

研究报告

A Letter

转基因玉米杂交后代农艺性状调查

王铭¹, 张婷婷³, 杜建中², 孙毅^{1,2,3}

1.山西大学生物工程学院, 太原, 030006

2.山西省农业科学院农业生物技术研究中心, 太原, 030031

3.山西大学生物技术研究所, 太原, 030006

✉ 通讯作者: sunyi692003@yahoo.com.cn ✉ 作者

分子植物育种, 2011 年, 第 9 卷, 第 33 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0033

收稿日期: 2011 年 01 月 14 日

接受日期: 2011 年 02 月 28 日

发表日期: 2011 年 03 月 22 日

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式:

王铭等, 2011, 转基因玉米杂交后代农艺性状调查, 分子植物育种 Vol.9 No.33 (doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0033)

摘要 本试验以海‘92-1’转基因玉米株系作父本和 13 株不同的金黄 96C 转基因玉米株系作母本进行杂交所得 13 份杂交种作为试验材料, 进行转基因玉米杂交后代农艺性状调查。通过与非转基因玉米杂交后代的农艺性状进行比较和抗病性鉴定, 可以看出转基因玉米杂交后代的发病率明显低于非转基因玉米杂交后代, 转基因和非转基因玉米杂交后代在株高、穗位高、穗长、籽粒重和百粒重五个性状上存在明显差异, 在穗粗、穗重和穗行数等性状上面差异不明显, 综合分析农艺性状选出了两个优良的杂交组合 2008060×海 92-1(chi)、2008066×海 92-1(chi)。同时还了解到同一基因型的不同的转基因植株的杂交后代的部分农艺性状之间也存在明显的差异。

关键词 转基因玉米; 杂交种; 农艺性状; 统计分析; 差异显著性

Agronomic Traits Investigation of Maize Hybrids Obtained by Hybridization between Transgenic Maize Lines

Wang ming¹, Zhuang Tingting³, Du Jianzhong², Sun Yi^{1,2,3}

1. College of Biological Engineering, Shanxi University, Taiyuan, 030006, P.R. China

2. Biotechnology Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, 030031, P.R. China

3. Institute of Biotechnology, Shanxi University, Taiyuan, 030006, P.R. China

✉ Corresponding author, sunyi692003@yahoo.com.cn; ✉ Authors

Abstract 13 transgenic maize hybrids were obtained by hybridization between transgenic maize line from ‘Hai 92-1’ and 13 transgenic maize lines from ‘Jinhuang96C’. Agronomic traits of 13 transgenic hybrids and the non-transgenic maize hybrids were investigated. The head smut incidences of the transgenic maize hybrids were significantly lower than that of their non-transgenic counterpart. The differences of plant height, ear position, ear length, ear grain weight and 100-kernel weight were significant between some transgenic maize hybrids and their non-transgenic counterparts, and the differences of ear diameter, ear weight and ear rows were not significant between them. Two superior cross combinations 2008060×Hai92-1(chi), 2008060×Hai92-1(chi) were selected. The differences of some agronomic traits between various transgenic maize hybrids were also significant.

Keywords Transgenic maize; Hybrid; Agronomic trait; Statistical analysis; Significance of difference

研究背景

玉米(*Zea mays* L.)是重要的粮食作物兼饲料作物, 在我国农业生产中占有举足轻重的地位。随着我国人口的不断增加, 对玉米的需求也与日俱增, 但是玉米病虫害严重影响着玉米的产量。据统计, 世界上每年因各种病害减产玉米约15%, 病虫害严重的年份减产幅度更大, 个别地区甚至绝收(梁美霞等, 2004)。由于玉米种内抗性基因源有限, 常规育

种技术无法满足对玉米抗病性改良的需求, 因此利用转基因技术创造具有抗病性的玉米新种质已成为玉米育种的重要途径之一。

玉米转基因研究始于上世纪80年代, 到目前为止, 国内外已经有很多关于转基因玉米植株再生及其后代分析的工作报道, 多种抗逆基因已经转入玉米, 并且整合到其基因组中。其中一些研究报道表明, 转基因植株的性状及其遗传稳定性受外源基因

在受体细胞中的整合位点及其拷贝数的影响(王关林等, 2002; Fromm et al., 1990)。为了有效从转基因玉米植株及其后代中选育具有优良性状的自交系和杂交种, 有必要对转基因玉米及其杂交种的农艺性状进行深入研究, 目前, 有关对转基因玉米自交系和杂交种农艺性状的研究报道很少(杨爱芳等, 2007)。

晋单36是山西省玉米中晚熟区的主要种植品种之一, 由‘海92-1’和金黄96C杂交组配而成, 抗矮花叶病等多种病害, 但是易感丝黑穗病, 采用基因工程方法有可能提高它对丝黑穗病的抗性。几丁质存在于真菌菌丝的顶端, 昆虫的围食膜中也含有较多的几丁质, 几丁质酶可以抑制菌丝的生长, 从而达到抗真菌的作用。杜建中等人通过超声波辅助花粉介导法将几丁质酶基因转入玉米自交系‘海92-1’中, 获得了抗丝黑穗病的转基因玉米植株, 然后通过连续几代的自交选育, 获得了纯合稳定的‘海92-1’转基因株系(杜建中等, 2008; 王景雪等, 2001)。他们还用同样的方法获得了含有外源RDV MP-基因的478、金黄96B、金黄96C、R146、C649等纯合转基因株系, 并通过对转基因株系及其自交后代的农艺性状及抗病性调查, 选出了一批抗性和农艺性状较好的转基因株系, 但尚未研究这些转基

因株系杂交组配后得到的杂交种的抗性和农艺性状(杜建中等, 2008)。本研究用抗玉米丝黑穗病的转基因株系‘海92-1’作父本, 抗玉米矮花叶病的转基因株系金黄96C作母本杂交组配, 获得杂交种, 将这些转基因杂交种的农艺性状与非转基因杂交种晋单36的农艺性状进行比较和抗病性鉴定, 研究外源基因导入玉米自交系后对其杂交种是否有影响, 同时试图了解同一基因型的不同转基因株系的杂种F₁在农艺性状上是否有差异。

1 结果与分析

1.1 发病率统计结果

对试验材料的发病率统计结果如表1, 由表1可以看出由转基因纯系植株为亲本制得的杂交种组合1到组合13的发病率低于2.2%, 有的甚至为0, 而对照的发病率高达40%。说明转基因植株杂交后代中含有的几丁质酶基因已经表达, 并提高了它们对玉米丝黑穗病的抗性。

1.2 株高和穗位高统计

在玉米授粉结束后, 测量试验组合的株高和穗位高。每个小区随机选取5株植株进行测量, 然后取平均值作为该小区的值进行统计分析(所用软件为DPS6.5), 结果如表2。

表 1 供试组合的发病率

Table 1 Head smut incidence of tested combination

| 材料编号 | 感病株数(株) | | | | 感病率(%) | 材料编号 | 感病株数(株) | | | | 感病率(%) |
|-----------------------|----------------------------------|----|----|---------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|---|---|---------------|------------------|
| The number of samples | Number of disease plants (plant) | | | | Disease rate (%) | The number of samples | Number of disease plants (plant) | | | | Disease rate (%) |
| | 1 | 2 | 3 | 均值 average | | | 1 | 2 | 3 | 均值 average | |
| 晋单 36 | 13 | 11 | 12 | 12 | 40 | 材料 7 | 0 | 1 | 1 | 0.67 | 2.2 |
| Jin Dan36 | | | | | | Cailiao 7 | | | | | |
| 材料 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 材料 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cailiao 1 | | | | | | Cailiao 8 | | | | | |
| 材料 2 | 1 | 0 | 0 | 0.33 | 1.1 | 材料 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cailiao 2 | | | | | | Cailiao 9 | | | | | |
| 材料 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 材料 10 | 1 | 0 | 1 | 0.67 | 2.2 |
| Cailiao 3 | | | | | | Cailiao 10 | | | | | |
| 材料 4 | 1 | 1 | 0 | 0.67 | 2.2 | 材料 11 | 0 | 1 | 0 | 0.33 | 2.2 |
| Cailiao 4 | | | | | | Cailiao 11 | | | | | |
| 材料 5 | 0 | 1 | 0 | 0.33 | 1.1 | 材料 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cailiao 5 | | | | | | Cailiao 12 | | | | | |
| 材料 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 材料 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cailiao 6 | | | | | | Cailiao 13 | | | | | |

表 2 供试组合的株高和穗位高统计

Table 2 Plant height and ear position of tested combination

| 材料编号 The number of samples | 株高(cm) Plant height (cm) | | | | | 穗位高(cm) Ear position (cm) | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| 晋单 36 Jindan36 | 228 | 221 | 225 | 224.7±3.5119 | a | 93.6 | 94 | 93 | 93.5±0.5033 | abc |
| 材料 1 Cailiao1 | 208.4 | 203.3 | 215.6 | 209.1±6.1798 | ab | 84.2 | 72.4 | 70.2 | 75.6±7.5286 | c |
| 材料 2 Cailiao2 | 227.4 | 223.6 | 225.8 | 225.6±1.9079 | a | 101.4 | 96 | 96.2 | 97.8±3.0616 | abc |
| 材料 3 Cailiao3 | 217.4 | 230.6 | 226.6 | 224.9±6.7686 | a | 82.4 | 107.8 | 96.6 | 95.6±12.7295 | abc |
| 材料 4 Cailiao4 | 221.9 | 230.8 | 229 | 227.2±4.7057 | a | 112.6 | 109 | 105.8 | 109.1±3.402 | ab |
| 材料 5 Cailiao5 | 241.8 | 227 | 230 | 232.9±7.8239 | a | 120.2 | 103 | 111.8 | 111.7±8.6008 | a |
| 材料 6 Cailiao6 | 219.4 | 225 | 218.6 | 221±3.4871 | ab | 93.6 | 103.2 | 87 | 94.6±8.1462 | abc |
| 材料 7 Cailiao7 | 219.8 | 227.6 | 223.4 | 223.6±3.9038 | ab | 87.8 | 96 | 98.2 | 94±5.4809 | abc |
| 材料 8 Cailiao8 | 227.6 | 218.2 | 207 | 217.6±10.3131 | ab | 101 | 71.4 | 78.8 | 83.7±15.4043 | c |
| 材料 9 Cailiao9 | 186.8 | 189.8 | 219.8 | 198.8±18.2483 | b | 82.2 | 75.8 | 92.2 | 83.4±8.2656 | c |
| 材料 10 Cailiao10 | 218.2 | 220.4 | 225.8 | 221.5±3.9107 | ab | 80.8 | 85.4 | 95.4 | 87.2±7.4646 | bc |
| 材料 11 Cailiao11 | 230.4 | 228.2 | 200.2 | 219.6±16.8369 | ab | 85.8 | 83.5 | 74.4 | 81.2±6.0285 | c |
| 材料 12 Cailiao12 | 223.4 | 228 | 224.4 | 225.2±2.4194 | a | 87.6 | 99.4 | 92.8 | 93.3±5.9138 | abc |
| 材料 13 Cailiao13 | 236 | 230.5 | 229.8 | 232.1±3.3956 | a | 114 | 108.3 | 106.4 | 109.6±3.9552 | ab |

从上表可以看出, 试验组合和对照的株高和穗位高存在明显的差异, 多数供试组合的株高和穗位高比对照要高。

1.3 考种结果

在玉米成熟后, 将其按小区收获, 待露天自然风干后, 然后进行考种。考种的项目包括穗长、穗粗、穗重、籽粒重、百粒重和穗行数六项。将每组测量值的平均数用于统计分析(所用软件为DPS6.5), 结果如表3、表4和表5。

从以上结果可以看出, 除了穗长、籽粒重和百粒重在试验材料和对照之间存在显著差异以外, 其

它农艺性状在供试组合和对照之间的差异没有达到显著水平。虽然不存在明显的差异, 但是除个别试验组合外, 大部分试验材料各项农艺性状的值都普遍高于对照。不同的试验组合之间的各个农艺性状上也存在显著差异。

1.4 小区产量统计结果

表6为试验小区的产量统计分析结果。由上表可以看出供试组合试验小区的产量都高于对照小区的产量, 其中组合1和组合8的小区产量明显高于其他供试组合的小区产量。

表 3 供试组合的穗长和穗粗统计

Table 3 Ear length and diameter of tested combination

| 材料编号 The number of samples | 穗长(cm) Ear length (cm) | | | | | 穗粗(cm) Diameter (cm) | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|------|------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值 ±标准差 Average ±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值 ±标准差 Average ±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| 晋单 36 Jindan36 | 15.8 | 15.3 | 16.5 | 15.9±0.6028 | c | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.4±0.1 | a |
| 材料 1 Cailiao1 | 19.3 | 21.1 | 21.4 | 20.6±1.1358 | a | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.7±0.1 | a |
| 材料 2 Cailiao2 | 19.7 | 18.8 | 19.7 | 19.4±0.5196 | ab | 4.6 | 4.9 | 4.6 | 4.7±0.1 | a |
| 材料 3 Cailiao3 | 18.3 | 16.5 | 20.3 | 18.4±1.9009 | abc | 4.6 | 4.9 | 4.6 | 4.7±0.1 | a |
| 材料 4 Cailiao4 | 17.9 | 17.3 | 18.1 | 17.8±0.4163 | abc | 4.7 | 4.8 | 4.9 | 4.8±0.1 | a |
| 材料 5 Cailiao5 | 16.7 | 16.8 | 18.3 | 17.3±0.8963 | bc | 4.8 | 4.5 | 4.6 | 4.6±0.1528 | a |
| 材料 6 Cailiao6 | 20.1 | 18.9 | 18.9 | 19.3±0.6928 | ab | 4.6 | 4.6 | 4.7 | 4.6±0.0577 | a |
| 材料 7 Cailiao7 | 19.6 | 17.7 | 19.6 | 18.9±1.097 | ab | 4.4 | 4.6 | 4.8 | 4.6±0.2 | a |
| 材料 8 Cailiao8 | 19 | 18.4 | 20.7 | 19.4±1.193 | ab | 4.6 | 4.7 | 5 | 4.8±0.2028 | a |
| 材料 9 Cailiao9 | 19.6 | 19.1 | 18.3 | 19±0.6557 | ab | 4.9 | 4.5 | 4.8 | 4.7±0.2028 | a |
| 材料 10 Cailiao10 | 17.3 | 17.3 | 17.6 | 17.4±0.1732 | bc | 4 | 4.2 | 4.6 | 4.3±0.3055 | a |
| 材料 11 Cailiao11 | 19.1 | 17.3 | 17.9 | 18.1±0.9165 | abc | 4.8 | 4.3 | 4.2 | 4.4±0.3215 | a |
| 材料 12 Cailiao12 | 18.4 | 19.9 | 18 | 18.8±1.0017 | ab | 4.2 | 4.7 | 4.6 | 4.5±0.2646 | a |
| 材料 13 Cailiao13 | 16.2 | 18.4 | 17.4 | 17.3±1.1015 | bc | 4.6 | 5.1 | 4.5 | 4.7±0.3215 | a |

表 4 供试组合的穗重和籽粒重

Table 4 Ear weight and grain weight of tested combination

| 材料编号 The number of samples | 穗重(g) Ear weight (g) | | | | | 籽粒重(g) Grain weight (g) | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------|------------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值 ±标准差 Average ±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值 ±标准差 Average ±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| 晋单 36 Jindan36 | 139.3 | 117.4 | 161.7 | 139.5±22.1505 | ab | 116.4 | 97.3 | 136 | 116.6±19.305 | b |
| 材料 1 Cailiao1 | 215.4 | 187.8 | 194.2 | 199.1±14.4462 | a | 177.5 | 155.4 | 161.3 | 164.7±11.443 | a |
| 材料 2 Cailiao2 | 173.8 | 188.5 | 170.7 | 177.7±9.5091 | ab | 143.8 | 155.1 | 138.4 | 145.8±8.5291 | ab |
| 材料 3 Cailiao3 | 186.5 | 170.6 | 173.9 | 177±8.3911 | ab | 155.3 | 138.9 | 135.7 | 143.3±10.5148 | ab |

续表 4
Continuing table 4

| 材料编号 The number of samples | 穗重(g) Ear weight (g) | | | | | 籽粒重(g) Grain weight (g) | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------|----------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| | 材料 4 Cailiao4 | 165.3 | 175.2 | 198.9 | 179.8±17.2659 | ab | 139.5 | 146.5 | 160.2 | 148.7±10.5292 |
| 材料 5 Cailiao5 | 178.4 | 171.8 | 161.3 | 170.5±8.6238 | ab | 146.8 | 139.4 | 135.6 | 140.6±5.6956 | ab |
| 材料 6 Cailiao6 | 168.9 | 171.6 | 161.9 | 167.5±5.0063 | ab | 130 | 143.3 | 132.4 | 135.2±7.083 | ab |
| 材料 7 Cailiao7 | 170.6 | 147.2 | 183.2 | 167±18.268 | ab | 136.4 | 114.8 | 141.7 | 130.9±14.2493 | ab |
| 材料 8 Cailiao8 | 184.1 | 196.1 | 217.1 | 199.1±29.5691 | a | 148.4 | 154.2 | 169 | 157.1±20.55 | a |
| 材料 9 Cailiao9 | 201.5 | 172.6 | 167.1 | 180.4±18.4789 | ab | 154.6 | 137.5 | 134.2 | 142.1±10.9503 | ab |
| 材料 10 Cailiao10 | 125.8 | 128.6 | 145.1 | 133.2±10.429 | b | 104.5 | 107.1 | 117.9 | 109.8±7.1059 | b |
| 材料 11 Cailiao11 | 188.9 | 140.3 | 144.9 | 158±26.8301 | ab | 152.4 | 109.8 | 122.9 | 128.4±21.8198 | ab |
| 材料 12 Cailiao12 | 147.4 | 200.9 | 146.2 | 164.8±31.2404 | ab | 124.3 | 166.6 | 120.5 | 137.1±25.5895 | ab |
| 材料 13 Cailiao13 | 164 | 220.5 | 161.1 | 181.9±33.4889 | ab | 139.1 | 162.1 | 130 | 143.7±16.544 | ab |

表 5 供试组合的百粒重和行数统计

Table 5 One hundred kernel weight and ear row number of tested combination

| 材料编号 The number of samples | 百粒重(g) One hundred kernel weight (g) | | | | | 行数(行) Ear row number (row) | | | | |
|----------------------------------|---|------|------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------|------|----------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| | 晋单 36 Jindan36 | 26.1 | 22.1 | 28.2 | 25.5±3.0989 | b | 15.5 | 16.5 | 16.8 | 16.3±0.6807 |
| 材料 1 Cailiao1 | 31.1 | 32.1 | 37.4 | 33.5±3.3858 | ab | 17.2 | 15.5 | 15 | 15.9±1.1533 | ab |
| 材料 2 Cailiao2 | 30.8 | 34.6 | 32.3 | 32.6±1.914 | ab | 15 | 17 | 16.3 | 16.1±1.0149 | ab |
| 材料 3 Cailiao3 | 35.7 | 34.3 | 35.4 | 35.1±0.7371 | ab | 14.3 | 16.3 | 14.6 | 15.1±1.0786 | ab |
| 材料 4 Cailiao4 | 29.3 | 34.4 | 33.6 | 32.4±2.7429 | ab | 15.5 | 15.8 | 14.6 | 15.3±0.6245 | ab |
| 材料 5 Cailiao5 | 34.2 | 32.1 | 28.9 | 31.7±2.669 | ab | 18 | 13.7 | 16.4 | 16±2.1733 | ab |
| 材料 6 Cailiao6 | 34.3 | 31.3 | 26.8 | 30.8±3.7749 | ab | 15.7 | 15.9 | 15.3 | 15.6±0.3055 | ab |
| 材料 7 Cailiao7 | 31.1 | 32.9 | 31.1 | 31.7±1.0392 | ab | 15.5 | 15 | 16.9 | 15.8±0.9849 | ab |

续表 5
Continuing table 5

| 材料编号 The number of samples | 百粒重(g) One hundred kernel weight (g) | | | | | 行数(行) Ear row number (row) | | | | |
|-------------------------------|---|------|------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|------|------|----------------------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| 材料 8 Cailiao8 | 34.6 | 34 | 37 | 35.2±1.5875 | ab | 16.5 | 16.7 | 16.5 | 16.6±0.1155 | a |
| 材料 9 Cailiao9 | 46.9 | 35.9 | 31.9 | 38.2±7.7675 | a | 17.5 | 14.5 | 16.4 | 16.1±1.5177 | ab |
| 材料 10 Cailiao10 | 30.2 | 31.2 | 33.8 | 31.7±1.8583 | ab | 13 | 12.9 | 13.1 | 13±0.1 | b |
| 材料 11 Cailiao11 | 33.4 | 31.8 | 33.8 | 33±1.0583 | ab | 17.1 | 16.2 | 13.2 | 15.5±2.0421 | ab |
| 材料 12 Cailiao12 | 28.1 | 38.1 | 26.4 | 30.9±6.3217 | ab | 15 | 14 | 16.2 | 15.1±1.1015 | ab |
| 材料 13 Cailiao13 | 26.5 | 33.7 | 31.1 | 30.4±3.646 | ab | 16.6 | 15.5 | 15.7 | 15.9±0.5859 | ab |

表 6 小区产量统计结果
Table 6 Statistical results of plot yield

| 材料编号 The number of samples | 小区产量(g) Plot yield (g) | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------|--------|----------------------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 均值±标准差 Average±SD | 5%显著水平 5% significant level |
| 晋单 36 Jin Dan36 | 1978.8 | 1848.4 | 12448 | 2091.7±315.3498 | c |
| 材料 1 Cailiao 1 | 5325 | 4662 | 4839 | 4942±343.2914 | a |
| 材料 2 Cailiao 2 | 4170.2 | 4653 | 4152 | 4325.1±284.1443 | ab |
| 材料 3 Cailiao 3 | 4659 | 4167 | 4071 | 4299±315.4425 | ab |
| 材料 4 Cailiao 4 | 4045.5 | 4248.5 | 4806 | 4366.7±393.7799 | ab |
| 材料 5 Cailiao 5 | 4404 | 4042.6 | 4068 | 4171.5±201.7222 | ab |
| 材料 6 Cailiao 6 | 3900 | 4299 | 3972 | 4057±212.6476 | ab |
| 材料 7 Cailiao 7 | 4092 | 3329.2 | 4109.3 | 3843.5±445.4808 | ab |
| 材料 8 Cailiao 8 | 4452 | 4628 | 5070 | 4716.7±318.3981 | a |
| 材料 9 Cailiao 9 | 4638 | 4125 | 4026 | 4263±328.5103 | ab |
| 材料 10 Cailiao 10 | 3030.5 | 3213 | 3419.1 | 3220.9±194.4195 | bc |
| 材料 11 Cailiao 11 | 4572 | 3184.2 | 3687 | 3814.4±702.6168 | ab |
| 材料 12 Cailiao 12 | 3729 | 4998 | 3615 | 4114±767.6855 | ab |
| 材料 13 Cailiao 13 | 4173 | 4863 | 3900 | 4312±496.3195 | ab |

2讨论

通过对植株进行田间发病率的调查、株高和穗位高的统计、考种结果和小区产量统计分析, 从13个供试组合中选出两个各种农艺性状优良的杂交组合, 分别是组合1 (2008060×海92-1(chi))、组合8 (2008066×海92-1(chi))。

本研究以转基因玉米株系的杂交后代为试验材料, 进行了抗丝黑穗病和农艺性状的调查, 通过将其与对照的对比可知, 外源基因导入玉米自交系后对其进行杂交组合有显著影响, 多数转基因玉米株系的杂交组合在抗病性上显著高于对照, 并有部分组合的农艺性状优于对照, 表明采用基因工程的方法培育具有抗病性的优良玉米新品种是可行的; 同时我们观察到同一基因型的不同转基因植株杂交后代的部分农艺性状之间也有显著的差异。这些差异可能是由于外源基因的整合位点和拷贝数不同而引起的(Scott et al., 1998; 张举仁等, 2003; Li et al., 2002; Yin et al., 2004)。

杂种优势利用是玉米增产的重要途径之一。育种实践证明, 由于不同亲本间有不同的配合力, 因此亲本自身表现与其杂交组合的表现往往并不一致(孔繁玲, 2005)。因此, 在以优良玉米自交系为受体进行的转基因育种时, 先要获得较多的转基因玉米株系, 然后根据育种目标选出目标性状优良的转基因株系, 在此基础上对所选出的株系进行配合力的测定, 才可望较快获得各种农艺性状优良的转基因优良杂交种(杜建中等, 2007)。

3实验材料和方法

3.1实验材料

用玉米自交系金黄96C的13个不同转基因系作母本, 自交系‘海92-1’转基因系作父本进行杂交组配得到的杂交组合即为试验材料(如表7)。所用的转基因系‘海92-1’和金黄96C均由本实验室培育和保存。转基因玉米系‘海92-1’含有外源几丁质酶基因, 其对玉米丝黑穗病具有一定抗性, 转基因纯系材料金黄96C含有外源RDV MP-基因, 其对玉米矮花叶病具有一定抗性。用玉米杂交种晋单36作为对照。晋单36是以金黄96C作母本, ‘海92-1’作父本杂交组配而成。

3.2实验方法

将上一年经过杂交组配得到的杂交组合和对照晋单36一起种入大田。在播种时将种子上覆盖一层含有丝黑穗病菌的菌土。试验地分小区种植, 每小区种植一份材料, 分两行各留30株, 行距0.5 m, 株距0.25 m, 密度为80 000万株/公顷。试验设三次重复, 播种后按常规管理, 在玉米授粉结束后, 调查植株的株高和穗位高和丝黑穗病发病株数。玉米成熟后, 按小区收获, 统计每小区的产量, 对收获的玉米穗进行考种, 考种的项目包括穗长、穗粗、穗重、籽粒重、百粒重、穗行数。然后对实验结果进行统计分析。

表7 供试组合

Table 7 Tested combination

| 材料编号 | 母本 | 父本 | 材料编号 | 母本 | 父本 |
|-----------------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------|--------------|
| The number of samples | Female parent | Male parent | The number of samples | Female parent | Male parent |
| 晋单 36 | 金黄 96C | 海 92-1 | 材料 7 | 2008065 | 海 92-1(chi) |
| Jindan36 | Jing Huang96C | Hai92-1 | Cai liao7 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 1 | 2008060 | 海 92-1(chi) | 材料 8 | 2008066 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 1 | | Hai92-1(chi) | Cai liao8 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 2 | 2008061 | 海 92-1(chi) | 材料 9 | 2008070 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 2 | | Hai92-1(chi) | Cai liao9 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 3 | 2008069 | 海 92-1(chi) | 材料 10 | 2008073 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 3 | | Hai92-1(chi) | Cai liao10 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 4 | 2008186 | 海 92-1(chi) | 材料 11 | 2008076 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 4 | | Hai92-1(chi) | Cai liao11 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 5 | 2008187 | 海 92-1(chi) | 材料 12 | 2008183 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 5 | | Hai92-1(chi) | Cai liao12 | | Hai92-1(chi) |
| 材料 6 | 2008063 | 海 92-1(chi) | 材料 13 | 2008184 | 海 92-1(chi) |
| Cailiao 6 | | Hai92-1(chi) | Cai liao13 | | Hai92-1(chi) |

作者贡献

王铭和张婷婷是本研究的实验设计和实验研究的执行人; 王铭完成数据统计, 论文初稿的写作; 王铭和杜建中参与实验设计, 试验结果分析; 孙毅是项目的构思者及负责人, 指导实验设计, 数据分析, 论文写作和修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由国家转基因生物新品种培育重大专项重点课题(2009ZX08003-017B)资助。

参考文献

- Du J.Z., Sun Y., Duan Y.H., Hao Y.S., and He J., 2008, Selection breeding of transgenic maize lines and their performance of agronomic characters, *Shengwu Jisu Tongxun (Letters In Biotechnology)*, 19(6): 877-881 (杜建中, 孙毅, 段永红, 郝曜山, 贺健, 2008, 转基因玉米株系纯合系选育及其农艺性状表现, *生物技术通讯*, 19(6): 877-881)
- Du J.Z., Sun Y., Wang J.X., Hao Y.S., and Lei H.Y., 2008, Studies on inheritance expression of transgenic maize and their resistance against maize dwarf mosaic virus, *Shengwu Jisu Tongxun (Letters In Biotechnology)*, 19(1): 43-46 (杜建中, 孙毅, 王景雪, 郝曜山, 雷海英, 2008, 转基因抗矮花叶病玉米的遗传、表达及抗病性研究, *生物技术通讯*, 19(1): 43-46)
- Du J.Z., Sun Y., Wang J.X., Hao Y.S., Liu L.L., and Li R.K., 2007, Studies on inheritance expression and selection breeding of resistance to heat smut in transgenic maize, *Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plants Breeding)*, 5(4): 467-474 (杜建中, 孙毅, 王景雪, 郝曜山, 刘龙龙, 李润开, 2007, 转基因抗丝黑穗病玉米的遗传、表达及选育研究, *分子植物育种*, 5(4): 467-474)
- Du J.Z., Sun Y., Wang J.X., Xie L.Q., Hao Y.S., and He J., 2008, Obtain transgenic disease-resistant plants using transformation maize inbred with pollen-mediated, *Zhongguo Nongxue Tongbao (Chinese Agricultural Science Bulletin)*, 24(5): 79-82 (杜建中, 孙毅, 王景雪, 谢丽琴, 郝曜山, 贺健, 2008, 基于花粉介导法转化的玉米自交系抗病植株的获得, *中国农学通报*, 24(5): 79-82)
- Fromm M.E., Morrish F., Armstrong C., Williams R., Thomas J., and Klein T.M., 1990, Inheritance and expression of chimeric genes in the progeny of transgenic maize plants, *Biotechnology*, 8: 833-839
- Kong F.L., eds., 2005, *Quantitative genetics in plants*, China Agricultural University Press, Beijing, China, pp.160-285 (孔繁玲, 编著, 2005, *植物数量遗传学*, 中国农业大学出版社, 中国, 北京, pp.160-285)
- Li G.S., Zhang Q.W., Bi Y.P., Shan L., and Zhang J.R., 2002, Establishment of multiple shoot clumps from maize (*Zea mays* L.) and regeneration of herbicide-resistant transgenic plantlets, *Science in China (Series C)*, 45(1): 40-49
- Liang M.X., Li J.F., Xu X.Y., and Zhang Y., 2004, Chitinases and its application in anti-fungal gene engineering, *Heilongjiang Nongye Kexue (Heilongjiang Agricultural Sciences)*, (5): 29-31 (梁美霞, 李景富, 许向阳, 张玉, 2004, 几丁质酶基因在植物抗真菌病基因工程中的应用, *黑龙江农业科学*, (5): 29-31)
- Scott A., Woodfield D., and White D.W.R., 1998, Allelic composition and genetic background effects on transgene expression and inheritance in white clover, *Molecular Breeding*, 6: 79-490
- Wang G.L., and Fang H.J., eds., 2002, *Plant genetic engineering (Second Edition)*, Science Press, Beijing, China, pp.638-661 (王关林, 方宏筠, 编著, 2002, *植物基因工程(第二版)*, 科学出版社, 中国, 北京, pp.638-661)
- Wang J.X., Sun Y., Cui G.M., and Hu J.J., 2001, Transgenic maize plants obtained by pollen-mediated transformation, *Zhiwu Xuebao (Acta Botanica Sinica)*, 43(3): 275-279 (王景雪, 孙毅, 崔桂梅, 胡晶晶, 2001, 花粉介导法获得玉米转基因植株, *植物学报*, 43(3): 275-279)
- Yang A.F., Zhang K.W., Yin X.Y., and Zhang J.R., 2007, Agronomic traits and combining ability analysis of salt enduring transgenic maize, *Zhongguo Nongye Kexue (Scientia Agricultura Sinica)*, 40(12): 2895-2902 (杨爱芳, 张可炜, 尹小燕, 张举仁, 2007, 转基因耐盐玉米自交系的农艺性状及杂种优势表现的分析, *中国农业科学*, 40(12): 2895-2902)
- Yin X.Y., Yang A.F., Zhang K.W., and Zhang J.R., 2004, Production and analysis of transgenic maize with improved salt tolerance by the introduction of *AtNHX1* gene, *Acta Botanica Sinica*, 46: 854-861
- Zhang J.R., Zhang K.W., Yang A.F., and Yin X.Y., 2003, Establishment of genetic transformation system of maize and genetic engineering breeding, *Lanzhou Daxue Xuebao (Journal of Lanzhou University)*, 39(S): 57-64 (张举仁, 张可炜, 杨爱芳, 尹小燕, 2003, 玉米遗传转化体系建立和基因工程育种, *兰州大学学报*, 39(增刊): 57-64)