

## 辽西半干旱区抗旱高产玉米品种筛选

尹光华<sup>1</sup>, 沈业杰<sup>1,2</sup>, 亢振军<sup>1,2</sup>, 张法升<sup>1,2</sup>, 刘作新<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; <sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**水分是制约半干旱区玉米生长的主要环境因子之一,严重影响玉米产量。为了有效筛选出适合辽西半干旱区应用的春玉米品种,在2007—2008年开展了田间品种试验。结果表明:产量和水分利用效率(WUE)显著地受品种影响,在统计学上均达显著水平( $P<0.05$ )。与对照‘丹玉39’相比,‘郑单958’、‘东单90’、‘辽单565’的产量差异达到5%显著水平。‘辽单565’、‘郑单958’与对照的WUE差异达到5%显著水平。结果表明,‘郑单958’和‘辽单565’两个品种的应用能够实现获得高产的同时,提高水分利用效率的目的,适宜于东北半干旱区推广和大面积种植。

**关键词:**春玉米;产量;水分利用效率;差异显著性

中图分类号:S513

文献标志码:A

论文编号:2010-1894

### Screening on Varieties of Spring Maize in Semiarid Region of West Liaoning

Yin Guanghua<sup>1</sup>, Shen Yeji<sup>1,2</sup>, Kang Zhenjun<sup>1,2</sup>, Zhang Fasheng<sup>1,2</sup>, Liu Zuoxin<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016;

<sup>2</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

**Abstract:** Scarcity of water is a environmental constraint to maize growth in semiarid region and cause loss in maize yield greatly. In order to screening spring maize varieties, which were well suited to semiarid region of west Liaoning. We conducted maize varieties test during 2007–2008. Results showed that seed yield and water use efficiency (WUE) were strongly influenced by spring maize varieties. There was statistically significant difference ( $P<0.05$ ) among varieties in yields and WUE. Compared with CK (‘danyu39’), ‘zhengdan958’, ‘dongdan90’ and ‘liaodan565’ reached 5% significant level. As for WUE, compared with CK (‘danyu39’), ‘Liaodan565’ and ‘zhengdan958’ reached 5% significant level. Accordingly, it was recommended that ‘zhengdan958’, ‘liaodan565’ were more suitable to semiarid region of northeast China for their better yield performance and high WUE.

**Key words:** spring maize ; yield; WUE; significance of difference

### 0 引言

干旱已成为中国北方农业可持续发展的主要限制因素,严重影响着农业生产的发展<sup>[1-2]</sup>。玉米是需水量较大的粮食作物之一,在中国种植面积约为 $2.7\times 10^6$  hm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>,其中50%以上在东北、西北、西南等依靠自然降水、缺水的地区<sup>[4]</sup>,其产量严重受到干旱影响<sup>[4-5]</sup>,大旱时,玉米减产幅度可达到30%~35%,严重旱灾年会导致绝

收<sup>[6-7]</sup>。辽宁西部地区玉米播种面积占总播种面积的60%以上,但由于该区域频繁地遭受春旱、伏旱或秋旱的威胁,严重地影响了其生长发育和籽粒产量<sup>[8]</sup>。如何抵御干旱的问题已成为提高作物产量和水分利用效率得首要任务。选育抗旱性强、产量潜力高并适于当地生产的杂交种,是抗御干旱、提高产量的一条重要途径。水分利用效率(WUE)是指作物消耗单位水分所

**基金项目:**国家“十一五”科技支撑重大课题(2006BAD02A12);辽宁省重大项目“农业节水技术集成与示范”(2008212003);辽宁省博士启动基金课题(20071014)。

**第一作者简介:**尹光华,男,1972年出生,副研究员,主要从事节水农业方面的研究。E-mail: ygh006@163.com。

**通讯作者:**刘作新,男,1954年出生,研究员,博士,博士生导师,从事节水农业方面的研究。通讯地址:100016中国科学院沈阳应用生态研究所, Tel: 024-83970365, E-mail: liuzuoxin@iae.ac.cn。

**收稿日期:**2010-06-23, **修回日期:**2010-07-19。

生产的光合产物重量,种间差异可达30%~100%,是一个可遗传的性状<sup>[9]</sup>。一个节水且高产的品种在吸水、耗水及产量形成上有明显的经济优势<sup>[10]</sup>,并且植物的抗旱性与高水分利用效率有一定的联系<sup>[11-12]</sup>。因此,筛选优良抗旱性高的玉米品种,有助于高效利用农田水分,实现区域生产的稳产和增产,具有重要的现实意义。此研究通过在辽西半干旱区开展田间品比试验,分析不同品种的产量和水分利用效率,以期为该选育和应用适宜的抗旱高产玉米杂交种提供理论依据和技术支撑。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验区概况

试验区位于辽宁省阜新县辽宁省节水农业重点实验室试验基地。该区地处风沙半干旱带,年均气温7.2℃,作物生育期平均气温20.2℃,≥10℃积温日数为169天,有效积温3298.3℃,无霜期144天,生理辐射量284.3 kJ/cm<sup>2</sup>,年日照时数2865.5 h,生育期日照时数1295.8 h。年均降水量493.1 mm,年内分配不均,其中夏季占68.5%,春秋旱季干旱频繁且严重,年均蒸发量为1847.6 mm。

#### 1.2 试验材料

参试品种选取产量较高,具有一定抗旱性的杂交种14个,以在试验区大面积应用的‘丹玉39’为对照开展田间筛选试验。引选的品种有:‘农大95’、‘辽单565’、‘丹科2151’、‘铁单18’、‘东单90’、‘临奥1号’、‘仙禾2008’、‘沈良27’、‘辽单127’、‘郑单958’、‘丹玉101’、‘新豫玉22’、‘郑单518’、‘豫玉8703’,共14个。

#### 1.3 试验方法

试验在自然降水条件下进行,共14个处理,1个对照,3次重复,随机区组排列。小区面积5 m×5 m,种植密度按品种要求,露地播种。施肥等管理同当地大田(基肥复合肥450 kg/hm<sup>2</sup>,追肥尿素525 kg/hm<sup>2</sup>)。此试验中2008年为2007年的重复,由于各年度间土壤水分、气候等存在些许差异,对最终的产量产生了一定影响,因此试验中时间可看作另一区组因素<sup>[13]</sup>,且不同年份对其产量效应是随机的,因此年份与品种共同组成了方差分析的混合模型<sup>[14]</sup>。2007年降水比正常年份偏少,于干旱期间进行了两次补灌,补灌方式为沟灌,补灌量均为45 mm。2008年没有进行补灌。

#### 1.4 测定项目及观测方法

烘干法测定播种前和收获后0~140 cm土层(每20 cm一层)的土壤含水量。用PM-8188谷物水分仪测量成熟期籽粒含水量。收获期小区去边行计小区籽粒产量,用每个处理的三个重复产量平均值来代表该

处理实际产量(籽粒含水量换算值为含水18%)。

土壤储水量表达式为: $sw = \sum_{i=1}^n (r \times w)_i \times d_i$ ,式中:  
sw为土壤储水量(mm);n为所测土壤含水量土层层次数;r为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>),w为土壤质量含水量(%);d为土层厚度(mm)。

耗水量(mm)=播前土壤储水量-收获后土壤储水量+降雨量+补灌量

土壤水分利用率 WUE[(kg/(hm<sup>2</sup>·mm))]=籽粒产量/耗水量

#### 1.5 数据分析

数据分析应用SAS9.1软件,多重比较分析采用Duncan法。

### 2 结果与分析

#### 2.1 籽粒产量效应

将不同年度试验的籽粒产量结果列于表1。从表1中可看出‘郑单958’产量最高,达到13372.9 kg/hm<sup>2</sup>,相比对照‘丹玉39’增产12.85%。‘东单90’和‘辽单565’分别为第2、3位,产量分别为13029.8 kg/hm<sup>2</sup>和12747.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照分别增产9.96%和7.57%。‘新豫玉22’产量最低,仅为11209.7 kg/hm<sup>2</sup>,比对照减产5.40%。对产量进行方差分析,结果见表2:米品种间P=0.002<0.01,差异极显著。而年份间P=0.09>0.05,差异不显著,在品

表1 产量结果

| 品种     | 2007年产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 2008年产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 平均      | 差异显著性 |     |
|--------|----------------------------------|----------------------------------|---------|-------|-----|
|        |                                  |                                  |         | 5%    | 1%  |
| 郑单958  | 13642.2                          | 13103.5                          | 13372.9 | a     | A   |
| 东单90   | 13180.1                          | 12879.5                          | 13029.8 | ab    | AB  |
| 辽单565  | 12940.5                          | 12553.5                          | 12747.0 | ab    | AB  |
| 沈良27   | 12647.5                          | 12136.5                          | 12392.2 | bc    | ABC |
| 临奥1号   | 12769.5                          | 11765.5                          | 12267.5 | bc    | ABC |
| 农大95   | 12365.7                          | 12125.0                          | 12245.4 | bc    | ABC |
| 郑单518  | 12182.0                          | 12213.0                          | 12197.5 | bc    | ABC |
| 丹玉101  | 12545.6                          | 11808.0                          | 12176.8 | bcd   | ABC |
| 仙禾2008 | 12034.6                          | 12179.0                          | 12106.8 | bcd   | ABC |
| 丹科2151 | 11936.2                          | 12176.5                          | 12056.4 | bcd   | BC  |
| 辽单127  | 12400.5                          | 11547.5                          | 11974.0 | cd    | BC  |
| 豫玉8703 | 12168.7                          | 11685.0                          | 11926.9 | cd    | BC  |
| 丹玉39   | 11949.3                          | 11751.0                          | 11850.1 | cd    | BC  |
| 铁单18   | 11497.5                          | 12202.5                          | 11850.0 | cd    | BC  |
| 新豫玉22  | 11167.3                          | 11252.0                          | 11209.7 | d     | C   |

注:表中小写字母和大写字母分别代表5%和1%显著水平的差异性。下同。

种与年份的交互作用中,  $P=0.677>0.05$ , 交互作用不显著。对品种间进行的多重比较: 在5%显著水平下, ‘郑单958’、‘东单90’、‘辽单565’与对照差异显著, 在1%显著水平下, ‘郑单958’与对照差异达到显著水平。可以看出, 此试验中, 造成产量存在差异的主要因素是品种, 年份间产量未达到显著性水平, 对产量影响较小, 年份与品种的交互作用也不明显。在5%的显著水平下, ‘郑单958’、‘东单90’、‘辽单565’三个品种与对照‘丹玉39’相比差异达到显著水平, 其产量差异具有统计学意义。因此, 就产量而言, ‘郑单958’、‘东单90’、‘辽单565’三个品种产量显著高于对照‘丹玉39’。

表2 产量方差分析

| 方差来源     | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr>F  |
|----------|----|-------------|-------------|---------|-------|
| 品种       | 14 | 100728.8678 | 7194.9191   | 3.71    | 0.002 |
| 年份       | 1  | 7287.8402   | 7287.8402   | 2.96    | 0.090 |
| 品种与年份的交互 | 14 | 27177.4104  | 1941.2436   | 0.79    | 0.677 |
| 误差       | 60 | 147747.4349 | 2462.4572   |         |       |

表3 水分利用效率分析

| 品种     | 2007年 WUE/                 | 2008年 WUE/                 | 平均/(kg/                | 差异显著性 |     |
|--------|----------------------------|----------------------------|------------------------|-------|-----|
|        | (kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)) | (kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)) | (hm <sup>2</sup> ·mm)) | 5%    | 1%  |
| 辽单565  | 29.5                       | 27.9                       | 28.7                   | a     | A   |
| 郑单958  | 29.2                       | 27.1                       | 28.1                   | ab    | AB  |
| 郑单518  | 30.1                       | 24.6                       | 27.3                   | abc   | ABC |
| 东单90   | 28.2                       | 25.7                       | 26.9                   | abc   | ABC |
| 农大95   | 26.8                       | 25.7                       | 26.3                   | abcd  | ABC |
| 沈良27   | 27.7                       | 24.1                       | 25.9                   | bcd   | ABC |
| 铁单18   | 25.7                       | 25.5                       | 25.6                   | bcd   | ABC |
| 辽单127  | 27.2                       | 23.3                       | 25.2                   | cd    | ABC |
| 临奥1号   | 27.8                       | 22.3                       | 25.1                   | cd    | ABC |
| 丹科2151 | 25.1                       | 24.8                       | 24.9                   | cd    | BC  |
| 丹玉39   | 27.1                       | 22.3                       | 24.7                   | cd    | BC  |
| 豫玉8703 | 26.7                       | 22.6                       | 24.7                   | cd    | BC  |
| 仙禾2008 | 26.5                       | 22.7                       | 24.6                   | cd    | BC  |
| 丹玉101  | 26.7                       | 22.3                       | 24.5                   | cd    | BC  |
| 新豫玉22  | 25.2                       | 22.2                       | 23.7                   | d     | C   |

表4 水分利用效率的方差分析

| 方差来源     | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr>F   |
|----------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| 品种       | 14 | 0.78894189  | 0.05635299  | 2.839   | 0.0029 |
| 年份       | 1  | 0.96451654  | 0.96451654  | 47.96   | <.0001 |
| 品种与年份的交互 | 14 | 0.27789162  | 0.0198494   | 0.99    | 0.4774 |
| 误差       | 60 | 1.20660933  | 0.02011016  |         |        |

## 2.2 水分利用效率分析

从表3中可看出‘辽单565’WUE最高, 达到28.715 kg/(hm<sup>2</sup>·mm), 相比对照‘丹玉39’增加13.89%。‘郑单958’和‘郑单518’分别为第2、3位, WUE分别为28.1 kg/(hm<sup>2</sup>·mm)和27.3 kg/(hm<sup>2</sup>·mm), 相比对照‘丹玉39’分别增加11.50%和8.33%。‘新豫玉22’WUE最低, 仅为23.7 kg/(hm<sup>2</sup>·mm), 比对照减少6.10%。对水分利用效率进行方差分析, 结果见表4: 品种间  $P=0.0029<0.01$ , 差异极显著, 年份间  $P<0.0001$ , 差异极显著, 在品种与年份的交互作用中,  $P=0.4774>0.05$ , 差异不显著。对品种和年份进行多重比较, 结果显示: 在5%显著水平下, ‘辽单565’、‘郑单958’与对照差异显著, 1%显著水平下, ‘辽单565’与对照的差异达到显著水平。在对年份间进行的多重比较中, 2007年WUE水平显著高于2008年。可以看出, 造成WUE存在差异的主要因素是品种与年份, 不同品种和年份间WUE均具有显著性差异。年份与品种的交互作用不明显, 对产量影响较小。

在5%的显著水平下, ‘辽单565’、‘郑单958’两个品种与对照‘丹玉39’相比差异达到显著水平, 其WUE差异具有统计学意义。因此, 从WUE上来看, ‘辽单565’、‘郑单958’两个品种WUE显著高于对照‘丹玉39’, 水分利用效率高, 适宜于进行节水栽培的品种。

植物水分利用效率与众多外界因素密切相关<sup>[15]</sup>。同一作物不同栽培条件下WUE差异十分明显<sup>[16]</sup>。由于2008年试验与2007年所选品种相同, 可看作2008年度的重复, 因此, 此试验不同年度间WUE表现出的不同主要是环境因素造成的。环境因素中, 土壤水分状况、光强、相对湿度、风速等对植物的WUE都有影

表5 不同年份间水分利用效率

| 年份   | 播种期水分 | 收获期水分 | 灌溉   | 降雨    | 耗水    | WUE                         | WUE显著性差异 |    |
|------|-------|-------|------|-------|-------|-----------------------------|----------|----|
|      | /mm   | /mm   | /mm  | /mm   | /mm   | /(kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)) | 5%       | 1% |
| 2007 | 213.8 | 237.6 | 90.0 | 388.3 | 454.5 | 27.30                       | a        | A  |
| 2008 | 259.6 | 210.0 | 0.0  | 452.9 | 502.5 | 24.20                       | b        | B  |

响。其中土壤水分对植物水分利用效率的影响较大。从表中可以看出,2007年与2008年的WUE分别为27.30 kg/(hm<sup>2</sup>·mm)和24.20 kg/(hm<sup>2</sup>·mm),差异极显著。此试验中两个年份间WUE差异极显著,很可能是由于不同年度间不同的播种期水分含量、降雨量、灌溉量等影响土壤水分状况的因素造成的,正是由于这些不同的栽培条件导致了两个年度不同的WUE。同时,也可以从以下角度分析,WUE主要与产量和耗水量有关,而2007年的平均产量要高于2008年,而平均耗水量却低于2008年,作物产量与耗水量主要受土壤含水量的影响,由公式WUE=产量/耗水量可以得出,2007年的WUE大于2008年。综上所述,不同年份间土壤水分利用效率存在差异主要还是受到土壤含水量的影响。

### 3 结论与讨论

通过对14个品种产量与WUE的分析,试验表明,‘郑单958’和‘辽单565’两个杂交种的产量与WUE均达到较高水平,显著高于对照杂交种‘丹玉39’,达到了抗旱、节水、增产的目标,适合推广应用。植物的抗旱性与高水分利用效率有一定的联系,特别是追求高产量的旱地农业生产中,在大多数情况下是统一的<sup>[11,16]</sup>,研究还发现选择高WUE低蒸腾比的作物品种可能是干旱地区人们期望的一种重要的增产途径<sup>[7]</sup>,因此,在旱区农业中,通过作物WUE与产量筛选一批优良抗旱性高的品种,有助于水分的充分利用,实现稳产、增产,具有重大的实践意义。同时,WUE也是选育抗性品种时首要考虑的因素<sup>[18]</sup>。大田试验受环境因素影响较大,因此多年的连续试验对结果准确性与可靠性的验证非常重要,此研究仅对两年的试验结果进行了统计分析,还需要进一步验证。

### 参考文献

[1] 孙军伟,冀天会,杨子光,等.玉米萌芽期抗旱性鉴定研究[J].中国农

学通报,2009,5(03):104-107.  
 [2] 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.  
 [3] 齐伟,王空军,张吉旺,等.干旱对不同耐旱性玉米品种干物质及氮素积累分配的影响[J].山东农业科学,2009(7):35-38.  
 [4] 赵美令.玉米各生育时期抗旱性鉴定指标的研究[J].中国农学通报,2009,25(12):66-68.  
 [5] 朱永波,张仁和,卜令铎,等.玉米苗期抗旱性鉴定指标的研究[J].西北农业通报学报,2008,17(3):143-14.  
 [6] 张仁和,马国胜,卜令铎,等.不同基因型玉米品种抗旱性鉴定及综合评价[J].种子,2009,28(10):91-94.  
 [7] 路贵和,戴景瑞,张书奎,等.不同干旱胁迫条件下我国玉米骨干自交系的抗旱性比较研究[J].作物学报,2005,31(10):1284-1288.  
 [8] 尹光华,刘作新,张自坤,等.辽西半干旱区春玉米有限补灌制度研究[J].农业科技与装备,2007(6):36-38.  
 [9] 山仑.植物水分利用效率和半干旱地区农业用水[J].植物生理学通讯,1994,34(1):61-66.  
 [10] 杨涛,梁宗锁,薛吉全,等.干旱胁迫下不同玉米品种的耗水特性及其水分利用效率的差异[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):103-107.  
 [11] 张正斌.作物抗旱节水生理遗传育种基础[M].科学出版社,2003:48-61.  
 [12] 山仑.植物抗旱生理研究与发展旱地农业[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):1-5.  
 [13] 蒋志刚,李春旺,曾岩(译).生物实验设计与数据分析(中文版)[M].高等教育出版社,2004:442-452.  
 [14] 李春喜,姜丽娜,邵云,等.生物统计学(第三版)[M].科学出版社,2005:94-95.  
 [15] 朱林,许兴.植物水分利用效率的影响因子研究综述[J].干旱地区农业研究,2005,23(6):204-209.  
 [16] 山仑.植物抗旱生理研究与发展旱地农业[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):1-5.  
 [17] Hall A E. Agroecology [M].New York:MC Graw Hill Publishing Company,1990:101.  
 [18] Bennetzen J L, Hake S C. Handbook of Maize: Its Biology [M]. Springer New York Jeff L.2009:311-344.