

## 覆砂厚度对玉米半粒种子发芽特性的影响\*

李 华, 康志钰\*\*

(云南农业大学 农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 为了加快玉米品质育种进程, 在作物育种中往往将种子横切为两半, 用带胚的半粒种子进行繁殖, 不带胚的半粒种子用于品质分析, 便于优质品种选育。研究以3个玉米品种为材料, 将部分种子横切, 以整粒玉米种子及半粒玉米种子不覆砂分别为对照1 (CK<sub>1</sub>) 和对照2 (CK<sub>2</sub>), 对半粒种子分别覆砂1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 进行发芽试验, 测定发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、发芽速率、峰值、平均发芽率、发芽值等发芽特性, 研究覆砂厚度对半粒玉米种子发芽特性的影响。结果表明半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、发芽指数、峰值、平均发芽率、发芽值最高; 半粒玉米种子覆砂1 cm的各项发芽特性与对照差异不显著。覆砂3 cm以上, 发芽特性明显降低。说明采用玉米半粒种子进行繁殖是可行的, 但为了保证出苗率, 覆砂不宜过厚。

**关键词:** 玉米; 半粒种子; 发芽特性

中图分类号: S 513.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X (2009) 04-0528-06

## Effect of Sand Layer Thickness on Seed Germination of Maize Half-seed

LI Hua, KANG Zhi-yu

(College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** In crop quality breeding, the seed is often cut into two halves. One part with embryo is used to reproduce new seeds, while the other part without embryo is used to analyze quality parameters. Three different maize varieties were used to test seed germination characteristics. A part of seeds of each variety were cut into halves along side. In the study, the whole seeds was taken as CK<sub>1</sub>, the half-seeds without sand cover as CK<sub>2</sub> and the other half-seeds were covered with the 1cm, 2cm, 3cm and 4cm thick layers of sand, respectively. The seeds germination characteristics such as germination energy, germination rate, germination index, vigor index, germination speed, maximum value, and average germination rate and germination value were tested. Then the effect of different sand layer thickness was studied on seed germination of maize half-seed. The result indicated that the germination energy, germination rate, germination index, maximum value, average germination rate and germination value of maize half-seeds without sand covering were the highest. There was no obvious difference of germination characteristics between the materials covered with 1cm thick sand and CK. When the half-seeds were covered with above 3cm thick layers of sand, the germination characteristics decreased clearly. So it is feasible to use the half-seeds to reproduce new seeds, but the sand shouldn't be covered too deep to ensure the rate of emergence.

**Key words:** maize; half-seeds; germination character

收稿日期: 2008-07-09 修回日期: 2008-11-12

\* 基金项目: 云南省自然科学基金项目资助 (2004C0004R)。

作者简介: 李华 (1984-), 女, 云南迪庆人, 在读硕士研究生, 主要从事作物遗传育种研究。

E-mail: li\_hua\_07@126.com

\*\* 通讯作者 Corresponding author: 康志钰 (1971-), 男, 甘肃临夏人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事作物遗传育种及种子科学与工程专业教学与科研工作。E-mail: zhiyukang@163.com

种子发芽特性主要由种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、发芽速率、峰值、平均发芽率、发芽值等组成。采用砂床为发芽床进行发芽试验对玉米种子发芽特性分析, 透气性好<sup>[1]</sup>, 且能在较短的时间内对种子的健壮度、种用价值及最佳发芽覆砂深度做出切合实际的判断, 对我国农业生产具有重要的生产实践指导意义。在育种过程中, 既想加快繁殖进度, 又想及时测定材料的品质状况, 但在育种早期, 往往由于种子数量很少, 难以达到这一要求。在育种实践中, 可以将种子横切, 用带胚的半粒种子进行繁殖, 用不带胚的半粒种子进行品质分析<sup>[2~7]</sup>, 既能保证升代繁殖, 又能测定出品质数据。目前有关玉米种子发芽特性方面的研究已有一些报道<sup>[8~19]</sup>, 但半粒玉米种子发芽特性的研究很少。为此, 本研究在不同覆砂厚度条件下对半粒玉米种子的各项发芽特性进行了测定, 以研究覆砂厚度对半粒玉米种子发芽特性的影响, 为加快玉米品质育种进程及用半粒玉米种子繁殖过程中的覆土厚度提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

在云南省收集的罗单三号、海禾一号、会单四号 3 个玉米品种的种子。

### 1.2 方 法

该试验在云南农业大学农学与生物技术学院种子学实验室进行, 按标准发芽法<sup>[20]</sup>, 采用砂床为发芽床, 对 3 个玉米品种进行试验, 每个品种设有 6 个处理: CK<sub>1</sub> (整粒玉米种子不覆砂)、CK<sub>2</sub> (半粒玉米种子不覆砂)、半粒玉米种子覆砂 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 每处理 3 次重复, 每重复 100 粒种子。

#### 1.2.1 试 验 准 备

每个品种随机取 2 000 粒左右的玉米净种子浸泡 1 夜。

将用清水洗过的湿砂放在白瓷盘内摊薄在高温 (约 130 ℃) 下烘干约 2 h。

取孔径为 0.8 mm 和 0.05 mm 的圆孔筛两个, 将烘干的砂子过筛, 取出二层筛之间的砂粒作为发芽床。

分别计算出发芽盒内 2 cm 砂的重量, 覆砂 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm 砂的重量。

#### 1.2.2 试 样 处 理

分别称取计算好的 2 cm 砂的重量, 用水和湿后分别置于 18 个发芽盒内。

首先随机数取浸泡好的罗单三号玉米种子 300 粒, 分别置于 3 个装好 2 cm 厚湿砂的发芽盒内不覆砂, 每盒 100 粒为 CK<sub>1</sub>。然后再随机数取浸泡好的玉米净种子 1 500 粒, 沿胚顶部横切 (用有胚半粒种子进行试验), 将横切后有胚半粒种子分别置于 15 个装好 2 cm 厚湿砂的发芽盒内, 每盒 100 粒, 每 3 盒做同样处理: 不覆砂 (为 CK<sub>2</sub>), 覆砂 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm。

海禾一号、会单四号分别重复以上的步骤。

#### 1.2.3 粘 贴 标 签

一个品种每个处理的 3 个重复做好后, 在发芽盒的侧面贴上标签, 注明品种名称、编号、覆砂厚度、重复次数、置床日期等, 然后盖好盖子。

#### 1.2.4 置 箱 培 养

按规定将发芽箱调至玉米种子砂床发芽所需的温度 20 ℃, 然后将贴好标签的发芽盒放进发芽箱里进行恒温培养。

#### 1.2.5 管 理 检 查

在种子发芽期间, 每天检查发芽试验状况, 以保持适宜的发芽条件。经常少量的浇水保持适宜的发芽水分。如发现霉菌滋生, 则及时取出发霉种子洗涤去霉。

#### 1.2.6 观 察 记 录

按规定从第 2 d 起每天记录发芽数, 至第 7 d 结束。结束时测苗高及统计正常幼苗等。

#### 1.2.7 整 理 计 算

对所记录的数据进行整理计算发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、发芽速率、峰值、平均发芽率、发芽值 8 项发芽特性<sup>[21,22]</sup>:

发芽势 (%) = [发芽初期 (第 4 d) 正常发芽种子数/供试种子数] × 100

发芽率 (%) = [发芽终期 (第 7 d) 正常发芽种子数/供试种子数] × 100

发芽指数 (GI) =  $\sum (Gt/Dt)$

活力指数 (VI) = GI × S

发芽速率 (日) =  $\sum (Gt \times Dt) / \text{发芽率}$

峰值 (PV) = 达峰值的累计发芽率/达峰值的天数

平均发芽率 (MDG) = 总发芽率/发芽结束时的天数

发芽值 (GV) = PV × MDG

Gt: 在 7 日内的发芽数; DtL 发芽日数; S: 幼苗长度 (cm)。

## 2 结果与分析

对各项试验结果进行方差分析<sup>[23,24]</sup>。

### 2.1 品种间和处理间各项发芽特性的差异显著性

分析

从表 1 可看出发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、发芽速率、峰值、平均发芽率、发芽值各项发芽特性不同覆砂厚度间差异极显著。覆砂厚度对玉米半粒种子的发芽特性的影响达极显著水平。罗单三号、海禾一号、会单四号 3 个玉米品种间的各项发芽特性差异极显。

表 1 方差分析表

Tab. 1 Analysis of variance

指标 index	发芽势 germination energy	发芽率 germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率 average germination percentage	发芽值 germination value
F 值(品种间) F value(among varieties)	220.53 **	147.89 **	174.03 **	155.70 **	19.38 **	54.28 **	165.48 **	83.55 **
F 值(处理间) F value(among treatment)	16.46 **	12.04 **	49.17 **	51.49 **	18.68 **	41.31 **	11.67 **	41.46 **

注: \*\* 表示 0.01 水平差异显著性

Note: \*\* show the significant difference at 0.01 level.

### 2.2 多重比较分析

#### 2.2.1 品种间各项发芽特性的多重比较分析

表 2 个品种内的平均值与品种间的多重比较

Tab. 2 Species with an average multiple of the inter-species comparison

品种 variety	发芽势/% germination energy	发芽率/% germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率/% average germination percentage	发芽值 germination value
罗单三号 (Luodan No. 3)	71.547 (a/A)	73.701 (a/A)	40.8956 (a/A)	508.48 (a/A)	1.37556 (b/B)	65.222 (a/A)	13.0478 (a/A)	864.16 (a/A)
海禾一号 (Haihe No. 1)	71.601 (a/A)	72.952 (a/A)	39.2072 (a/A)	414.25 (b/B)	1.50222 (b/B)	58.833 (b/A)	12.9994 (a/A)	781.71 (a/A)
会单四号 (Huidan No. 4)	51.839 (b/B)	54.602 (b/B)	25.9356 (b/B)	299.29 (c/C)	1.81333 (a/A)	35.194 (c/B)	9.4361 (b/B)	353.87 (b/B)

注: a, b, c, d 和 A, B, C, D 分别表示 0.05 和 0.01 水平的多重比较, 下同。

Note: a, b, c, d and A, B, C, D show the multiple comparison of 0.05 level and 0.01 level, the same as below.

从表 2 可以看出, 罗单三号、海禾一号的发芽势、发芽率、发芽指数、发芽速率、平均发芽率、发芽值间差异不显著, 而会单四号与罗单三号、海禾一号的各项发芽特性间差异极显著。

#### 2.2.2 处理间各项发芽特性的多重比较分析

从表 3 可得出不同覆砂厚对各项发芽特性的影响: 半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、发芽指数、峰值、平均发芽率、发芽值最高, 半粒玉米种子覆砂 1 cm 的活力指数最高, 半粒玉米种子覆砂 4 cm 的发芽速率最高。半粒玉米种子覆

砂 1 cm 与整粒玉米种子不覆砂、半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、活力指数、平均发芽率间差异不显著; 半粒玉米种子覆砂 1 cm 与半粒玉米种子不覆砂的发芽指数、发芽速率、峰值、发芽值间差异不显著。半粒玉米种子覆砂 3 cm, 4 cm 的各项发芽特性与对照差异极显著。

#### 2.2.3 罗单三号各项发芽特性的多重比较分析

从表 4 可看出: 罗单三号半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、发芽指数、峰值、平均发芽率、发芽值最高, 半粒玉米种子覆砂 1 cm 的活

力指数最高, 半粒玉米种子覆砂 4 cm 的发芽速率最高。半粒玉米种子覆砂 1 cm 的各项发芽特性与对照差异不显著。各项发芽特性的多重比较与 3 个品种的总的变化趋势相同。

表 3 3 个玉米品种各项发芽特性处理内的总平均值与处理间的多重比较

Tab. 3 Three varieties of maize to deal with summation average of dealing with multiple comparisons

处理 treatment	发芽势/% germination energy	发芽率/% germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率/% average germination percentage	发芽值 germination value
CK1	67.437 (ab/AB)	69.874 (ab/A)	38.460 (b/AB)	466.59 (a/A)	1.4622 (c/B)	57.444 (b/B)	12.3333 (ab/A)	722.67 (b/B)
CK2	69.154 (a/A)	71.290 (a/A)	41.512 (a/A)	461.58 (a/A)	1.2256 (d/C)	76.778 (a/A)	12.5389 (a/A)	990.67 (a/A)
1	69.061 (a/A)	70.249 (ab/A)	40.743 (ab/A)	496.64 (a/A)	1.2100 (d/C)	72.667 (a/A)	12.4133 (ab/A)	947.41 (a/A)
2	64.628 (b/BC)	67.100 (bc/AB)	35.244 (c/B)	404.04 (b/B)	1.6900 (b/AB)	47.722 (c/B)	11.8256 (bc/AB)	600.93 (c/B)
3	61.248 (c/CD)	64.000 (c/BC)	29.872 (d/C)	338.96 (c/C)	1.8756 (ab/A)	34.944 (d/C)	11.3167 (c/BC)	412.48 (d/C)
4	58.444 (c/D)	59.997 (d/C)	26.244 (e/D)	276.24 (d/D)	1.9189 (a/A)	28.944 (d/C)	10.5389 (d/C)	325.32 (d/C)

注: CK1: 整粒种子; CK2: 不覆砂的半粒种子; 1, 2, 3 和 4: 覆砂厚度分别为 1 cm, 2 cm, 3 cm 和 4 cm 的半粒种子, 下同。

Note: CK1: whole seed; CK2: half-seed without sand cover; 1, 2, 3 and 4: half seeds with covering 1 cm, 2 cm, 3 cm and 4 cm thick layers of sand, the same as below.

表 4 罗单三号各项发芽特性处理内的平均值与处理间的多重比较

Tab. 4 Luodan No. 3 germination characteristics to deal with an average of dealing with multiple comparisons

处理 treatment	发芽势/% germination energy	发芽率/% germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率/% average germination percentage	发芽值 germination value
CK1	72.903 (a/A)	76.273 (a/AB)	40.8233 (c/C)	499.38 (c/BC)	1.4333 (bc/AB)	60.667 (c/C)	13.4767 (a/A)	817.18 (c/C)
CK2	77.120 (a/A)	79.660 (a/A)	46.8100 (a/A)	559.25 (b/AB)	1.1233 (d/B)	90.000 (a/A)	13.8100 (a/A)	1242.61 (a/A)
1	74.740 (a/A)	76.357 (a/AB)	45.3333 (ab/AB)	621.22 (a/A)	1.1400 (d/B)	85.000 (a/AB)	13.4300 (a/A)	1141.88 (ab/AB)
2	73.703 (a/A)	75.327 (a/AB)	43.3333 (b/BC)	554.13 (b/AB)	1.2067 (cd/B)	76.00 (b/B)	13.2867 (a/AB)	1010.65 (b/B)
3	64.907 (b/B)	68.420 (b/BC)	36.6000 (d/D)	450.10 (c/C)	1.5700 (ab/A)	51.333 (d/C)	12.3300 (b/B)	634.17 (d/C)
4	65.907 (b/B)	66.170 (b/C)	32.4733 (e/E)	366.83 (d/D)	1.7800 (a/A)	28.333 (e/D)	11.9533 (b/BC)	338.46 (e/D)

2.2.4 海禾一号各项发芽特性的多重比较分析

从表 5 可看出: 海禾一号半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、发芽指数、峰值、发芽值最高, 整粒玉米种子不覆砂的活力指数、平均发芽率最高, 半粒玉米种子覆砂 3 cm 的发芽速率最高。半粒玉米种子覆砂 1 cm 的各项发芽特性与对

照差异不显著。半粒玉米种子覆砂 4 cm 的各项发芽特性与对照差异极显著。各项发芽特性的多重比较与 3 个品种的总的变化趋势大体相同。

2.2.5 会单四号各项发芽特性的多重比较分析

从表 6 可看出: 会单四号半粒玉米种子不覆砂的发芽率、发芽指数、峰值、平均发芽率、发

芽值最高, 整粒玉米种子不覆砂的活力指数最高, 半粒玉米种子覆砂 1 cm 的发芽势最高, 半粒玉米种子覆砂 2 cm 的发芽速率最高。半粒玉米种子覆砂 1 cm 的各项发芽特性与对照差异不显著。半粒

玉米种子覆砂 4 cm 的各项发芽特性与对照差异极显著。各项发芽特性的多重比较与 3 个品种的总的变化趋势大体相同。

表 5 海禾一号各项发芽特性处理内的平均值与处理间的多重比较

Tab. 5 Haihe No. 1 germination characteristics to deal with an average of dealing with multiple comparisons

处理 treatment	发芽势/% germination energy	发芽率/% germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率/% average germination percentage	发芽值 germination value
CK1	73.823 (a/AB)	76.130 (a/A)	44.147 (a/A)	498.10 (a/A)	1.4000 (ab/AB)	66.000 (bAB)	13.4300 (a/A)	888.4 (b/AB)
CK2	73.633 (a/AB)	74.220 (a/AB)	44.187 (a/A)	451.86 (b/B)	1.1500 (b/B)	82.000 (ab/A)	13.1867 (a/AB)	1082.4 (ab/A)
1	74.683 (a/A)	75.490 (a/A)	44.843 (a/A)	493.29 (a/AB)	1.1600 (b/B)	83.333 (a/A)	13.3800 (a/A)	1181.3 (a/A)
2	73.703 (ab/AB)	72.023 (ab/AB)	38.923 (b/B)	405.83 (c/C)	1.6367 (a/AB)	47.000 (c/BC)	12.8567 (ab/AB)	603.1 (c/BC)
3	70.357 (ab/AB)	72.367 (ab/AB)	33.327 (c/C)	346.24 (d/D)	1.8367 (a/A)	32.000 (c/C)	12.9533 (a/AB)	415.2 (c/C)
4	71.147 (b/B)	67.483 (b/B)	29.817 (c/C)	290.20 (e/E)	1.8300 (a/A)	42.667 (c/BC)	12.1900 (b/B)	519.8 (c/C)

表 6 会单四号各项发芽特性处理内的平均值与处理间的多重比较

Tab. 6 Huidan No. 4 germination characteristics to deal with an average of dealing with multiple comparisons

处理 treatment	发芽势/% germination energy	发芽率/% germination percentage	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index	发芽速率 germination rate	峰值 peak	平均发芽率/% average germination percentage	发芽值 germination value
CK1	55.583 (ab/A)	57.220 (a/AB)	30.410 (ab/A)	402.29 (a/A)	1.5533 (b/AB)	45.667 (a/AB)	10.0933 (a/AB)	462.5 (ab/AB)
CK2	56.710 (ab/A)	59.990 (a/A)	33.540 (a/A)	373.63 (a/AB)	1.4033 (b/B)	58.333 (a/A)	10.6200 (a/A)	647.0 (a/A)
1	57.760 (a/A)	58.900 (a/AB)	32.053 (a/A)	375.41 (a/AB)	1.3300 (b/B)	49.66 (a/AB)	10.4300 (a/A)	519.0 (a/AB)
2	49.823 (bc/AB)	53.950 (ab/AB)	23.477 (bc/AB)	252.15 (b/BC)	2.2267 (a/A)	20.167 (b/BC)	9.3333 (ab/AB)	189.0 (bc/B)
3	47.690 (c/AB)	51.213 (ab/AB)	19.690 (c/B)	220.54 (b/C)	2.2200 (a/A)	21.500 (b/BC)	8.6667 (ab/AB)	188.1 (bc/B)
4	43.467 (c/B)	46.337 (b/B)	16.443 (c/B)	171.70 (b/C)	2.1467 (a/A)	15.833 (b/C)	7.4733 (b/B)	117.7 (b/B)

### 3 讨论

在该试验的过程中发现相同玉米品种体积大的种子其各项指标都比较高, 发芽特性和活力较好。这与石海春、柯永培、刘帆等的不同大小玉米种子活力差异比较研究所得的结果一致。

半粒玉米种子的发芽比整粒玉米种子的快, 这可能是因为半粒种子切割后减少了种皮的束缚, 增强了透气、透水性从而使之发芽快。

在试验过程中只需加水, 这是因为玉米种子比较大, 即使是半粒其胚乳也足以提供玉米种子发芽时所需的营养。

半粒玉米种子不覆砂的各项发芽特性都比较好,但在大田生产中,必须覆土,若不覆土则不能保持种子发芽的水分,具体的覆土情况还有待研究。

罗单三号、海禾一号、会单四号3个玉米品种间的各项发芽特性也有差异,在试验中发现会单四号品种的各项发芽特性与其他两个品种相比较弱,这可能是由于其子粒间密度大所导致。

半粒玉米种子覆砂4 cm的发芽速率最高这可能是因为覆砂过厚引起出苗过慢,在发芽期间后几天发芽较多所导致。

#### 4 结论

半粒玉米种子不覆砂的发芽势、发芽率、发芽指数、峰值、平均发芽率、发芽值最高。半粒玉米种子与整粒玉米种子测定的各项指标间的差异不大,说明采用玉米半粒种子进行繁殖是可行的,这样既节省种子又可把无胚半粒种子用于品质分析,便于快速进行品质育种。

半粒玉米种子覆砂3 cm以上,发芽特性明显降低,说明为了保证出苗率,覆砂不宜过厚。

发芽速率在覆沙4 cm时最高,但发芽率在覆沙4 cm时最低,说明在覆沙4 cm能出苗的种子活力最高。

不同品种间发芽特性存在一定的差异。

#### 【参考文献】

- [1] 陈艳梅, 石建生. 不同砂床对玉米种子发芽率的影响 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13 (18): 280-280.
- [2] 李淦, 李笑慧, 胡铁柱. 小麦半粒种子发芽特性分析 [J]. 麦类作物学, 2006, 26 (6): 166-168.
- [3] 石淑稳, 周永明. 油菜半粒种子的试管快繁技术 [J]. 中国油料, 1996, (2): 7-8.
- [4] 郝雪, 王玺, 孙娜. 半粒种子发芽法在大豆种子活力测定中的应用 [J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37 (2): 217-220.
- [5] 王芳. 大麦干种子 DNA 提取研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (26): 327-28.
- [6] 聂智星, 吴小园, 张黎萍, 等. 大豆种质发芽特性和籽粒形态的遗传变异与相关分析 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (9): 3586-3588, 3598.
- [7] DEMEKE T, EMEKE H, MORRIS C F. Effect of Germination, Seed Abrasion and Seed Size on Polyphenol Oxidase Assay Activity in Wheat Plant Breeding [J]. Plant Breeding, 2001, (120): 369-373.
- [8] 陈民生, 赵京岚, 徐守国. 玉米种子发芽特性与温度的相关性研究 [J]. 山东农业科学, 2007, (2): 40-43.
- [9] ZVONIMIR Z, ANTO M J, DUGALIC K. Genetic Analysis of Grain Yield and Starch Content in Nine Maize Populations [J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2008, 32 (6): 495-500.
- [10] 石海春, 柯永培, 余跃辉, 等. 玉米种子活力测定方法的研究 [J]. 玉米科学, 2004, 12 (2): 116-118.
- [11] 付永斌, 任文义, 赵子兵. 浅析玉米种子活力下降的原因 [J]. 张家口农业专科学报, 2003, 19 (1): 116-118.
- [12] 王荣焕, 刘建凤, 丁民伟, 等. 不同遗传类型玉米种子形态结构、发芽特性及相互关系的研究 [J]. 河北农业大学学报, 2004, 27 (6): 1-5.
- [13] 岳翠绿. 玉米种子发芽试验应注意的几个问题 [J]. 甘肃农业科技, 2006, (11): 20.
- [14] 石海春, 柯永培, 刘帆, 等. 不同大小的玉米种子活力差异比较研究 [J]. 种子, 2005, 24 (4): 37-39.
- [15] ZHAO G W, ZHANG G Z, WANG J H. Seed Health Status of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) from Five Areas in China and Effect on Field Seedling Emergence [J]. Agricultural Sciences in China, 2005, 4 (5): 329-335.
- [16] 赵姝华, 李文利. 农作物种子及半粒种子 DNARAPD 扩增研究 [J]. 国外农学杂粮作物, 1999, 19 (3): 22-25.
- [17] 王玉民, 庄炳昌. 玉米半粒种子 DNA 提取及 RAPD 分析 [J]. 玉米科学, 1996, 4 (3): 27-28.
- [18] RER C, DANIEL J. Changes in Seed Structure and Composition During Development and Their Effects on Leakage in Two Endosperm Mutants of Sweet corn [J]. Anler Sociolgy Hort Science 1983, 108 (5): 721-728.
- [19] ASALMOL M N, KALE V P, INGLE S T. Chilli Incidence and Effect on Seed Germ Ination [J]. Seed Research, 2001, 29 (1): 76-79.
- [20] 中国标准出版社. 中国农业标准汇编 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 54-63.
- [21] 颜启传. 种子学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 112.
- [22] 毕辛华, 戴心维. 种子学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 60-61.
- [23] 明道绪. 田间试验与统计分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 118-122.
- [24] 朱永平. 生物统计学试验教程 [M]. 昆明: 云南科学出版社, 2006: 35-39.