127.6 b±3.0	110.0 a±4.6	-16.0	誉成 1 号	179.1 b±4.9	83.3 a±2.5	-115.0
益农玉 10 号	126.3 b±6.8	99.5 a±2.5	-26.9	益农玉 10 号	162.6 b±2.4	89.1 a±3.3	-82.5
郑单 958	120.2 b±4.7	92.3 a±2.6	-30.2	郑单 958	157.7 a±4.8	85.9 a±3.6	-83.6
丰禾 7 号	102.8 b±1.3	81.2 a±2.2	-26.6	丰禾 7 号	130.7 a±4.3	70.1 a±1.6	-84.1

CK 为正常对照,DT 为干旱胁迫值。SI 为胁迫敏感指数=[正常对照测定值(CK)-干旱胁迫测定值(DT)]/正常对照测定值(CK)×100%。不同小写字母表示 P<0.05 水平上同一品种不同处理的差异性,下同。
CK was the normal control,DT was the drought stress value. SI was the stress sensitivity index=[CK-DT]/CK×100%. Different lowercase mean significant difference in the treatments of the same variety at 0.05 level,same as the below.

当玉米遇到水分迫时,Proline 含量和对照相比均有所增加,但不同品种增加的量有所差异。多重比较表明,嫩单 15、吉单 27 和先玉 335 和嫩

单 18 增幅相对较大,且 SI 绝对值高于 180%,说明这 4 个品种抗旱性较强。而郑单 958、丰禾 7 号、益农玉 10 号增幅相对较小,SI 绝对值不超

过 85%,抗旱性较弱(见表 1)。

2.2 水分胁迫对组织浸提液相对电导率和叶绿素含量的影响

细胞膜对外界水分变化十分敏感。水分胁迫会造成细胞膜的损伤,使其稳定性降低,通透性增加,细胞内一些离子如 K⁺ 和 Na⁺ 等被动外渗,外溶液电导率升高。水分胁迫越严重,细胞膜损伤程度越高,外溶液 K⁺ 和 Na⁺ 等浓度越大,测定的电导率值则愈大,因此,测定玉米叶片浸提液的电导率值可反映细胞膜的损伤程度,从而鉴定出品种的抗旱能力。水分胁迫下,玉米叶片中叶绿素含量指示对水分胁迫的敏感性,影响光合作用和

光合产量。叶绿素分解速率较慢,含量下降较低的玉米品种、抗旱能力更强。

经方差分析和多重比较表明,吉单 27、嫩单 18、嫩单 15 这 3 个品种相对电导率与对照差异不显著,并且分析后 SI 的绝对值低于 7%。郑单 958、丰禾 7 号、誉成 1 号这 3 个品种相对电导率与对照差异显著,并且分析后 SI 的绝对值均高于 75%。嫩单 15、吉单 27、嫩单 18、郑单 958 水分胁迫下叶绿素含量降低较小,叶绿素分解量低于所有试验品种。鑫鑫 1 号、益农玉 10 号、誉成 1 号叶绿素含量下降较多,说明这 3 个品种叶绿素分解速率快,抗旱性较弱(见表 2)。

表 2 水分胁迫下不同玉米品种的组织浸提液相对电导率和叶绿素含量变化

Table 2 The relative electrical conductivity and chlorophyll content of different maize varieties under drought stress

玉米品种 Maize varieties	相对电导率/% Relative conductivity			玉米品种 Maize varieties	叶绿素含量/(mg·dm ⁻²) Chlorophyll content		
	DT	CK	SI/%		DT	CK	DT/CK
吉单 27	44.2 a±1.2	41.5 a±1.5	-6.5	吉单 27	7.81 a	8.42 a	7.24
嫩单 15	60.9 a±3.3	57.8 a±1.3	-5.4	嫩单 15	7.89 a	8.15 a	3.19
嫩单 18	37.1 a±0.8	35.2 a±1.2	-5.4	嫩单 18	7.88 a	8.65 a	8.90
先玉 696	36.3 a±0.6	33.1 a±0.7	-9.6	先玉 696	7.03 a	7.83 a	10.22
先玉 335	76.5 b±4.4	55.6 a±2.2	-43.0	先玉 335	6.65 a	7.43 a	10.50
鑫鑫 1 号	47.4 a±2.1	39.4 a±0.6	-20.3	鑫鑫 1 号	7.50 b	9.23 a	18.74
誉成 1 号	55.4 b±1.4	30.2 a±1.3	-83.4	誉成 1 号	7.36 b	10.37 a	29.03
益农玉 10 号	65.6 a±3.2	50.7 a±1.3	-29.4	益农玉 10 号	6.88 b	9.24 a	25.54
郑单 958	75.7 b±5.9	42.6 a±3.3	-77.7	郑单 958	6.83 a	7.46 a	8.45
丰禾 7 号	48.8 b±4.6	26.5 a±1.7	-84.2	丰禾 7 号	8.12 a	9.49 a	14.43

2.3 水分胁迫对玉米超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的影响

当植物受到水分胁迫时,细胞内原有的自由基代谢平衡被打破,活性氧自由基大量产生并堆积在细胞内,细胞膜调控内外物质交换的能力下降,膜系统损伤,透性增加。SOD、POD 具有特殊的生理活性,是活性氧自由基的自然天敌,是植物细胞抵御活性氧伤害的重要保护性酶,更是生物体内清除自由基的首要物质,可防止或降低膜系统受到的伤害。

在水分胁迫过程中,嫩单 15、嫩单 18、鑫鑫 1 号的 SOD 活性总体较高,统计分析表明,SI 绝对值高于 85%,与对照差异显著,抗旱性较强;郑单 958、丰禾 7 号、益农玉 10 号 SI 绝对值低于 30%,且和对照差异不显著,抗旱性较弱。POD 的活性变化规律与 SOD 相似(见表 3),表明抗旱

性强的品种具有较高的 SOD 和 POD 活性。当玉米遇到干旱环境时,抗旱性强的品种清除体内自由基的能力强。

2.4 水分胁迫对抽雄吐丝间隔期(ASI)和棒三叶夹角的影响

ASI 是抽雄和吐丝的间隔时间,是衡量玉米抗旱性较可靠的形态指标。ASI 时间延长造成玉米雌雄异熟,导致生产中减产甚至绝产。棒三叶的功能期长,叶面积大,叶绿素发达,光合作用强,与籽粒形成期相吻合,在相同的时间内形成光合作用产物最多,就近运输到玉米籽粒,对玉米经济产量的形成作用最大。

结果表明,嫩单 15、吉单 27、嫩单 18 在水分胁迫后 ASI 值分别保持在 4、4、5 d,其它品种的 ASI 值在 5~7 d。嫩单 15、嫩单 18、吉单 27 棒三叶的叶片夹角较小,株型相对收敛(见表 4)。

表 3 水分胁迫下玉米 SOD 和 POD 的活性变化
Table 3 The activity of SOD and POD under water stress

玉米品种 Maize varieties	SOD/(U·g ⁻¹ FW)			玉米品种 Maize varieties	POD/(μg·min ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)		
	DT	CK	SI/%		DT	CK	SI/%
吉单 27	28.3 b±2.6	15.8 a±1.6	−79.1	吉单 27	28.6 a±1.7	21.3 a±1.1	−34.3
嫩单 15	28.9 b±1.4	15.5 a±1.2	−86.5	嫩单 15	32.4 b±1.1	19.7 a±2.2	−64.5
嫩单 18	48.1 b±1.7	25.3 a±1.5	−90.1	嫩单 18	33.4 b±1.5	20.4 a±2.8	−63.7
先玉 696	33.5 a±1.9	22.4 a±1.3	−49.6	先玉 696	36.1 b±1.8	24.5 a±2.7	−47.3
先玉 335	31.3 b±2.2	20.2 a±2.1	−55.0	先玉 335	29.3 b±2.6	20.8 a±1.6	−40.9
鑫鑫 1 号	32.5 b±2.4	16.7 a±2.1	−94.6	鑫鑫 1 号	41.9 b±1.7	26.1 a±0.8	−60.5
誉成 1 号	33.5 a±2.1	24.7 a±1.2	−35.6	誉成 1 号	38.2 b±2.2	25.7 a±1.3	−48.6
益农玉 10 号	33.7 a±1.5	26.5 a±2.1	−27.2	益农玉 10 号	35.1 a±2.4	28.4 a±1.3	−23.6
郑单 958	32.4 a±1.1	25.2 a±0.9	−28.6	郑单 958	27.2 a±0.9	21.7 a±1.4	−25.3
丰禾 7 号	33.2 a±1.8	25.6 a±2.4	−29.7	丰禾 7 号	24.5 a±2.7	19.3 a±2.1	−26.9

表 4 干旱胁迫对 ASI 和棒三叶夹角的影响

Table 4 The ASI and leaf angle under drought stress

品种 Varieties	ASI/d	叶夹角/° Leaf angle
嫩单 15	4	36
吉单 27	4	39
嫩单 18	5	40
先玉 696	5	39
先玉 335	5	42
鑫鑫 1 号	6	39
誉成 1 号	6	41
益农玉 10 号	7	49
郑单 958	7	51
丰禾 7 号	7	47

2.5 各品种抗旱性综合评价

本研究采用膜下滴灌技术,在正常供水和水分胁迫条件下,测定其生理指标和形态指标,采用模糊隶属函数综合评价方法,选出相对抗旱性较强的品种是嫩单 15、吉单 27、嫩单 18,模糊函数隶属值总和大于 7;中等抗旱品种是先玉 696、先玉 335、鑫鑫 1 号和誉成 1 号,隶属函数值总和在 4~7;相对抗旱性较弱的品种是益农玉 10 号、郑单 958 和丰禾 7 号,其隶属值总和小于 4。

3 结论与讨论

通过对水分胁迫下各玉米品种丙二醛和脯氨酸含量、组织浸提液相对电导率和叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的测定,以及通过对各玉米品种的抗旱性综合评价,最终筛选出黑龙江省西部地区相对抗旱性较

强的品种是嫩单 15、吉单 27 和嫩单 18,中等抗旱的品种为先玉 696、先玉 335、鑫鑫 1 号和誉成 1 号。

2017 年是试验开始的第一年,仅有 1 a 的试验数据,由于抗旱棚内的抗旱池数量少、面积小,种植的玉米数量有限,试验设计为单行区,只做了一个严重水分胁迫的处理,没有不同水分胁迫梯度的处理,对试验结果的准确性有一定的影响。

植物的抗旱性是多因素控制的复杂的综合性状体现,对于玉米生产田来说,产量是其最重要的指标,评价品种抗旱性应以其在干旱情况下能否高产稳产为依据^[7],其局限性是不能说明高产潜力的可塑性,本试验受抗旱棚条件限制,设计为单行区,即使测产结果也不准确,因此没有把产量作为抗旱指标,在今后进一步深入的研究中应不断进行完善。

参考文献:

[1] 来艳华,杨秀丽,付伟. 黑龙江省西部半干旱地区发展节水高效农业的对策和建议[J]. 黑龙江农业科学,2014(10): 194-151.

[2] 孙彩霞. 玉米抗旱性鉴定指标体系及抗旱鉴定指标遗传特性的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学,2001.

[3] 鲍巨松,杨成书. 不同生育时期水分胁迫对玉米生理特性的影响[J]. 作物学报,1991,17(4):261-265.

[4] 韩业辉,刘洋,苗亿. 不同玉米品种的抗旱性研究[J]. 黑龙江农业科学,2015(12):33-36.

[5] 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.

[6] 李凤海. 玉米抗旱性指标的筛选及其遗传特性研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2011.

[7] 范翠丽,陈景堂,徐明举. 玉米抽雄期抗旱性鉴定指标的研究[J]. 玉米科学,2007,15(1): 112-114,127.

马铃薯种薯小型化生产技术研究

解国庆,董青山,范书华,王 艳,赵云彤

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157041)

摘要:为将种薯的平均单薯重降至约 60 g,促进小型化种薯早日应用生产。以尤金的 2 级原种为试验材料,选用密度(94 906, 97 324, 120 120,141 844 株·hm⁻²)和播期(4 月 30 日,5 月 16 日,5 月 31 日,6 月 15 日)进行二因素随机区组试验。结果表明:密度和播期可极显著影响马铃薯的平均单薯重和产量,二者交互作用不显著,随着密度的增大,平均单薯重逐渐降低,产量先上升后下降;随着播期的推迟,平均单薯重和产量都呈下降趋势。6 月 15 日播种 141 844 株·hm⁻² 虽然平均单薯重最低,为 50.00 g,但产量也严重降低,为 23 176 kg·hm⁻²。因此,综合平均单薯重和产量等因素,生产中可采用播期 5 月 31 日、密度 9 7324 kg·hm⁻² 或播期 5 月 31 日、密度 120 120 kg·hm⁻²。

关键词:马铃薯;种薯;小型化

中图分类号:S532 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2018)01-0021-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2018.01.0021

马铃薯高产稳产、增产潜力大,营养全面,是中国的主要粮食作物,对保障国家粮食安全、顺应国人营养需求、缓解资源环境压力,有着其它作物不可替代的作用。未来马铃薯将逐渐成为继玉米、水稻、小麦之后的第四大主粮作物^[1-2]。随着马铃薯主粮化政策的落实、市场需求的不断扩大、农民种植积极性的提高,种植面积必然会大幅提升^[3]。目前马铃薯栽培技术基本都是采用块茎切块通过营养生长的方式繁殖的,很多病害如环腐病、晚疫病的病菌通过切刀进行传染,并且用种量大、浪费人工、增加种植成本等问题比较突出。

许多马铃薯生产水平较高的国家如荷兰、法国等已全部用小整薯作种薯^[4]。部分研究者认为,大、中薯切块栽培明显比用小整薯播种处理的产量高^[5]。但大多数研究者认为,采用小型种薯整薯播种,可充分利用马铃薯的顶端优势、减少种薯用量、降低种薯成本、提早播种、抗旱保苗、长势旺盛、抗病性强、增产增收^[6-10]。种薯小型化是未来中国马铃薯种植的趋势^[11],目前还没有大规模应用是因为缺少适用于机械化的、大面积应用的生产技术。开展此项研究,通过一些栽培措施,初期目标是把种薯的平均单薯重降到约 60 g,使小型化种薯早日应用于生产。

收稿日期:2017-11-04
第一作者简介:解国庆(1983-),男,黑龙江省望奎县人,硕士,助理研究员,从事马铃薯育种与栽培研究。E-mail: xgq_8@163.com。

Drought Resistance Evaluation of Main Maize Cultivars in Western Region of Heilongjiang Province

LI Qing-chao, WANG Jun-he, MIAO Yi, LIU Yang, HAN Ye-hui, XU Ting, LAN Hong-yu
(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006)

Abstract: In order to promote the cultivation of excellent drought resistant varieties of maize, continue to maintain the aim of increasing the yield, high yield and stable yield of maize in Heilongjiang province, the drought resistance of maize varieties in the western region of Heilongjiang province was studied. In the drought-resistant shed, the technology of drip irrigation under the film was used to control the water. Through the determination of several drought resistance indexes, the fuzzy membership function method was adopted to comprehensively evaluate the drought resistance. The results showed that the highly resistance varieties were Nendan15, Jidan27 and Nendan18, the medium resistance varieties were Xianyu696, Xianyu335, Xinxin1 and Yucheng1, the non-resistance varieties were Yinongyu10, Zhengdan958 and Fenghe7.

Keywords: maize; water stress; drought resistance; index; evaluation