

## 浸种处理对甜玉米种子萌发及活力的影响

潘彬荣<sup>1</sup>, 任镜羽<sup>2</sup>, 赵光武<sup>2</sup>

(1. 温州科技职业学院 农生系作物所, 浙江 温州 325006; 2. 浙江农林大学 农业与食品科学学院, 浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为促进甜玉米 *Zea mays* var. *saccharata* 种子萌发, 以 6 个甜玉米品种种子为试验材料, 设置不同的浸种时间 (0, 4, 8, 16, 24 h), 进行种子发芽试验, 并分析种子相关活力指标的变化。结果表明: 浸种 8 h 能最有效提高 6 个品种种子的发芽率, 加快发芽速度, 降低种子浸出液的电导率, 种子脱氢酶活力显著提高。建议甜玉米播种前, 进行浸种处理 8 h, 以提高其活力水平和发芽能力。图 3 表 1 参 13

**关键词:** 种子生理学; 甜玉米; 浸种处理; 种子萌发; 电导率; 脱氢酶

**中图分类号:** S513      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2015)01-0047-05

## Germination and vigor of sweet corn seeds with seed soaking time

PAN Binrong<sup>1</sup>, REN Jingyu<sup>2</sup>, ZHAO Guangwu<sup>2</sup>

(1. Institute of Crop Sciences, Wenzhou Vocational College of Science and Technology, Wenzhou 325006, Zhejiang, China; 2. School of Agriculture and Food Science, Key Laboratory of Agricultural Products Quality Improvement Technology in Zhejiang Province, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** To improve seed germination of sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*), seeds of six cultivars (Nongtian 2, Nongtian 3, Tiandan 8, Tiandan 10, Jinyutian 1, Jinyutian 2) were soaked for 0, 4, 8, 16, and 24 h. A germination experiment (3 replicates for 100 seeds each chosen randomly and completely randomized design with treatments of 0, 4, 8, 16, and 24 h soaking) was conducted and vigor indices (electric conductivity and dehydrogenase activities) were analyzed (Electric conductivity test and TTC method used, respectively). Results showed that the most effective soaking time was 8 h. After 8 h soaking, germination for the six cultivars accelerated and germination rates were enhanced according to ANOVA analysis ( $P < 0.05$ ). For instance, germination rate of "Jinyutian 1" seeds was improved by 109.3% and its mean germination time was shortened by 18.6%. Moreover, in the case of Jinyutian 1, the electric conductivity decreased and dehydrogenase activities improved according to ANOVA analysis ( $P < 0.05$ ). All the aboved results suggested that seed germination and vigor of sweet corn were significantly promoted after 8 h soaking. [Ch, 3 fig. 1 tab. 13 ref.]

**Key words:** seed physiology; sweet corn; seed soaking; seed germination; electric conductivity; dehydrogenase activity

甜玉米 *Zea mays* var. *saccharata* 与普通玉米 *Zea mays* 的本质区别是它携带了与碳水化合物有关的隐性突变基因[如 *su*(甜质)、*se*(加强甜)、*sh2*(皱缩)等]。这些隐性突变基因可直接影响玉米籽粒碳水化合物的代谢, 不同程度地增加糖分含量<sup>[1]</sup>。因此, 甜玉米深受消费者欢迎, 这种消费意愿极大地促进了

收稿日期: 2014-04-02; 修回日期: 2014-08-31

基金项目: 浙江省重大科技专项农业项目(2012C12902-4-6, 2012C12902-4-4); 浙江省自然科学基金资助项目(LY13C130011); 国家自然科学基金资助项目(31371712)

作者简介: 潘彬荣, 副研究员, 从事甜玉米育种及推广研究。E-mail: 83941255@qq.com。通信作者: 赵光武, 副教授, 博士, 从事种子科学与玉米育种研究。E-mail: gwuzhao@126.com

中国甜玉米生产的发展。可是,甜玉米在中国的开发利用进展却相对缓慢,推广面积不大。造成这种现象的主要原因之一是:因甜玉米携带的隐性基因阻碍了糖向淀粉的转移,导致籽粒淀粉积累少,籽粒不饱满。因此,与普通玉米相比,甜玉米(特别是超甜玉米)种子活力低,发芽能力差,田间出苗率低。种子引发、外源激素浸种、种子包衣等处理技术可以改善种子活力,促进种子萌发和出苗<sup>[2]</sup>,而且还可以提高作物出苗后对低温、高盐等非生物胁迫的适应能力<sup>[3-4]</sup>,但这些技术涉及到一些技巧,且使用费用较高,农民很难接受和掌握。直接用水浸泡处理是传统的种子处理方法,但浸种温度和时间把握不好,不仅不会促进种子萌发,反而会起副作用<sup>[5]</sup>。此外,最佳浸种方式还因作物和品种类型不同而异。因此,本研究以6个甜玉米品种种子为材料,研究在常温条件(25℃)下不同浸种时间对甜玉米种子萌发和活力的影响,为甜玉米生产提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

本研究共有6个甜玉米品种,分别是‘农甜2号’‘Nongtian 2’,‘农甜3号’‘Nongtian 3’,‘甜单8号’‘Tiandan 8’,‘甜单10号’‘Tiandan 10’,‘金玉甜1号’‘Jinyutian 1’,‘金玉甜2号’‘Jinyutian 2’。前4个品种在市场上购买,后2个品种由浙江省温州市农业科学研究院作物研究所提供。‘甜单8号’和‘甜单10号’为加强甜玉米(*se*基因控制),‘农甜2号’‘农甜3号’‘金玉甜1号’‘金玉甜2号’为超甜玉米(*sh2*基因控制)。

### 1.2 方法

1.2.1 浸种处理 取蒸馏水300 mL,置于500 mL烧杯中。待水温稳定在(25±1)℃时,将300粒种子浸入水中,然后置于25℃培养箱黑暗条件下分别浸泡0,4,8,16,24 h。浸种完毕后,将种子置于1层发芽纸上摊开回干24 h,4℃储藏备用。

1.2.2 种子发芽试验 根据GB/T3534-1995《农作物种子检验规程》<sup>[6]</sup>的标准,种子发芽试验采用卷纸发芽的方法,随机选取100粒浸泡种子和未浸泡的对照种子,播种于2层湿润的发芽纸上,然后盖上1层湿润的发芽纸,卷起后放于密封塑料袋中进行垂直发芽,25℃,12 h光照/12 h黑暗交替培养,3次重复,每天统计萌发种子数(以根达到种子长、芽达到种子长的一半为标准),7 d后计算发芽率和发芽速度(用平均发芽天数表示)。发芽率计算公式:发芽率=发芽种子数/供试种子数×100%。发芽速度计算公式:平均发芽天数= $\sum(G_T T)/\sum G_T$ 。(其中: $G_T$ 为第 $T$ 天发芽种子数, $T$ 为相应发芽天数)。

1.2.3 电导率的测定 参照Zhao等<sup>[7]</sup>的方法,随机选取‘金玉甜1号’大小均匀无损种子50粒,称量,精确至0.01 g,用蒸馏水冲洗1次,然后用滤纸吸干浮水;冲洗后的种子分别取50粒放入干净的500 mL烧杯中,加入蒸馏水250 mL,于室温下浸种24 h。浸种完后用纱布过滤得到浸种液,用DDS-307A型电导仪测定浸种液电导率。3次重复,计算单位质量种子浸出液电导率。

1.2.4 脱氢酶活性测定 参照Zhao等<sup>[7]</sup>的方法,将‘金玉甜1号’种子于25℃下浸种24 h后,随机选取10粒种子,沿中轴纵切,然后放入试管中,并在各试管中分别加入质量分数为0.2%的三苯基氯化四氮唑(TTC)试剂10 mL,塞上试管塞,在25℃条件下染色24 h。然后取出种子的胚并用蒸馏水冲洗3次,然后再加入10 mL无水乙醇,在25℃条件下放置24 h。最后用分光光度计在490 nm紫外光下测量提取液的吸光度 $D(490)$ ,并重复3次。

1.2.5 统计分析 采用SAS 8.2软件中的方差分析程序处理不同浸种时间对甜玉米种子发芽率、电导率和脱氢酶含量的影响的数据。发芽率数据在方差分析之前需进行反正弦转换。

## 2 结果与分析

### 2.1 浸种时间对甜玉米种子发芽率的影响

由表1可以看出:不同浸种时间对6个甜玉米品种种子的发芽率均具有显著影响( $P<0.05$ ),随着浸种时间的延长,发芽率呈先增加后降低的趋势,且当浸种8 h后的促进效果最为明显,但不同品种种子浸种时间对发芽率的影响亦存在差异。浸种8 h后,‘农甜2号’‘农甜3号’‘甜单8号’‘甜单10号’‘金玉甜1号’‘金玉甜2号’种子的发芽率分别提高了14.6%,55.4%,16.1%,175.6%,109.3%和

35.3%。由此可见：浸种处理对‘甜单 10 号’和‘金玉甜 1 号’种子发芽率的促进作用最大，其次是‘农甜 3 号’和‘金玉甜 2 号’，效果最差的是‘农甜 2 号’和‘甜单 8 号’。此外，浸种 4 h 和浸种 16 h 仅对‘甜单 10 号’和‘金玉甜 1 号’的发芽率有显著促进作用，但浸种 24 h 对甜玉米品种(‘甜单 10 号’除外)种子的发芽率有不同程度的抑制作用。

表 1 不同浸种时间对甜玉米种子发芽率的影响

Table 1 Effects of different seed soaking time on germination rate of sweet corn

t/h	发芽率/%					
	农甜 2 号	农甜 3 号	甜单 8 号	甜单 10 号	金玉甜 1 号	金玉甜 2 号
0 (ck)	52.3 ± 1.5 bc	58.3 ± 4.5b	62.0 ± 1.0 bc	30.0 ± 2.0 d	36.0 ± 10.0 c	52.0 ± 8.0 b
4	56.0 ± 4.0 ab	64.0 ± 2.0 b	66.3 ± 3.5 b	62.0 ± 8.0 b	54.3 ± 6.0 b	62.0 ± 3.0 ab
8	60.0 ± 6.0 a	90.7 ± 2.5 a	72.0 ± 6.0 a	82.7 ± 7.5 a	75.3 ± 5.5 a	70.3 ± 8.5 a
16	49.3 ± 0.6 c	58.3 ± 5.5 b	60.0 ± 2.0 cd	60.0 ± 4.0 b	53.0 ± 5.0 b	65.7 ± 7.5 ab
24	29.7 ± 2.5 d	55.0 ± 5.0 b	55.7 ± 4.5 d	44.3 ± 6.5 c	47.0 ± 11.0 bc	36.0 ± 4.0 c

说明：同一列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著。

## 2.2 浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子发芽速度的影响

以‘金玉甜 1 号’种子为例，由图 1 可以看出：不同时间浸种处理后，‘金玉甜 1 号’种子的发芽速度均得到提高。与对照处理相比，浸种 4, 8, 16, 24 h 后，‘金玉甜 1 号’种子的发芽时间分别缩短了 4.4%，18.6%，16.1% 和 4.8%。但仅 8 h 和 16 h 浸泡后的种子发芽得到显著促进，与对照相比，发芽时间均提前了 1 d 多。

## 2.3 浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子浸出液电导率的影响

由图 2 可以看出：‘金玉甜 1 号’种子浸出液的电导率随着浸种时间的延长，呈先降低后升高的趋势，与发芽试验结果一致。不同时间浸种处理均显著降低了‘金玉甜 1 号’种子浸出液的电导率，且尤以浸种 8 h 后的电导率最低，与对照(ck)相比，其种子浸出液电导率降低了 41.1%。以上结果表明：浸种处理均能显著提高‘金玉甜 1 号’种子的活力，且尤以浸种 8 h 提高最为显著。

## 2.4 浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子脱氢酶含量的影响

由图 3 可以看出：经浸种处理后，‘金玉甜 1 号’种子脱氢酶活性显著提高，且在浸种 8 h 后，种

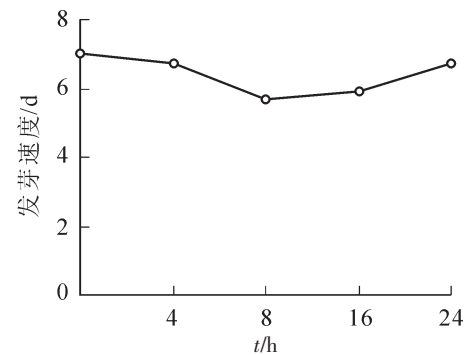
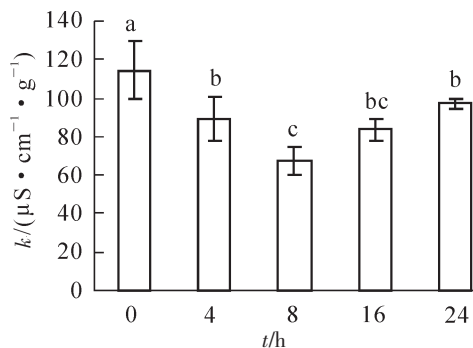


图 1 不同浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子发芽速度的影响

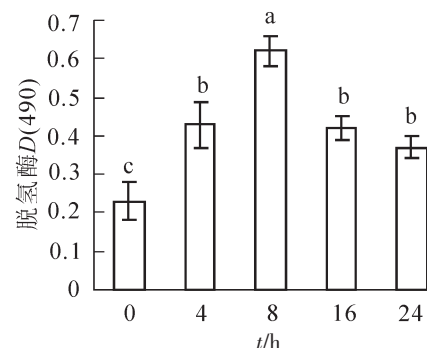
Figure 1 Effects of different seed soaking times on germination speed of sweet corn cultivar ‘Jinyutian 1’



不同小写字母表示 5% 水平差异显著。

图 2 不同浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子浸出液电导率的影响

Figure 2 Effects of different seed soaking time on the solution conductivity of sweet corn cultivar ‘Jinyutian 1’



不同小写字母表示 5% 水平差异显著。

图 3 不同浸种时间对‘金玉甜 1 号’种子脱氢酶吸光度的影响

Figure 3 Effects of different seed soaking time on the dehydrogenase D (λ) of sweet corn

子脱氢酶活性提高最为显著。与对照处理相比,浸种4,8,16,24 h后,‘金玉甜1号’种子脱氢酶活性分别提高了85.5%,171.0%,81.2%和62.3%。以上结果表明:浸种8 h对‘金玉甜1号’种子活力提高程度最大。

### 3 结论与讨论

种子播前浸种既有利于种子细胞膜的修复和完善,又有利于细胞内细胞器、蛋白质、酶和核酸的活化,是促进种子萌发的重要措施。何晓明等<sup>[8]</sup>在研究浸种处理对超甜玉米种子发芽率的影响时认为浸种时间以1 h为宜。赵宝荣<sup>[9]</sup>在研究普通玉米种子吸水规律及最佳浸种时间时指出,小粒种子的浸种时间以12~14 h为宜,大粒种子则以16~18 h为宜。本研究表明:3种类型的甜玉米种子浸种时间均以8 h为宜。造成这种差异的原因很可能与种子自身的基因型有关。各个研究者使用的实验材料不一样,最佳浸种时间也不一致。因此,我们认为,基因型不同,最佳浸种时间也不同,不能一概而论。本研究中,浸种处理对‘甜单10号’和‘金玉甜1号’种子发芽率的促进作用最大,其次是‘农甜3号’和‘金玉甜2号’,效果最差的是‘农甜2号’和‘甜单8号’。这一研究结果也反映了浸种处理对发芽率差的品种种子的效果要好于质量好的品种。张玉屏等<sup>[5]</sup>的研究结果也表明了相似的结论。

膜系统的完整是种子活力的基础,质膜和液泡膜具有调节溶质的进出,维持内外的浓度梯度以保持正常物质运转等一系列生理功能<sup>[10]</sup>。种子随着衰老或损伤,细胞膜中的脂蛋白变性,分子排列改变,在无离子水中的渗性增加,其内部的电解质(如糖分、氨基酸和有机酸等)外渗增多。一般来说,种子浸出液电导率与种子的发芽率和活力呈显著负相关<sup>[11]</sup>。何晓明等<sup>[7]</sup>的研究结果表明:浸种1 h后,超甜玉米‘超甜28’种子的发芽率最高,但其浸种液电导率很低。我们的研究结果说明8 h浸种回干后的‘金玉甜1号’种子的细胞膜系统得到了最佳的修复,如果时间过短或过长,回干后种子的电导率均较高,细胞膜未得到较好的修复甚至损伤更严重,不利于种子活力和发芽能力的改善。

氧化态的无色 TTC,接受了活种子呼吸过程脱氢酶所产生的氢,而变成还原态的红色三苯基甲腈(TTCH)。种子染色后经乙醇溶液提取,然后将定量提取液放在分光光度计上测定其光密度值,以计算种子内脱氢酶的活性,其吸光度值高或 TTC 含量高,则表明种子活力强<sup>[12]</sup>。张永升等<sup>[13]</sup>的研究结果表明:用0.25~1.00 g·L<sup>-1</sup>的硫酸锰处理普通玉米‘郑单958’‘Zhengdan 958’和‘农大108’‘Nongda 108’种子,提高了种子的活力指数和种子萌发时脱氢酶的活性。我们的研究表明:‘金玉甜1号’种子浸泡后,种子萌发和活力得到显著改善,其浸出液电导率显著降低,种子脱氢酶活性显著提高,且尤以浸种8 h的变化最为明显。

综上所述,浸种处理能够使甜玉米种子保持细胞膜完整性,并能显著提高种子内脱氢酶的活性,从而改善了种子的活力,进一步促进了种子的萌发和提高了种子的发芽率。因此,建议在甜玉米播种前,进行浸种处理8 h,以提高其活力水平和发芽能力。

### 4 参考文献

- [1] 樊龙江,颜启传.甜玉米种子活力低下原因及其种子处理技术研究进展[J].中国农学通报,1996,12(6):24-26.  
FAN Longjiang, YAN Qizhuan. Low seed vigor of sweet corn and seed processing technology research progress [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 1996, 12(6): 24 - 26.
- [2] 赵光武,孙群,王建华.药沙引发对超甜玉米种子活力及其生理变化的影响[J].作物学报,2006,32(1):147-151.  
ZHAO Guangwu, SUN Qun, WANG Jianhua. Effect of chemical-sand priming on seed vigor of super corn and their physiological changes [J]. *Acta Agron Sin*, 2006, 32(1): 147 - 151.
- [3] AFZAL I, BASRA S M A, IQBAL A. The effects of seed soaking with plant growth regulators on seeding vigor of wheat under salinity stress [J]. *J Stress Physiol & Biochem*, 2005, 1(1): 6 - 14.
- [4] WANG Yang, HU Jin, QIN Guochen, et al. Salicylic acid analogues with biological activity may induce chilling tolerance of maize (*Zea mays*) seeds [J]. *Botany*, 2012, 90(9): 845 - 855.
- [5] 张玉屏,朱德峰.浸种时间和温度对不同类型水稻品种种子吸水与萌发的影响[J].中国农学通报,2002,18

(5): 25 – 27.

ZHANG Yuping, ZHU Defeng. Effects of soaking time and temperature on the germination of seeds and water absorption of different types of rice [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2002, **18**(5): 25 – 27.

- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T3534-1995 农作物种子检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 1979.
- [7] ZHAO Guangwu, SUN Qun, WANG Jianhua. Improving seed vigour assessment of super sweet corn and sugar enhanced sweet corn [J]. *New Zealand J Crop Horti Sci*, 2007, **35**(3): 349 – 356.
- [8] 何晓明, 谢大森, 林毓娥, 等. 浸种处理对超甜玉米种子发芽率的影响[J]. 中国种业, 2002(4): 24.  
HE Xiaoming, XIE Dasen, LIN Yu'e, *et al.* Effects of water treatment on seed germination of super-sweet maize [J]. *China Seed Ind*, 2002(4): 24.
- [9] 赵宝容. 玉米种子吸水规律及催芽最佳浸种时间试验[J]. 黑龙江农业科学, 1999(3): 60 – 62.  
ZHAO Baorong. Maize seed water uptake and germination optimum soaking time test [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 1999(3): 60 – 62.
- [10] 陶佳龄, 郑光华. 种子活力[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 120 – 122.
- [11] SIDDIQUE M A, GOODWIN P B. Conductivity measurements on single seed to predict the germinability of French beans [J]. *Seed Sci Technol*, 1985, **13**(3): 643 – 652.
- [12] 颜启传, 胡伟民, 宋文坚. 种子活力测定的原理和方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 92.
- [13] 张永升, 杨国航, 崔彦宏. 硫酸锰浸种处理对玉米种子萌发的生理效应[J]. 河北农业大学学报, 2011, **34**(4): 5 – 9.  
ZHANG Yongsheng, YANG Guohang, CUI Yanhong. Physiological effects of manganese on seed germination of maize [J]. *J Agric Univ Hebei*, 2011, **34**(4): 5 – 9.