

甜玉米种子活力测定及其田间成苗能力的评估

赵光武 王建华*

中国农业大学种子科学系, 北京 100094

提要 室内和田间条件下检测 18 种基因型甜玉米种子活力状况的结果表明: 不同甜玉米种子基因型间的活力差异显著, 但均以品种京科甜 116 较佳。用电导率、糖含量、脱氢酶活性、醛含量、穿纸和老化发芽率均可评估田间出苗率, 且前三者还可评估出苗速度, 尤以电导率最佳。建立回归方程可对田间成苗能力进行预测。

关键词 甜玉米; 种子活力; 田间成苗能力; 评估

Seed Vigor Test of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) and Evaluation of Its Field Survival Ability

ZHAO Guang-Wu, WANG Jian-Hua*

Department of Seed Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China

Abstract In laboratory and field conditions, the results of seed vigor test of sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) showed that there were significant differences in seed vigor among 18 genotypes while that of the hybrid of "Jingketian11" was higher. Electrical conductivity, soluble sugar content, dehydrogenase activity, volatile aldehyde content, through paper and ageing germination percentage could be all used for evaluation of field emergence percentage. Besides, the former three indexes could be also used for evaluation of field emergence speed and the first was the best. Furthermore, regression equations were built to forecast its field survival ability.

Key words sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt); seed vigor; field survival ability; evaluation

常用的测定玉米种子活力的方法有发芽测定、抗冷测定、加速老化试验、电导率测定和酶活性测定等。其中, 抗冷测定、电导率测定和加速老化试验等方法也适于甜玉米 (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt) 种子的活力测定及其田间成苗能力的评估^[1, 2]。发芽试验可用于评估种子的播种质量^[3], 刘萍等^[4]将其用于玉米种子活力测定并预测其田间出苗率。甜玉米种子最突出的特点是糖含量高, 但糖含量是否可以作为活力指标还未见报道。此外, 种子萌发过程中挥发性醛类生成量的多寡与种子活力呈负相关, 因此, 有人认为测定挥发性物质是一种具有潜力的活力测定方法^[5]。但这些活力指标是否适于甜玉米种子活力测定并用来评估其田间成苗能力, 还有待进一步研究。

目前, 有关种子活力测定和田间成苗能力评估的研究报道中, 大多仅考虑田间出苗率, 却忽视了出苗速度。对越来越受消费者青睐的甜玉米来说, 其种子活力测定和田间成苗能力的评估研究更是缺乏系统性和完整性, 因而建立评估甜玉

米种子活力及其田间成苗能力的有效方法和体系显得尤为重要而迫切。本文通过室内发芽试验、抗逆性试验、生理生化试验和田间试验, 对来自中国 9 个省(市、区)的 18 种甜玉米种子的活力状况进行了检测, 分析了不同基因型甜玉米种子的活力差异, 并进一步探讨了室内指标与田间成苗能力(田间出苗率和出苗速度)的相关性。在此基础上, 建立回归方程, 对其田间成苗能力进行预测, 以期能为精量播种和一次播种保全苗提供参考。

材料与方 法

2002 年, 从北京、河北、陕西、新疆、

收稿 2005-01-13 修定 2005-03-14

资助 北京市科技计划重点项目。

致谢 中国科学院北京植物研究所徐本美先生曾提出许多宝贵的意见和建议。

* 通讯作者(E-mail: wangjh63@cau.edu.cn, Tel: 010-62732263)。

山东、江苏、湖北、湖南和广东等9个省(市、区)收集到18个基因型甜玉米(*Zea mays* L. *saccharata* Sturt)品种:京科甜115、京科甜116、甜单8号、甜单10号、中甜2号、绿色超人、超甜2000、西星甜玉1号、鲁甜9号、农甜2号、农甜3号、华甜1号、湘玉超甜1号、苏甜8号、蜜玉8号、扬甜1号、陕西甜、新疆甜。

随机选取100粒种子,进行纸间发芽试验,20℃、12 h光照/12 h黑暗交替培养,4次重复,每天统计发芽种子数,7 d后计算发芽势、发芽率和发芽指数。

随机选取50粒种子,播于装有4 cm深砂的发芽盒内,盖上一层滤纸,再加盖2 cm砂,4次重复,20℃下培养7 d后计算穿纸发芽率。抗冷和老化测定按颜启传^[6]描述的方法进行。

电导率用DDS-11A型电导仪测定,按文献^[6]的方法进行,3次重复,计算单位重量种子浸出液电导率。可溶性糖含量测定采用蒽酮法^[7],3次重复,计算单位重量种子浸出液可溶性糖含量。随机选取100粒种子,3次重复,按朱诚和曾广文^[8]的方法测种子挥发性醛含量,计算单位重量

种子挥发性醛含量。脱氢酶活性测定参照乔燕祥等^[9]的方法进行。光密度值均采用721型分光光度计测定。

田间试验在北京东北旺实验农场进行,每品种50粒,行距60 cm,穴距30 cm,3次重复。开始出苗后统计出苗数,直至不再出苗为止。计算田间出苗率和出苗速度(以达到1/3出苗率的天数表示)。用SAS V6.12统计软件进行方差分析、相关分析和回归分析。

实验结果

1 不同基因型甜玉米种子田间出苗率与出苗速度的关系

田间成苗能力是种子活力的最直接表现。从表1的方差分析结果可以看出,不同基因型间田间出苗率和出苗速度差异显著。鲁甜9号、超甜2000、京科甜116、扬甜1号和农甜2号等种子的出苗率和出苗速度均较高,而甜单8号、甜单10号、中甜2号、蜜玉8号和陕西甜等的出苗率和出苗速度均较低。甜玉米种子田间出苗率与出苗速度之间呈极显著负相关(表2),表明种子出苗

表1 18种基因型甜玉米种子室内发芽指标和田间出苗指标的比较

Table 1 Comparisons on laboratory germination and field emergence indexes among 18 sweet corn genotypes

品种名称	田间指标		室内发芽指标		
	出苗率/%	出苗速度/d	发芽势/%	发芽率/%	发芽指数
京科甜115	69.4 ^{BA}	7.0 ^{cb}	53.5 ^I	78.8 ^{ED}	20.7 ^{HI}
京科甜116	75.0 ^A	6.3 ^c	91.3 ^B	95.0 ^{BA}	39.7 ^{BA}
甜单8号	44.4 ^{ED}	11.0 ^{ba}	83.0 ^{DE}	89.3 ^{DCBA}	32.9 ^D
甜单10号	38.9 ^E	11.0 ^a	81.3 ^{FE}	90.3 ^{DCBA}	34.0 ^D
中甜2号	51.8 ^{EDCB}	9.7 ^{cba}	94.5 ^A	96.3 ^A	40.7 ^{BA}
绿色超人	61.1 ^{DCBA}	6.0 ^c	83.3 ^{DE}	86.0 ^{EDCB}	38.8 ^B
超甜2000	75.9 ^A	6.2 ^c	34.5 ^K	76.3 ^E	17.0 ^J
西星甜玉1号	63.9 ^{DCBA}	11.0 ^a	73.8 ^G	85.3 ^{EDCB}	27.5 ^F
鲁甜9号	80.6 ^A	6.2 ^c	91.0 ^B	94.3 ^{CBA}	41.5 ^A
农甜2号	69.4 ^{BA}	6.3 ^c	79.3 ^F	91.8 ^{CBA}	30.1 ^E
农甜3号	61.1 ^{DCBA}	6.7 ^c	64.0 ^H	84.0 ^{EDC}	23.4 ^G
华甜1号	63.9 ^{DCBA}	7.0 ^{cb}	85.0 ^{DC}	91.3 ^{CBA}	32.6 ^D
湘玉超甜1号	61.1 ^{DCBA}	6.7 ^c	85.5 ^C	85.8 ^{EDCB}	36.4 ^C
苏甜8号	47.2 ^{EDC}	7.0 ^{cb}	44.0 ^J	74.3 ^E	19.8 ^I
蜜玉8号	39.8 ^E	9.0 ^{cba}	54.5 ^I	56.8 ^F	22.2 ^{HG}
扬甜1号	71.3 ^{BA}	5.5 ^c	62.8 ^H	77.0 ^E	26.6 ^F
陕西甜	52.8 ^{EDCB}	9.7 ^{cba}	29.5 ^L	59.5 ^F	14.7 ^K
新疆甜	66.7 ^{CBA}	6.3 ^c	89.5 ^B	92.5 ^{CBA}	40.1 ^{BA}

表中各列不同大写字母表示 $P=0.01$ 水平下差异显著,不同小写字母表示 $P=0.05$ 水平下差异显著。

越快, 其田间出苗率也越高; 反之亦然。

2 甜玉米种子室内发芽指标与其田间成苗能力的关系

18种基因型甜玉米种子室内发芽率均高于田间出苗率, 特别是甜单8号和甜单10号发芽率高达90%左右, 而田间出苗率仅为40%左右, 而且出苗速度也最慢, 为11 d(表1)。京科甜116、中甜2号、鲁甜9号和新疆甜等种子发芽势、发芽率和发芽指数均较高, 而超甜2000、苏甜8号、蜜玉8号和陕西甜等均较低。这3个室内发芽指标与田间出苗率和出苗速度间的相关关系均不显著(表2), 说明它们不能用来评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力。

3 甜玉米种子抗逆性指标与其田间成苗能力的关系

京科甜116、鲁甜9号和新疆甜等种子穿纸发芽率、抗冷发芽率和老化发芽率均较高, 而农甜2号和蜜玉8号等则较低(表3)。相关分析结果表明: 穿纸发芽率和老化发芽率分别与田间出苗率呈极显著和显著正相关, 它们可用于甜玉米种子活力及其田间出苗率的评估; 而抗冷发芽率与

表2 甜玉米种子室内指标与田间指标的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between laboratory and field indexes of sweet corn

	出苗率/%	出苗速度/d
出苗率/%	1	
出苗速度/d	-0.711**	1
发芽势/%	0.126	-0.007
发芽率/%	0.314	-0.099
发芽指数	0.166	-0.090
穿纸发芽率/%	0.602**	-0.363
抗冷发芽率/%	0.306	-0.237
老化发芽率/%	0.525*	-0.293
电导率/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	-0.708**	0.609**
糖含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	-0.597**	0.649**
醛含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	-0.690**	0.305
脱氢酶/ OD_{490}	0.594**	-0.559*

* 相关程度达到显著水平($P < 0.05$), ** 相关程度达到极显著水平($P < 0.01$), $r_{0.05, 16} = 0.468$, $r_{0.01, 16} = 0.590$ 。

田间出苗率和出苗速度相关关系均不显著, 说明它不能用来评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力。

表3 18种基因型甜玉米种子抗逆性指标和生理生化指标的比较

Table 3 Comparisons on stress resistance and physiological and biochemical indexes among 18 sweet corn genotypes

品种名称	抗逆性指标			生理生化指标			
	穿纸发芽率/%	抗冷发芽率/%	老化发芽率/%	电导率/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	糖含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	醛含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (DW)	脱氢酶活性/ OD_{490}
京科甜115	42.5 ^{ED}	85.0 ^{DCBA}	33.5 ^D	6.88 ^{HG}	22.10 ^E	0.107 ^G	0.190 ^{ED}
京科甜116	53.5 ^{CB}	90.5 ^{BA}	48.0 ^B	5.56 ^I	10.71 ^H	0.104 ^{HG}	0.287 ^{EDCB}
甜单8号	20.5 ^C	84.5 ^{DCBA}	3.0 ^{HI}	23.36 ^B	127.81 ^A	0.212 ^C	0.155 ^E
甜单10号	6.5 ^I	81.0 ^{DCBA}	0 ^I	26.01 ^A	99.60 ^B	0.271 ^A	0.151 ^E
中甜2号	2.5 ^I	87.5 ^{BA}	52.0 ^A	6.72 ^{HI}	14.80 ^G	0.095 ^H	0.181 ^E
绿色超人	56.0 ^B	69.0 ^{ED}	0 ^I	9.09 ^{HFG}	18.40 ^F	0.121 ^F	0.334 ^{CBA}
超甜2000	41.0 ^E	92.5 ^A	24.0 ^E	8.13 ^{HG}	21.55 ^E	0.034 ^J	0.432 ^A
西星甜玉1号	56.0 ^B	72.0 ^{EDC}	5.0 ^I	7.88 ^{HG}	13.25 ^{HG}	0.010 ^K	0.223 ^{EDC}
鲁甜9号	54.0 ^{CB}	90.0 ^{BA}	43.0 ^C	7.12 ^{HG}	26.89 ^D	0.106 ^G	0.329 ^{CBA}
农甜2号	25.5 ^{GF}	58.0 ^E	0 ^I	11.75 ^{DC}	11.41 ^H	0.098 ^{HG}	0.226 ^{EDC}
农甜3号	30.0 ^F	89.5 ^{BA}	10.5 ^G	10.86 ^{FEDC}	3.51 ^I	0.105 ^{HG}	0.219 ^{EDC}
华甜1号	33.0 ^F	73.5 ^{EDCB}	13.0 ^{GF}	8.47 ^{HGF}	12.97 ^{HG}	0.138 ^E	0.174 ^E
湘玉超甜1号	51.5 ^{DCB}	82.5 ^{DCBA}	11.0 ^G	9.73 ^{GFED}	11.72 ^H	0.133 ^E	0.227 ^{EDC}
苏甜8号	6.0 ^I	90.5 ^A	0 ^I	12.74 ^C	12.94 ^{HG}	0.157 ^D	0.220 ^{EDC}
蜜玉8号	29.0 ^F	55.0 ^E	0 ^I	11.17 ^{EDC}	46.96 ^C	0.247 ^B	0.227 ^{EDC}
扬甜1号	25.0 ^{GF}	82.0 ^{DCBA}	14.0 ^F	8.20 ^{HG}	10.80 ^H	0.079 ^I	0.373 ^{BA}
陕西甜	45.0 ^{EDC}	63.0 ^E	2.0 ^I	12.18 ^{DC}	26.66 ^D	0.123 ^F	0.320 ^{DCBA}
新疆甜	68.5 ^A	87.5 ^{CBA}	49.0 ^B	7.19 ^{HG}	21.45 ^E	0.217 ^C	0.282 ^{EDCB}

表中各列不同大写字母表示 $P = 0.01$ 水平下差异显著。

4 甜玉米种子生理生化指标与其田间成苗能力的关系

京科甜 116 和扬甜 1 号电导率、糖含量和醛含量均较低, 脱氢酶活性均较高; 而甜单 8 号和甜单 10 号前者较高, 后者则较低(表 3)。相关分析结果表明, 电导率、糖含量、醛含量和脱氢酶活性均与田间出苗率呈显著或极显著相关, 因此可用于评估甜玉米种子活力及其田间出苗率。特别是电导率、糖含量和脱氢酶活性还与田间出苗速度呈显著或极显著相关, 它们可能是评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力的理想指标。这些指标中, 电导率的测定简易、快速, 因此认为它是最佳指标。

此外, 电导率与田间出苗率和出苗速度的相关系数均较高, 据此, 通过回归分析建立的回归方程拟合程度更高, 因此, 我们认为可以用来预测甜玉米种子田间成苗能力(图 1、2)。预测田间出苗率和出苗速度的回归方程分别是: $y = -1.609x + 78.044$ 和 $y = 0.215x + 5.397$ 。

当然, 采用电导率、糖含量和脱氢酶活性等相结合的方法可能会更准确地反映甜玉米种子活力

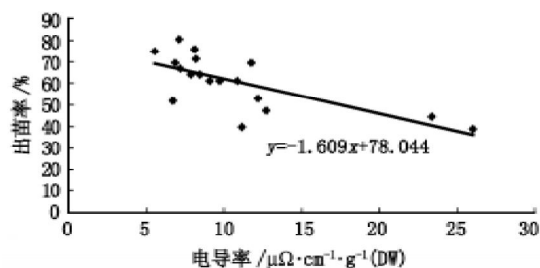


图 1 电导率与田间出苗率的线性回归

Fig. 1 Linear regression between electrical conductivity and field emergence percentage

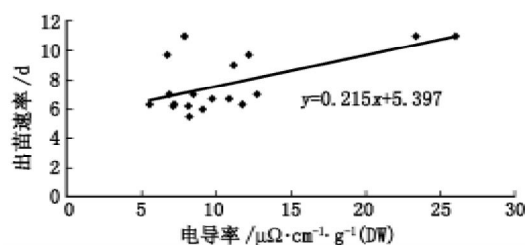


图 2 电导率与田间出苗速度的线性回归

Fig. 2 Linear regression between electrical conductivity and field emergence speed

及其田间成苗能力, 通过建立多元回归方程来预测田间成苗能力拟合程度更高。以田间出苗率和出苗速度为依变量, 分别以电导率、糖含量和脱氢酶活性为自变量, 进行多元相关分析和回归分析。田间出苗率和出苗速度分别与电导率、糖含量和脱氢酶活性呈极显著相关($r=0.769$)和显著相关($r=0.728$)。预测田间出苗率的多元回归方程为: $y=61.477-1.390x_1+0.027x_2+53.257x_3$, 预测出苗速度的多元回归方程为: $y=9.090-0.002x_1+0.030x_2-8.835x_3$ 。

讨 论

种子活力在很大程度上是由基因所决定的^[5]。本文结果表明, 京科甜 116 各指标均较高, 说明该基因型在决定其活力中起主导作用。但通常情况下, 活力指标不同, 它们所反映的种子活力状况也就不一致, 这除了与活力指标的灵敏性有关外, 还可能与种子贮藏年限、贮藏条件等各种外在环境因素有关。

Wilson 和 Mohan^[10]研究超甜玉米种子质量问题时曾指出, 即使发芽率很高, 种子活力也不一定高, 本文结果与之相同。发芽率是我国评价种子质量的四大指标之一, 其应用有局限性。本文结果充分说明发芽试验不能用来评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力。原因可能是: 理想而一致的温、光、水等萌发条件并不能反映田间条件下的复杂变化。但刘萍等^[4]的研究结果表明, 普通玉米发芽率与田间出苗率极显著正相关。由此可见, 适合普通玉米种子活力测定的发芽试验并不适合甜玉米。

穿纸试验是模拟田间状态下种子的顶土能力, 也适于甜玉米种子活力测定, 但周雷^[11]认为它不适于测定普通玉米的种子活力。抗冷测定是模拟田间早春低温状态下的抗冷能力, 国际种子检验协会 (ISTA) 和美国官方种子分析家协会 (AOSA) 已将其列为测定玉米种子活力的主要方法, 但不适于甜玉米种子活力的测定。加速老化试验是预测种子忍受逆境(高温、高湿)的能力和贮藏潜力, 它已作为大豆种子活力测定方法列入 2003 国际种子检验规程, 也适于玉米种子活力的测定^[12], 我们的结果与此是一致的。

电导率可间接反映膜系统的完整性,它是一种简易、快速的活力测定方法,2003国际种子检验规程已将其列为测定豌豆种子活力的方法,也适用于大豆、棉花和玉米等种子的活力测定。电导率与超甜玉米种子田间出苗率之间呈极显著负相关^[2],这与本文的结果是一致的。但陈士林^[13]的研究结果表明电导率与田间出苗率相关不显著。糖含量可以作为评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力的理想指标,这可能与甜玉米糖含量较高并能反映种子膜系统完整性有关。种子萌发时释放出挥发性醛的多少与其活力的高低呈负相关,这已在大豆、水稻和小麦等作物种子中得到验证^[8,14],我们的结果与其相似。脱氢酶活性可用于预测水稻和玉米等作物的田间出苗率^[9,15],这在我们的结果中也得到了验证。

总之,电导率、糖含量、脱氢酶活性、醛含量、穿纸和老化测定均可评估甜玉米种子活力及其田间成苗能力,但选用哪一种活力指标应根据具体实验条件而定。我们认为采用电导率、糖含量和脱氢酶活性等指标相结合的综合评估方法可能更准确。

参考文献

- 1 Waters L Jr, Blanchette BL. Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. *J Am Soc Hortic Sci*, 1983, 108(5): 778~781
- 2 Wilson DO Jr, Alleyne JC, Shafii B et al. Combining vigor test results for prediction of final stand of shrunken-2 sweet corn seed. *Crop Sci*, 1992, 32(6): 1496~1502
- 3 International Seed Testing Association. International rules for seed testing. *Seed Sci Technol*, 1999, 27(suppl): 27~32
- 4 刘萍, 尚林海, 张军福等. 玉米种子室内发芽率与田间出苗率的相关性研究. *玉米科学*, 2004, 12(增刊): 129, 131
- 5 陶嘉龄, 郑光华. 种子活力. 北京: 科学出版社, 1991. 60, 95
- 6 颜启传. 种子学. 北京: 中国农业出版社, 2001. 113~115
- 7 黄学林, 陈润政. 种子生理实验手册. 北京: 农业出版社, 1990. 40~43
- 8 朱诚, 曾广文. 一种测定种子挥发性醛释放量的简便方法. *植物生理学通讯*, 1999, 35(1): 39~40
- 9 乔燕祥, 高平平, 马俊华等. 两个玉米自交系在种子老化过程中的生理特性和种子活力变化的研究. *作物学报*, 2003, 29(1): 123~127
- 10 Wilson DO Jr, Mohan SK. Unique seed quality problems of *sh2* sweet corn. *Seed Technol*, 1998, 20(2): 176~186
- 11 周雷. 玉米种子活力测定方法的研究. *西北农业学报*, 1996, 5(3): 54~58
- 12 Woltz JM, TeKrony DM. Accelerated aging test for corn seed. *Seed Technol*, 2001, 23(1): 21~34
- 13 陈士林. 玉米种子活力与田间苗期性状相关性研究. *种子*, 2003, 4: 35~37
- 14 Wilson SO Jr, McDonald MB Jr. A convenient volatile aldehyde assay for measuring soybean seed vigour. *Seed Sci Technol*, 1986, 14(2): 259~268
- 15 Akram M, Munir M, Ajmal SU et al. Seed and seedling vigor in rice: Association among the traits. *Pakistan J Seed Technol*, 2002, 1(2): 25~30