

文章编号:1003-8701(2009)04-0021-04

# 玉米品种抗旱性指标筛选的研究

刘鹏<sup>1</sup>,阮长春<sup>2</sup>,任英<sup>1</sup>,韩立军<sup>2</sup>,滕文星<sup>3\*</sup>

(1.吉林省农业科学院农村能源研究所,吉林公主岭 136100 2.吉林农业大学,长春 130118;  
3.通化市农业科学院,吉林梅河口 135007)

**摘要:**提高玉米品种的抗旱性是减少干旱带来损失的有效途径之一。产量指标又是玉米品种抗旱性鉴定的最重要指标。本研究通过36个玉米品种抗旱性鉴定试验,对以产量为基准的不同鉴定筛选指标进行了分析比较。结果表明:算术平均值(MP)、几何平均值(GMP)、耐旱指数(DTIv)和抗旱指数(DRI)可以作为鉴定品种抗旱性的主要筛选指标,耐旱指数(DTIv)优于抗旱指数(DRI)能更好地作为不同地点和不同环境条件下抗旱性鉴定筛选指标。

**关键词:**玉米;抗旱性;产量;筛选指标

中图分类号:S513

文献标识码:A

## Screening of Drought Tolerant Indices of Maize Hybrids

LIU Peng<sup>1</sup>, RUAN Chang-chun<sup>2</sup>, REN Ying<sup>1</sup>, HAN Li-jun<sup>2</sup>, TENG Wen-xing<sup>3</sup>

(1. Rural Energy Research Institute, Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gangzhuling 136100; 2. Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 3. Academy of Agricultural Sciences of Tonghua City, Meihekou 135007, China)

**Abstract:** The improvement of maize hybrids with drought tolerance is one of effective approaches to reducing the yield loss caused by drought. The yield is one of the important index for screening drought tolerant maize hybrids. After grain yields of 36 maize hybrids were analyzed and the features of different screening index were compared, the results showed that for screening hybrids with drought tolerance, mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), drought index for varieties (DTIv) and drought tolerance index (DTI) were the most important indexes, and drought index for varieties (DTIv) was better than drought tolerance index (DTI) in different environment and places.

**Keywords:** Maize; Drought tolerance; Yield; Screening index

干旱是农业生产的主要灾害之一,近年来干旱问题已越来越引起各国政府的普遍关注与重视,随着全球气候变暖和自然资源的匮乏,干旱问题是今后农业长期面临的巨大挑战,我省西部、内蒙等地玉米产区年降雨量只有300~400 mm,干旱年份不足300 mm,1989、1995、1997年的严重干旱使玉米减产30%~50%,尤其1997年有近20万hm<sup>2</sup>玉米几乎绝收。该地区属于半干旱生态区,

玉米生育期干热风危害严重,干旱是影响该地区玉米产量的重要限制因素。在这样的背景下,我们提出了玉米育种应以耐旱丰产型品种选育为主要目标,抗旱性强是第一重要性状,丰产性状为辅,兼顾耐脊、耐盐碱等。其意义在于选育和应用抗旱玉米品种是解决当地玉米单产低而不稳的主要途径,要保证粮食安全和农业可持续发展,超级抗旱玉米种质的创新及品种的选育已成为必然的发展趋势。众多研究表明,玉米抗旱育种是提高玉米品种抗旱性、减少干旱带来损失的最有效途径之一,未来必将成为农业育种中的重要攻关课题。

收稿日期:2008-12-16

作者简介:刘鹏(1964-),男,研究员,主要从事玉米抗旱育种研究。

通讯作者:滕文星,男,研究员, E-mail: sjjtf@sina.com

进行抗旱育种首先要有较好的抗旱玉米自交系资源,这是前提;其次就是要对品种抗旱性进行准确的鉴定和评价。这是完成玉米抗旱性品种选育的保障。在抗旱性鉴定和评价方面研究者们从不同角度也提出了许多鉴定指标,并进行了大量的研究探索。得到了许多宝贵经验,但在玉米抗旱性筛选指标研究上还缺少系统性,没有形成一套

完整的鉴定体系。对品种的抗旱性鉴定筛选采用较多的是对目标环境中的产量直接排序,而产量与抗旱性又是由两套不同的遗传系统控制的,直接排序不能同时考虑抗旱性和丰产性两个因素。为此本试验通过用正常给水条件和干旱胁迫下产量平均值作图的方法较好解决了这一问题。为抗旱丰产玉米品种筛选提供指导和依据。

表 1 玉米杂交种的各抗旱指标值

品种名称	Yw	Yd	Cd	MP	TOL	DDI	DSI	GMP	DTIv	DRI
km9061	4.56	3.19	0.699 6	3.88	1.37	0.300 4	0.427 3	3.81	0.699 6	0.736 5
km9062	4.23	3.14	0.742 3	3.69	1.09	0.257 7	0.366 6	3.64	0.714 9	0.769 2
km9063	3.89	2.81	0.722 4	3.35	1.08	0.277 6	0.394 9	3.31	0.588 3	0.669 9
km9064	4.10	2.60	0.634 1	3.35	1.50	0.365 9	0.520 5	3.26	0.573 7	0.418 5
km9065	3.97	2.77	0.697 7	3.37	1.20	0.302 3	0.430 0	3.32	0.591 9	0.637 8
km9066	4.88	2.77	0.567 6	3.83	2.11	0.432 4	0.615 1	3.68	0.727 5	0.518 9
km9067	5.30	4.68	0.883 0	4.99	0.62	0.117 0	0.166 4	4.98	1.335 0	1.363 8
km9068	4.93	3.46	0.701 8	4.20	1.47	0.298 2	0.424 2	4.13	0.918 1	0.801 4
km9069	4.26	2.23	0.523 5	3.25	2.03	0.476 5	0.677 8	3.08	0.505 3	0.385 3
km9070	3.90	2.77	0.710 3	3.34	1.13	0.289 7	0.412 1	3.29	0.581 4	0.649 4
km806	4.67	3.50	0.749 5	4.09	1.17	0.250 5	0.356 3	4.04	0.879 7	0.865 8
km818	4.44	3.30	0.743 2	3.87	1.14	0.256 8	0.365 3	3.83	0.788 6	0.809 4
16× 34	3.89	2.80	0.736 8	3.35	1.09	0.263 2	0.374 4	3.30	0.586 2	0.680 9
59× 34	5.21	2.94	0.574 2	4.08	2.27	0.425 8	0.605 7	3.54	0.824 4	0.557 1
60× 30	4.60	3.31	0.719 5	3.96	1.29	0.280 5	0.399 0	3.90	0.819 5	0.783 6
49× 60	4.76	3.45	0.724 8	4.11	1.31	0.275 2	0.391 5	4.05	0.883 9	0.825 3
72× 95	4.42	3.40	0.769 2	3.91	1.02	0.230 8	0.328 3	3.88	0.808 8	0.863 1
74× 95	3.70	2.65	0.716 2	3.18	1.05	0.283 8	0.403 7	3.13	0.527 7	0.626 4
16× 60	4.10	3.05	0.731 7	3.58	1.05	0.268 3	0.381 7	3.54	0.673 0	0.736 5
55× 49	3.50	2.48	0.685 7	2.99	1.02	0.314 3	0.447 1	2.95	0.467 2	0.561 2
94× 60	4.60	3.34	0.726 1	3.97	1.26	0.273 9	0.389 6	3.92	0.826 9	0.800 4
46× 60	4.21	3.40	0.807 6	3.81	0.81	0.192 4	0.273 7	3.78	0.770 4	0.906 2
95× 60	4.56	3.87	0.848 7	4.22	0.69	0.151 3	0.215 2	4.20	0.940 8	1.084 0
95× 86	4.08	2.81	0.688 7	3.45	1.27	0.311 3	0.442 8	3.39	0.617 1	0.638 7
吉单 26	5.27	3.89	0.738 1	4.58	1.38	0.261 9	0.372 5	4.53	1.103 4	0.947 6
吉东 8 号	3.26	2.11	0.647 2	2.69	1.15	0.352 8	0.501 8	2.62	0.363 4	0.450 7
铁单 26	4.10	3.01	0.734 1	3.56	1.09	0.265 9	0.378 2	3.51	0.664 2	0.729 3
丰禾 10	3.85	2.53	0.657 1	3.19	1.32	0.342 9	0.487 8	3.12	0.517 4	0.548 7
江育 417	3.33	1.82	0.546 5	2.58	1.51	0.453 5	0.645 1	2.46	0.326 2	0.328 3
吉育 208	4.14	2.65	0.640 1	3.40	1.49	0.359 9	0.511 9	3.31	0.590 5	0.559 8
吉农大 21	3.87	2.60	0.673 6	3.24	1.27	0.326 4	0.464 3	2.78	0.541 6	0.578 0
铁研 120	3.86	2.64	0.683 9	3.25	1.22	0.316 1	0.449 6	3.19	0.548 5	0.595 9
凤田 9	4.49	3.64	0.810 7	4.07	0.85	0.189 3	0.269 3	4.04	0.879 6	0.973 9
平全 13	4.88	3.43	0.702 9	4.16	1.45	0.297 1	0.422 6	4.09	0.900 9	0.795 7
郑单 958	5.13	3.76	0.732 9	4.45	1.37	0.267 1	0.379 9	4.39	1.038 1	0.909 5
铁单 22	4.15	3.15	0.759 0	3.65	1.00	0.241 0	0.342 8	3.62	0.703 6	0.789 1

注:Yw=正常灌水下产量;Yd=干旱胁迫下产量;Cd=抗旱系数;DDI=干旱伤害指数;MP=产量算术平均值;TOL=耐性;DSI=干旱敏感指数;GMP=产量几何平均值;DTIv=耐旱指数;DRI=抗旱指数。

表 1 中的各种以产量为基准的抗旱指标估算方法如下:

干旱胁迫强度  $DI=1-Y_{md}/Y_{mw}$ ;抗旱系数  $Cd=Y_d/Y_w$ ;干旱伤害指数  $DDI=1-Y_d/Y_w$ ;算术平均数  $M_p=(Y_d+Y_w)/2$ ;几何平均数  $GMP=(Y_d \times Y_w)/2$ ;耐性  $TOL=Y_w-Y_d$ ;干旱敏感指数  $DSI=(1-Y_d/Y_w)(Y_{md}/Y_{mw})$ ;耐旱指数  $DTIv=(Y_d \times Y_w)/Y_{mw}^2$ ;抗旱指数  $DRI=(Y_d/Y_w) \times (Y_d/Y_{md})$ 。

其中  $Y_{md}$  为干旱胁迫条件下所有供试杂交种的平均产量, $Y_{mw}$  为所有供试杂交种在正常灌水条件下的平均产量。

## 1 材料和方法

本试验以 36 个不同基因型的玉米杂交种为试验材料,2008 年在所试验区进行抗旱性鉴定,试验设正常灌水和干旱胁迫两组,随机区组设计,3 次重复,2 行区,5 m 行长,株距 33 cm,行距 65 cm。在估算各种抗旱指标时用 3 个重复的 10 株粒重平均值作为杂交种的产量指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗旱品种的筛选与抗旱指标比较分析

对品种进行大田抗旱性鉴定，表征水分胁迫强度的参数干旱胁迫强度(DI)随年度和地点不同，试验结果也各不相同。DI 是以供试杂交种的平均产量来估算的，DI 的估计值范围在 0~1 之间，DI

值越大，说明干旱胁迫越严重，各品种的抗旱性随 DI 的变化而有所不同。本试验条件下的干旱胁迫强度是 0.297 0。趋于中度水分胁迫，因此本试验是研究趋于中度水分胁迫下各品种的抗旱性。

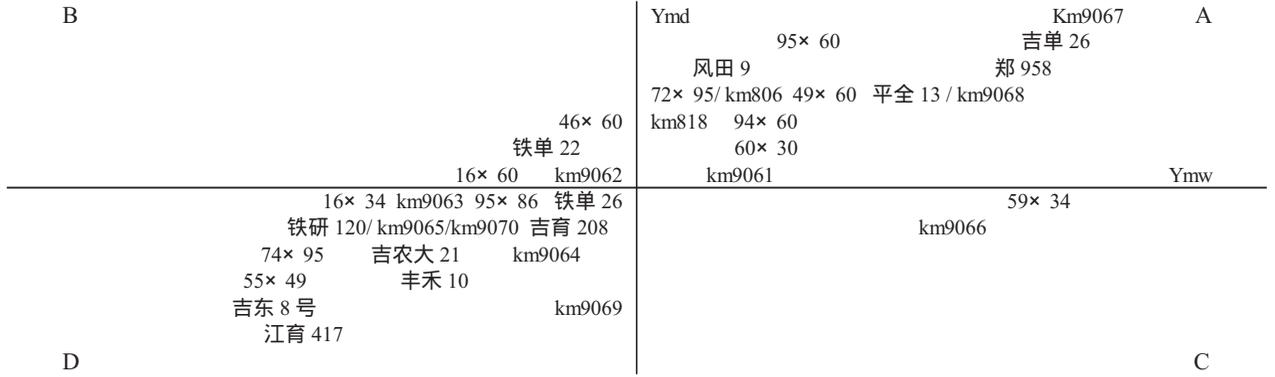


图 1 不同抗旱品种的产量二维图

横向是正常给水条件下的产量，纵向是干旱胁迫条件下的产量

图 1 是根据 Ymw 和 Ymd 所绘制的二维示意图，其中 A、B、C、D 是以两种条件下所有供试杂交种的平均产量为基准所划分的 4 组区域。A 组区域内的品种是在干旱胁迫和正常灌水条件下均高产的品种；C 区域内的品种是在干旱条件下低产和正常灌水条件下高产的品种；B 区域内的品种是在干旱胁迫条件下高产和正常灌水条件下低产的品种；D 区域内的品种则是在干旱胁迫和正常灌水条件下都低产的品种。

60、60× 30、Km818 和 Km9061；在正常灌水条件下高产而在干旱条件下低产的品种有 2 个：59× 34 和 Km9066；在干旱胁迫下高产而在正常灌水条件下低产的品种有 4 个：46× 60、16× 60、铁单 22 和 Km9062；在两种环境条件下均表现低产的组合有 16 个：铁单 26、吉育 208、95× 86、16× 34、铁研 120、吉农大 21、丰禾 10、74× 95、55× 49、Km9064、Km9063、Km9069、Km9065、Km9070、吉东 8 号和江育 417。

由图 1 可以看出：在干旱胁迫和正常灌水两种环境条件下表现均高产的品种有 14 个：Km9067、吉单 26、郑单 958、95× 60、Km9068、49× 60、平全 13、Km806、72× 95、风田 9、94×

对各品种以产量为基准的抗旱指标进行相关性分析，并依据各指标评价各品种的抗旱性大小，结果见表 2。

由表 2 可见，Cd 与干旱胁迫下的产量呈极显

表 2 不同品种抗旱性筛选指标及产量之间的相关系数

变量	Yw	Yd	Cd	MP	TOL	DDI	DSI	GMP	DTIv
Yd	0.799 9**								
Cd	0.276 3	0.790 8**							
MP	0.945 5**	0.951 7**	0.570 5						
TOL	0.223 0	-0.406 6	-0.863 9**	-0.106 5					
DDI	-0.276 3	0.790 8**	-1.000 0	-0.570 5	0.863 9**				
DSI	-0.273 4	0.790 8**	-1.000 0	-0.570 5	0.863 9**	1.000 0			
GMP	0.886 7**	0.970 4**	0.653 0**	0.980 0**	-0.226 4	-0.653 0**	-0.653 0**		
DTIv	0.908 9**	0.967 2**	0.620 3**	0.989 5**	-0.187 4	-0.620 3**	-0.620 3**	0.979 1**	
DRI	0.632 8**	0.964 5**	0.899 9**	0.846 6**	0.604 8**	-0.899 9**	-0.790 8**	0.889 1**	0.883 1**

著的正相关，与正常水分下的产量相关不显著。抗旱系数(Cd)能直接反映干旱胁迫下品种的产量变化，其值越大，说明其抗旱性越强。Cd 与 GMP、DTIv、DRI 都呈显著正相关；Yd 除了与 TOL 呈负相关外与其它指标都呈显著的正相关；Yw 与 DDI 和 DSI 呈负相关这与张振平等研究有所不同。DDI 和 DSI 是在 Cd 的基础上计算得来的，与其它指标的相关性与 Cd 相似，只是数值越大抗旱

性越小的相反关系；但 DSI 的计算公式中引入了两种水分条件的平均产量，对品种的抗旱性反映更加灵敏。几何平均值(GMP)和算术平均值(MP)都与正常灌水和干旱胁迫下的产量呈显著的正相关，算术平均值(MP)与 Cd、DDI 和 DSI 相关性不显著。这与黎裕、张振平等在研究中有相同的试验结果。Rosiellet 和 Hamblin 曾提出在大多数产量试验中，MP 与干旱胁迫下和正常灌水条件下的产

量均呈正相关关系,因此 MP 可作为衡量抗旱性的有效指标;但有研究指出 MP 不能把 A 组区域和 B 组区域的品种明显区别开来,还必须结合其它指标来全面评价品种的抗旱性。GMP 能较好地 把 A 组区域和 B 组区域的品种明显区别开来, GMP 应该比 MP 有更高的利用价值。还必须结合其它指标来全面评价品种的抗旱性。本研究结果几何平均值 (GMP) 与 Cd、DDI 和 DSI 相关性显著;GMP 和 MP 有较相似的性质。

一般的研究指出,耐性(TOL)与正常灌水条件下的产量呈正相关,与干旱胁迫下的产量呈负相关,这与本试验结果相同;与 DDI 和 DSI 呈显著的正相关,与 Cd 呈显著负相关,但与 GMP、MP 和 DTIv 相关不显著,TOL 作为抗旱品种的筛选指标则不能把 A 组区域和 C 组区域的品种明显区别开来,DSI 与 TOL 有相似的性质,其值越小说明品种越抗旱。耐旱指数(DTIv)与 Yw 和 Yd 呈显著的正相关,与 MP、GMP 和 DRI 相关显著,其值越大,说明品种越抗旱,生产潜力越大。因此,利用 DTIv 作为抗旱品种的筛选指标,可以把 A 组区域和 C 组区域的品种明显区别开来,抗旱指数(DRI)与 DDI 和 DSI 呈显著的负相关,与其它性状呈显著的正相关;其值越大,说明品种越抗旱。

## 2.2 品种抗旱筛选指标的遴选

玉米品种的抗旱性是指玉米品种对干旱的适应性和抵抗能力,即在土壤干旱和大气干燥条件下,玉米品种具有受伤害最轻、产量下降最少的能力。育种人员主要是以选育干旱胁迫和正常水分条件下都高产的玉米品种为目标的,这也是抗旱品种指标筛选的主要依据。根据这一要求从表 2 中不难看出,除了 TOL 外其它指标都与 Yd 相关显著,能同时与 Yw 和 Yd 显著相关的指标只有 GMP、MP、DTIv 和 DRI,因此这 4 个指标可以有效选择抗旱品种;前 3 个指标非常吻合,DRI 与前 3 个指标比略有出入。这从各个指标以产量对 36 个品种的排序中便可看出,如果强调抗旱性应以抗旱指数(DRI)为依据效果要更好,但选择耐旱丰产型品种应以耐旱指数(DTIv)为依据更稳妥。

## 3 结 论

3.1 根据 Ymw 和 Ymd 所绘制的二维示意图,其中 A、B、C、D 是以两种条件下所有供试杂交种的平均产量为基准所划分的 4 组区域。A 组区域内的品种是在干旱胁迫和正常灌水条件下均高产的品种;C 区域内的品种是在干旱条件下低产和正

常灌水条件下高产的品种;B 区域内的品种是在干旱胁迫条件下高产和正常灌水条件下低产的品种;D 区域内的品种则是在干旱胁迫和正常灌水条件下都低产的品种。根据图 1 可以清楚的看到哪些品种是抗旱丰产型如 Km9067、吉单 26、郑单 958、95×60、Km9068、49×60、平全 13、Km806 和 72×95 等;哪些是抗旱型的品种如 46×60、16×60、铁单 22 和 Km9062;哪些是丰产不抗旱型的品种如 59×34 和 Km9066;A 区域是主要的选择区越往右斜上方的品种越好;B 区域和 C 区域是主要的改良区,B 区域改良其丰产性,而 C 区域改良其抗旱性;D 区域则是淘汰区只要进入此区就被淘汰。这对指导育种筛选非常适用,也很直观;如果在此基础上考虑进对照的产量因素[或者以对照(最好是多设几个对照)的 Ymw 和 Ymd 所绘制的二维示意图]以及相关的一些抗性因素等,就可以筛选出超过对照的抗旱丰产型杂交新品种如 Km9067、吉单 26、95×60、Km9068 和 49×60 等,这对于育种工作者会更有指导意义。

3.2 通过对品种抗旱筛选指标的遴选,能同时与 Yw 和 Yd 显著相关的指标只有 GMP、MP、DTIv 和 DRI,因此这 4 个指标可以有效选择抗旱品种;但前 3 个指标非常吻合,DRI 与前 3 个指标比略有出入。这从各个指标以产量对 36 个品种的排序中便可看出,而且耐旱指数(DTIv)与干旱胁迫下产量性状及其它产量性状的相关都大于抗旱指数(DRI),一般研究认为耐旱指数(DTIv)能更好地作为不同地点和不同环境条件下进行抗旱鉴定的筛选指标。为此选择耐旱丰产型品种应以耐旱指数(DTIv)为依据更稳妥。如果强调抗旱性应以抗旱指数(DRI)为依据效果会更好。

## 参考文献:

- [1] 黎裕,王天宇,刘成,等.玉米抗旱品种的筛选指标研究[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):210-215.
- [2] 黎裕.作物抗旱鉴定方法与指标[J].干旱地区农业研究,1993,11(3):91-99.
- [3] 黎裕,王天宇,石云素,等.应用生理学方法和分子手段进行玉米抗旱育种[J].玉米科学,2004,12(2):16-20.
- [4] 黎裕,王天宇,石云素,等.玉米抗旱性的 QTL 分析研究进展和发展趋势[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):32-38.
- [5] 罗淑平.玉米抗旱性及鉴定指标的相关分析[J].干旱地区农业研究,1990,8(3):72-78.
- [6] 宋风斌,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.
- [7] 孙彩霞,武志杰,张振平,等.玉米抗旱性评价指标的系统分析[J].农业系统科学与综合研究,2004,20(1):43-47. (下转第 34 页)

好地进行水土保持工作。

参考文献：

- [1] 张 侠, 赵德义. 水土保持研究综述 [J]. 地质技术经济管理, 2004, 26(3): 26-30.
- [2] 陈 良. 低山丘陵区水土保持治理与生态环境效应——以江苏省盱眙县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(4): 370-374.
- [3] 张宝英. 国内外水土保持发展状况 [J]. 水土保持科技情报, 1990(2): 52-55.
- [4] 岳 辉, 陈志彪, 朱溪河. 小流域水土流失治理与生态环境效应[J]. 福建地理, 2003, 18(1): 6-8.
- [5] 彭珂珊. 水土流失对经济发展的冲击分析[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2002, 9(2): 67-71.
- [6] 胡良军, 李 锐, 杨勤科, 等. 基于 GIS 的区域水土流失评价模型[J]. 应用基础与工程科学学报, 2000(1): 1-8.
- [7] 胡良军. 黄土高原区域水土流失评价数据库的建立[J]. 水利学报, 2002(1): 81-85.
- [8] 黄奕龙, 傅伯杰, 陈利顶. 黄土高原水土保持建设的环境效应[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 29-32.
- [9] J M Bosch, J D Hewlett. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration[J]. J Hydrol, 1982, 55: 3-23.
- [10] 李清河, 李昌哲, 孙保平. 黄土区小流域土壤侵蚀系统模拟的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 1-4.
- [11] Brubaker S C, Jones A J, Lewis D T, et al. Soil Properties Associated with Landscape Position [J]. Soil Sci. Soc. Am. J. 1993, 57: 235-239.
- [12] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990, 122-202.
- \*\*\*\*\*
- (上接第 24 页)
- [8] 张振平, 齐 华, 李 威, 等. 玉米品种抗旱性筛选指标研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(5): 65-68.
- [9] 杨国虎. 玉米抗旱性的鉴定指标及遗传育种研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2002(10): 19-21.
- [10] 刘来福. 作物数量遗传 [M]. 北京: 农业出版社, 1982: 250-262.
- [11] 刘 鹏, 任 英, 王洪秋, 等. 玉米几个主要农艺性状的遗传研究[J]. 吉林农业科学, 2004, 29(6): 3-8.
- [12] 刘 鹏, 任 英, 闫丽娜. 几个玉米自交系主要农艺性状的配合力和遗传参数分析[J]. 玉米科学, 2004, 12(4): 31-34, 38.
- [13] 任 英, 刘 鹏, 等. 12 个玉米自交系主要性状配合力及应用潜力分析[J]. 玉米科学, 2008, 16(增刊).