

卜俊周,魏建伟,岳海旺,等.不同玉米品种的抗旱特性研究[J].上海农业学报,2019,35(6):34-38

## 不同玉米品种的抗旱特性研究

卜俊周,魏建伟,岳海旺,彭海成,陈淑萍,谢俊良\*

(河北省农林科学院旱作农业研究所,衡水 053000)

**摘要:** 探讨玉米广适性品种在不同水分条件下的农艺和生理特征,为广适性新品种培育提供参考依据。2015年和2016年,将玉米品种‘先玉335’‘郑单958’与玉米新品种‘衡玉321’,在干旱和正常灌溉2个水分处理下种植于河北省农科院节水试验站,试验采用裂区设计。测定株高、穗位、抽雄期、吐丝期、籽粒产量和产量要素等农艺学性状,以及抽雄前叶绿素含量(SPADv)、灌浆期叶绿素含量(SPADg)、灌浆后期叶片衰老等级评分(LSS)、抽雄前叶面积指数(LAIv)、灌浆期叶面积指数(LAIg)等生理性状,比较不同品种间的性状差异。玉米品种穗粗、秃尖长品种间差异不显著,其他性状品种间存在差异。与干旱处理相比,正常灌溉处理下,‘衡玉321’、‘郑单958’和‘先玉335’的籽粒产量分别增加5 056.5 kg/hm<sup>2</sup>、3 987.5 kg/hm<sup>2</sup>和5 934 kg/hm<sup>2</sup>,穗行数增加3.5、2.3、2.3,百粒重增加4.7 g、5.2 g、6.8 g,株高增加46.7 cm、44.1 cm、66.7 cm。‘衡玉321’在正常灌溉处理和干旱处理下的LRS、SPADg分别是5.97、3.85和5.81、3.27。广适性品种‘衡玉321’株型紧凑,抽穗后叶片衰老速度慢;干旱条件下叶片发生明显卷曲,但叶绿素含量较高,叶功能好;产量、千粒重和株高的水分敏感性低,而穗数和穗粒数的水分敏感性较高,灌浆中期的叶绿素含量和抽穗前叶面积指数对水分不敏感,水旱条件下均表现出高产。

**关键词:** 玉米;广适性;‘衡玉321’;生理特性

**中图分类号:** S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3924(2019)06-034-05

## Study on drought resistance of different maize varieties

BU Jun-zhou, WEI Jian-wei, YUE Hai-wang, PENG Hai-cheng, CHEN Shu-ping, XIE Jun-liang\*

(Institute of Dry Farming Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Science, Hengshui 053000, China)

**Abstract:** To explore the agronomic and physiological characteristics of maize varieties under different water conditions, and to provide reference for the cultivation of a wide range of new varieties, the field experiment was carried out in water-saving experimental station of Hebei academy of agriculture and forestry science, China. Three maize varieties currently used in a local maize production, ‘Zhengdan 958’ ‘Xianyu 335’ and ‘Hengyu 321’ were used during two consecutive years (2015, 2016). The experiment used two water treatments, drought and normal irrigation, and adopted the split-plot experiment design with three repetitions. Agronomic and ear, tasseling, silking stage, grain yield and yield factors characters, and before tasseling (SPADv) chlorophyll content and chlorophyll content during grain filling period (SPADg), late filling leaf senescence rating (LSS), before tasseling leaf area index (LAIv), leaf area index of filling period (LAIg) and other physiological traits were determined to study on the traits of differences among different types of varieties. The results showed that there was no significant difference in ear diameter and tip length among different maize varieties. Compared with the drought treatment, the grain yield of ‘Hengyu 321’ ‘Zhengdan 958’ and ‘Xianyu 335’ increased by 5 056.5 kg/hm<sup>2</sup>, 3 987.5 kg/hm<sup>2</sup> and 5 934 kg/hm<sup>2</sup> respectively under normal irrigation treatment. The number of spike rows increased by 3.5, 2.3, 2.3, and 100 grain weight increased 4.7 g, 5.2 g, 6.8 g, and plant height increased

收稿日期:2018-01-10

基金项目:国家七大作物育种:冀中南适宜机械化夏玉米新品种选育(2017YFD0101202-2);国家玉米产业技术体系项目(CARS-02);河北省科技支撑计划项目(16226323D-X)

作者简介:卜俊周(1973—),男,本科,副研究员,主要从事玉米育种研究。E-mail: bujunzhou@sina.com

\*通信作者, E-mail: hzhzsjl@126.com

46.7 cm, 44.1 cm, and 66.7 cm. The LRS and SPADg of 'Hengyu 321' under normal irrigation and drought treatment were 5.97, 3.85 and 5.81, 3.27 respectively. The widely adapted variety 'Hengyu 321' has a compact plant type and slow speed of leaf senescence after heading. Under drought conditions, the leaves have obvious curls, but the chlorophyll content is higher, the leaf function is good, the water sensitivity of the yield, 1 000 grain weight and plant height is low, but the water sensitivity of the spike number and the number of spikes is higher, the chlorophyll content and the heading in the middle of the grain filling period are before the heading. Leaf area index is not sensitive to water. All these characteristics enable them to produce high yield under flood and drought conditions.

**Key words:** Maize; Wide suitability; 'Hengyu 321'; Physiological characteristics

玉米品种适应性是品种大面积示范推广的前提<sup>[1]</sup>,选育适应性广的品种是玉米育种工作的目标<sup>[2]</sup>。研究不同类型品种的农艺和生理特征,有助于理解品种适应环境的优势性状,为广适性品种选育提供依据<sup>[3]</sup>。

近30年来,中国育成并推广了'中单2号'、'掖单13'、'农大108'、'郑单958'、'先玉335'等一批有影响力的广适性玉米品种<sup>[4]</sup>,其基本特征是高产、稳产、广适、抗逆性好等<sup>[5-7]</sup>。研究表明高产稳产不仅与玉米株型、冠层结构、叶面积等有关,也与栽培密度、行株距、大小行有关<sup>[8-10]</sup>,但针对广适性玉米品种的生理特征研究相对较少<sup>[11-12]</sup>。'郑单958'有高产、稳产、节水等特点,是黄淮海夏播区国家玉米区试和河北省区试对照品种,连续多年在生产上大面积推广,是第一大品种<sup>[13-14]</sup>。'先玉335'具有高产、抗病、脱水快等特点,是东华北、黄淮区域的第二大品种。'衡玉321'在2017年通过了河北省审定,2018年通过黄淮海审定,不仅产量潜力高,而且具有广泛的适应性。本研究在不同水分条件下,通过比较'衡玉321'、'郑单958'和'先玉335'的产量构成因素及生理特征,明确'衡玉321'高产、广适性的农艺和生理特征,以期广适性品种选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

以玉米品种'衡玉321'、'郑单958'和'先玉335'为材料,于2016年6—11月在河北省农科院节水试验站的可移动防雨棚进行试验。节水试验站位于河北省深州市护驾迟镇,年平均降水量500 mm左右,其中大部分的降水集中在每年的6—8月。试验地地势平坦,旱能浇涝能排。土质为黏土,地力均匀,年日照时数2 563 h,光照充足,利于农作物生长<sup>[6]</sup>。底肥使用六国牌复合肥(N、P、K的比例为15:15:15,施用量为600 kg/hm<sup>2</sup>);在苗期进行中耕追施尿素,施用量为450 kg/hm<sup>2</sup>。试验以品种为主处理,干旱处理和正常灌溉2个水平为副处理,采取裂区设计,3次重复,小区长6.7 m,行距60 cm,面积20 m<sup>2</sup>。干旱处理:仅播种后浇蒙头水灌溉1次,保证出苗;正常灌溉处理:在播种后、拔节期和灌浆期各灌溉1次,共灌水3次,每次灌水量约70 mm。施肥、除草等田间管理依据大田生产进行,晴天防雨棚完全开放,雨天关闭,整个试验过程不接雨水。

### 1.2 调查测定项目与方法

#### 1.2.1 叶面积指数(LAI)

采用长宽系数法测定,即叶面积 $LA(\text{cm}^2) = \text{长} \times \text{宽} \times 0.75$ ,叶面积指数 $(LAI) = LA(\text{m}^2)/GA(\text{m}^2)$ 。GA:土地面积;LA:该土地面积上的总叶面积。分别测定抽穗前叶面积指数(LAIv)、灌浆中期叶面积指数(LAIg)和乳熟期叶面积指数(LAIh)。

#### 1.2.2 抗旱指数

抗旱指数 $(DRI) = (Yd/Yw) \times (Yd/Ymd)$ 。其中,Yd为干旱胁迫条件下的产量;Yw为正常灌水条件下的产量;Ymd为供试杂交种在干旱胁迫条件下的平均产量;Ymw为供试杂交种在正常灌水条件下的平均产量。抗旱性评价标准见表1。

表1 玉米全生育期抗旱性评价标准  
Table1 Evaluation criteria for drought resistance in the whole growth period of maize

级别	抗旱指数	抗旱性
1	≥1.20	极强(HR)
2	1.00—1.19	强(R)
3	0.80—0.999	中等(MR)
4	0.60—0.79	弱(S)
5	≤0.59	极弱(HS)

### 1.2.3 叶绿素含量(SPAD)

用叶绿素含量仪测定棒三叶的 SPAD 值。每小区选取 10 片叶,取平均值。在抽穗前(7 月 27 日)、灌浆中期(8 月 30 日)和乳熟期(9 月 20 日)测定相应的 SPAD 值,分别记为 SPAD<sub>v</sub>、SPAD<sub>g</sub> 和 SPAD<sub>h</sub>。

### 1.2.4 叶片卷曲度(LRS)

$LRS = (L_w - L_n) / L_w \times 100\%$ , 其中,  $L_n$  表示卷曲叶缘宽度,  $L_w$  表示将卷曲的叶片展开的宽度。在晴天午后 2 点,对玉米叶片卷曲度进行评价,1—5 级分别代表无卷曲到完全卷曲。

### 1.2.5 产量及农艺性状

收获前每个处理选取有代表性的植株 10 株,测定株高、穗位高和茎粗,收获时每个小区取中间 3 行进行测产,折算成产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )。取有代表性 10 穗考种,放入烘箱于 105 °C 杀青 30 min,80 °C 下烘至恒重称重。考种指标包括穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长和百粒重。

### 1.2.6 数据处理与分析

使用 Excel 2007 进行数据整理分析,用 DPS 7.05 软件进行方差分析,多重比较采用 LSD 法。

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状分析

干旱处理中 3 个参试玉米品种的株高、穗位、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重均比正常灌溉处理有明显的降低,品种间差异显著。由表 2 可知,在两种处理情况下,‘衡玉 321’穗粗明显高于‘郑单 958’和‘先玉 335’,在干旱处理中尤其明显;秃尖在 2 种处理下变化不明显,说明秃尖对干旱胁迫不敏感。

表2 不同玉米品种在水分胁迫下农艺性状的表现  
Table2 Agronomic traits of different maize varieties under water stress

品种	株高/cm		穗位/cm		穗长/cm		穗粗/cm		穗行数		行粒数		百粒重/g		秃尖/cm	
	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理	正常处理	干旱处理
‘郑单 958’	265.8	221.7	118.8	97.0	18.6	14.2	4.67	3.75	15.2	12.9	37.0	24.0	32.8	27.6	1.0	1.0
‘先玉 335’	298.4	231.7	96.5	80.7	18.9	13.2	4.83	3.21	15.8	13.5	31.4	19.6	37.4	30.6	2.4	1.8
‘衡玉 321’	296.0	249.3	126.0	100.7	18.5	15.3	4.98	4.1	17.2	13.7	33.1	23.9	35.6	30.9	0.0	0.5

### 2.2 产量及其构成因素的变化

与干旱处理相比,正常灌溉处理中,‘衡玉 321’‘郑单 958’和‘先玉 335’的籽粒产量分别增加 5 056.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、3 987.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$  和 5 934  $\text{kg}/\text{hm}^2$  (表 3),穗行数增加 3.5、2.3、2.3,行粒数增加 9.2、13、11.8,百粒重增加 4.7 g、5.2 g、6.8 g (表 2)。

表3 不同水分处理对玉米产量的影响  
Table3 Effects of different water treatments on yield of maize

品名	水处理			旱处理			DRI	位次
	平均产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	位次	CK/%	平均产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	位次	CK/%		
‘郑单 958’	10 357.5 b	3	-8.5	6 370.5 b	2	0.3	1.098	1
‘先玉 335’	12 271.5 a	1	8.5	6 337.5 b	3	-0.3	0.917	3
‘衡玉 321’	11 571.0 b	2	2.3	6 514.5 a	1	2.5	1.028	2

同列不同小写字母表示 5% 水平差异显著

### 2.3 抗旱指数

‘郑单 958’和‘衡玉 321’两个品种的抗旱指数(DRI)分别为 1.098 和 1.028,均大于 1,为“强”抗旱玉米品种。

## 2.4 叶绿素含量

叶绿素是植物进行光合作用最重要的部分,叶绿素含量的多少决定了玉米产量的高低<sup>[15-17]</sup>。从图1可知,在正常灌溉的条件下,玉米叶绿素含量先增加后降低,符合抛物线形状,其拟合方程为  $y = -0.95x^2 + 3.94x + 0.58$  ( $R^2 = 1$ )。

相比正常灌溉处理,干旱处理中‘郑单958’和‘先玉335’不同时期叶绿素含量降低明显,‘衡玉321’的不同时期叶绿素含量变化不明显(图2)。说明‘衡玉321’在不同水分条件下都有较高叶绿素含量,尤其乳熟后期(9月20日)叶绿素含量与前期相比无变化,抗衰老特性表现突出。说明‘衡玉321’适应性明显强于‘郑单958’和‘先玉335’,这与3个玉米品种在实际生产上的表现是一致的。

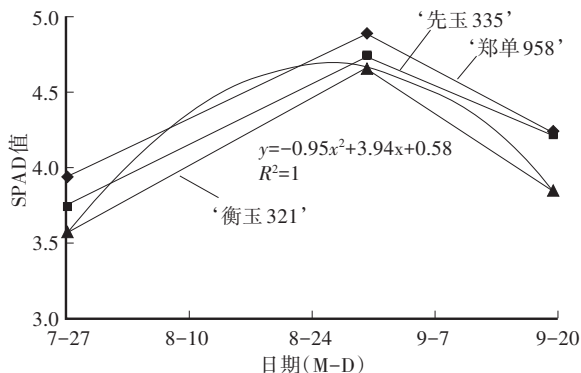


图1 正常灌溉处理下不同玉米品种不同时期的 SPAD  
Fig.1 SPAD of different maize varieties at different times under normal irrigation

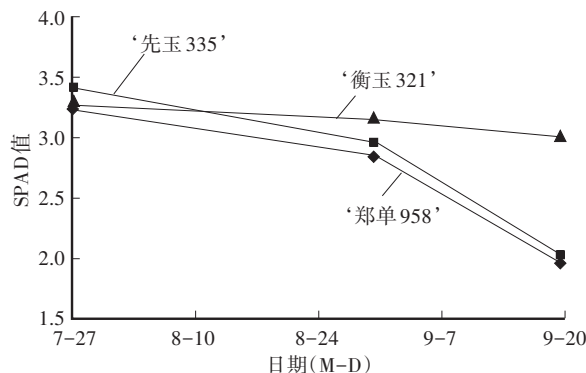


图2 干旱处理下不同玉米品种不同时期的 SPAD  
Fig.2 SPAD of different maize varieties at different stages under drought treatment

## 2.5 叶面积指数

正常灌溉处理(水分充足)下,在一定时期内所有品种的叶面积指数呈增大趋势,品种不同,增大的程度不同(表4)。在正常和干旱两种处理中,‘衡玉321’和‘郑单958’的叶面积指数相对稳定,‘先玉335’的叶面积指数变化明显,说明‘先玉335’对干旱胁迫敏感,适应性较差。

表4 不同处理下3个玉米品种叶面积指数比较

Table 4 Leaf area index comparison of 3 maize varieties under different treatments

品种	处理	抽雄前	灌浆期	乳熟期
‘郑单958’	正常灌溉	5.34	5.67	5.73
	干旱处理	5.32	5.43	5.57
	平均	5.33 b	5.55 b	5.65 b
‘先玉335’	正常灌溉	5.54	5.75	5.86
	干旱处理	5.21	5.37	5.41
	平均	5.38 b	5.56 b	5.64 b
‘衡玉321’	正常灌溉	5.59	5.86	5.97
	干旱处理	5.54	5.75	5.81
	平均	5.57 a	5.81 a	5.89 a

同列不同小写字母表示5%水平上差异显著

## 2.6 叶片卷曲度的变化

干旱胁迫下玉米叶片卷曲,减少了有效叶面积和蒸腾作用,有利于节约水分,使叶片光系统功能免受损害。由表5可知,品种间叶片卷曲度差异显著,在干旱环境下,‘衡玉321’叶片发生明显卷曲,与‘郑单958’表现一致,而‘先玉335’的叶片轻微卷曲。

表5 干旱处理下3个品种叶片卷曲度比较

Table 5 Comparison of leaf curls of 3 maize varieties under drought treatments

品种	抽雄前	灌浆期	乳熟期
‘郑单958’	4 a	4 a	2 a
‘先玉335’	2 b	2 b	2 a
‘衡玉321’	4 a	4 a	2 a

## 3 讨论

### 3.1 ‘衡玉 321’的农艺学特征对适应性的影响

‘衡玉 321’在水分充足和干旱处理中都能高产,较水分充足时,干旱条件下株高穗位明显降低。穗粗和百粒重在正常和干旱两种处理中,没有明显变化,而培育抗旱性强且高产的玉米品种的关键指标是果穗均匀、株高穗位适中、耐密性好。‘衡玉 321’的父本是‘衡 H13’,具有高产稳产特性,母本‘衡 H14’具有抗病抗虫特性,因此‘衡玉 321’兼具抗病与高产稳产基因,这是其适应性广的重要遗传基础。

### 3.2 ‘衡玉 321’的生理特征对适应性的影响

抗旱性强的玉米品种具有较高的抗旱指数<sup>[18]</sup>和叶片卷曲度<sup>[19]</sup>,遇到水分胁迫时叶面积指数<sup>[20]</sup>变化不明显。叶绿素含量高的品种表现出抗衰老的特征<sup>[21-22]</sup>,耐旱性较强的品种叶绿素含量变化较小。本试验中,不同水分条件下‘衡玉 321’的叶绿素含量变化不明显,在灌浆中期和乳熟期叶绿素含量显著高于‘郑单 958’,‘郑单 958’和‘先玉 335’后期叶片叶绿素含量明显偏低,说明后期叶片衰老速率显著快于‘衡玉 321’。‘衡玉 321’叶片中叶绿素含量高,叶功能好,有利于发挥光合作用,具备获得高产的基础。

## 4 结论

玉米新品种‘衡玉 321’具有株型紧凑、高产、穗粗、早熟等特点。干旱环境下叶片发生卷曲,叶绿素含量较高,叶功能好且衰老速率慢。穗粗和百粒重在相同水分条件下表现相对稳定,表明产量对于干旱环境敏感性低。本研究后续将对环境密切相关的性状开展基因聚合与表型选择,以提高广适性品种的培育效率,选育出更多适应性强、产量高的品种。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 戴景瑞.我国玉米遗传育种的回顾与展望[C]//玉米遗传育种国际学术讨论会文集.北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [ 2 ] 张世煌,李少昆.国内外玉米产业技术发展报告[M].北京:中国农业科学技术出版社,2010.
- [ 3 ] 汪涛,董斌,黄文江,等.玉米冠层内光合有效辐射和叶面积指数垂直分布模拟[J].玉米科学,2016,24(2):120-128.
- [ 4 ] 祁红彦,周广胜,许振柱.北方玉米冠层光合有效辐射垂直分布及影响因子分析[J].气象与环境学报,2008,24(1):22-26.
- [ 5 ] 王珍,武志海,徐克章.玉米群体冠层光合速率与叶面积指数关系的初步研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(2):9-12,16.
- [ 6 ] 刘桂鹏,贺婷,王国骄,等.玉米 LAI 和 FPAR 的高光谱遥感预测模型研究[J].玉米科学,2016,24(2):115-119,128.
- [ 7 ] 孔祥彬,白星焕,王同芹.阴雨寡照条件下密度对夏玉米叶面积和产量的影响[J].玉米科学,2012,20(4):64-68.
- [ 8 ] 马俊峰,张学舜,唐振海,等.灌浆中后期阴雨寡照天气对玉米产量的影响[J].中国种业,2013(2):46-47.
- [ 9 ] 周玉乾,寇思荣.甘肃耐密玉米品种种植密度研究[J].农业科技通讯,2011(5):34-36.
- [ 10 ] 张宇,景希强,王延波,等.3个不同株型玉米杂交种适宜密度的研究[J].玉米科学,2010,18(2):83-86,90.
- [ 11 ] 王宁珍,李宗龚,黄斌,等.降水对陇东玉米叶面积和干物质积累及产量的影响[J].玉米科学,2007,15(1):100-102.
- [ 12 ] 张芮,成自勇,李有先.水分亏缺对膜下滴灌制种玉米生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(2):125-128.
- [ 13 ] 沈学善,李金才,屈会娟,等.淮北地区不同夏玉米品种的产量性状和适应性分析[J].河北科技师范学院学报,2009,23(4):12-15,20.
- [ 14 ] 孙锐,彭畅,丛艳霞,等.不同密度春玉米叶面积系数动态特征及其对产量的影响[J].玉米科学,2008,16(4):61-65.
- [ 15 ] 肖万欣,王延波,谢甫绶,等.干旱对玉米自交系叶片叶绿素荧光特性的影响[J].玉米科学,2015,23(4):54-61.
- [ 16 ] 王一,曹敏建,李春红,等.模拟干旱对不同耐性玉米自交系幼苗根系和水分利用效率的影响[J].作物杂志,2011(6):50-52.
- [ 17 ] 陈春梅,高聚林,苏治军,等.玉米自交系吐丝期叶片光合参数与其耐旱性的关系[J].作物学报,2014,40(9):1667-1676.
- [ 18 ] 赵霞,刘诗慧,张国方,等.16个玉米杂交种的抗旱性评价[J].河南农业科学,2017,46(12):24-28.
- [ 19 ] 任志强,王晓清,卜华虎,等.玉米抗旱育种研究进展[J].山西农业科学,2019,47(7):1291-1294.
- [ 20 ] 徐英,李曼华,李辉,等.不同发育期的干旱对华北地区夏玉米生长发育及产量的影响[J].气象与环境学报,2017,33(1):108-112.
- [ 21 ] 施关正,赵致,张卫星,等.干旱胁迫下玉米自交系农艺性状的遗传相关与通径分析[J].西南农业学报,2008,21(3):33-37.
- [ 22 ] 李争光,梁晓玲,雷志刚,等.28个玉米自交系主要农艺性状耐旱性研究[J].新疆农业科学,2010,47(3):449-456.

(责任编辑:郭娇)