云南农业大学学报（自然科学），2020，35（2）：366−370 http://xb.ynau.edu.cn
Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science) E-mail: ynauzkxb@foxmail.com

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201902018

食盐溶液对青稞种子的引发效果*

苏　昀，王建军，邢　烨，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:【目的】明确不同质量浓度食盐溶液对青稞种子的引发效果。【方法】选用 6 个青稞品系，以 0 (CK)、0.025、0.050、0.075 和 0.100 g/mL 共 5 个质量浓度的食盐溶液，各浸种 1、2、3、4、5 和 6 h，对青稞种子进行引发处理，再通过标准发芽试验，测定青稞种子的发芽特性。【结果】食盐溶液对青稞种子有明显的引发效果，随着食盐溶液质量浓度的提高以及浸种时间的延长，青稞种子发芽特性先逐渐变好，然后再逐渐变差。【结论】0.025 g/mL 的食盐溶液浸种 3 h 的引发效果最好，可使青稞种子发芽迅速整齐，并长成健壮幼苗。在青稞种子播种实践中采用此法可有效提高田间出苗率和整齐度，保证出苗齐全。

关键词: 青稞；食盐溶液；渗透调节；种子引发；发芽特性
中图分类号: S 512.3　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1004–390X (2020) 02−0366−05

A Study on the Priming Effect of Salt Solution on the Hulless Barley Seeds

SU Yun，WANG Jianjun，XING Ye，KANG Zhiyu
(College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: ［**Purpose**］To determine the effect of salt solution on the seed priming.［**Method**］Six of hulless barley lines were selected in this study. The seeds were soaked in salt solution which mass concentration were 0 (CK), 0.025, 0.050, 0.075 and 0.100 g/mL in 1, 2, 3, 4, 5 and 6 h, respectively. And then the germination characteristics of hulless barley seeds were determined and the priming effect of salt solution on the seeds of hulless barley was studied by using the standard germination test after washed out the seeds.［**Result**］The salt solution had obvious priming effect on the highland barley seeds. With the increase of salt solution mass concentration and the soaking time, the germination characteristics of hulless barley seeds improved gradually at first, and then deteriorated gradually.［**Conclusion**］Comprehensive analysis results show that the priming effect of 0.025 g/mL salt solution soaking for 3 h was the best, the seeds of hulless barley germinated rapidly and neatly, and grew into strong seedlings, which could be applied in the practice of hulless barley sowing and could be the foundation of high yield planting on hulless barley. This method can be used to improve the field emergence rate and uniformity and to ensure complete seedling emergence in hulless barley seed sowing practice.

Keywords: hulless barley; salt solution; osmoregulation; seed priming; germination characteristics

收稿日期：2019-02-24　　修回日期：2019-12-30　　网络首发时间：2020-05-25 08:56:56
*基金项目：云南农业大学教育教学改革研究项目 (2017YAUJY010)。
作者简介：苏昀 (1992—)，女，山西吕梁人，在读硕士研究生，主要从事麦类作物遗传育种研究。E-mail：su_celia@163.com
**通信作者 Corresponding author：康志钰 (1971—)，男，甘肃临夏人，博士，教授，硕士生导师，主要从事作物遗传育种以及种子科学与工程研究。E-mail：zhiyukang@163.com
网络首发地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200522.1051.001.html

青稞 (*Hordeum vulgare* Linn. var. nudum Hook. f.) 又称裸大麦，是禾本科大麦属禾谷类作物[1]。有些青稞品种籽粒呈紫黑色，含有丰富的花青素，还含有丰富的膳食纤维和 β-葡聚糖[2-4]，使青稞不仅在食用方面有着良好的营养价值，在医疗保健方面同样具有一定的作用。因此，青稞籽粒常用于加工成各种保健食品。

由于青藏高原的环境条件比较恶劣，很多作物都无法适应和生长，但青稞却表现出突出的抗逆能力，成为当地植物适应性进化的典型代表[5]。在西藏和云南省迪庆州等青稞生产区，其生长期虽然雨水较多，但播种期大多处于旱季，土壤缺水容易造成出苗率低和出苗不整齐等情况，造成青稞种子的浪费。为了提高青稞种子的出苗率和整齐度，播种前进行种子引发是抵御播种期土壤干旱的重要措施。种子引发又称渗透调节，是将种子浸泡于较高渗透势溶液中，使种子在吸胀过程中减缓吸水速率，促使种子在萌发前充分完成各种修复与活化，有利于播种后快速整齐出苗[6-9]。种子引发除了能提高种子萌发速率和田间整齐度外，还能提高作物的抗盐能力[10]、抗逆性及抗病性[11]。本研究选用 6 个青稞品系，采用不同质量浓度的食盐溶液和不同引发处理时间，对青稞种子进行引发处理和发芽试验，测定苗长、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数等发芽特性，筛选出适于青稞种子引发的最佳食盐质量浓度和引发时间，提高青稞种子发芽速率和整齐度，保证出苗齐全，为高产栽培奠定基础。

1　材料与方法

1.1　供试材料

选用云南农业大学新近选育的滇青 1 号、2015-129、2015-130、2015-132、2015-137 和2015-138 共 6 个青稞品系进行研究。

1.2　引发试验

采用青稞品种、食盐溶液质量浓度和引发时间 3 因素完全随机试验设计。试验时，每个处理取种子 100 粒，置于 25 mL 的具塞试管中，分别加入 0 (清水，CK)、0.025、0.050、0.075 和 0.100 g/mL 食盐溶液 10 mL，加塞密封。各质量浓度处理在 15 ℃ 下分别浸泡 1、2、3、4、5 和 6 h 进行引发，重复 3 次。引发结束后，用清水将种子表面的食盐溶液冲洗干净备用。

1.3　发芽试验

将经过引发的种子置于垫有 2 层经高温消毒吸水纸的发芽盒中进行标准发芽试验，测定种子发芽特性[12]。从发芽试验的第 2 天开始，每天统计已发芽的全部种子数，连续统计 7 d。以胚根与种子等长、胚芽长到种子长度一半为标准判断种子是否发芽，到第 7 天发芽试验结束时测定平均苗长[13]。然后根据统计结果计算发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数，计算公式[14-15]如下：

发芽势 (GP)=(发芽试验第 4 天正常发芽种子数/供试种子总数)×100%；

发芽率 (GR)= (发芽试验第 7 天正常发芽种子数/供试种子总数)×100%；

发芽指数 (GI)=$\sum(G_t/D_t)$；

活力指数 (GVI)=GI×S；

式中，G_t 为每天发芽种子数；D_t 为对应发芽时间；S 为幼苗发芽试验结束时幼苗的平均长度。

1.4　数据统计与分析

采用 Excel 2016 和 SPSS 17.0 分别对青稞的苗长、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数进行多元方差分析和多重比较 (Duncan’s 法) 分析。

2　结果与分析

2.1　青稞种子发芽特性的方差分析

由表 1 可知：品系间、质量浓度间、引发时间之间，以及品系和引发时间互作对苗长、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均有极显著的影响，说明本研究设计合理，设置的质量浓度梯度和引发时间有效，可进行进一步统计分析。

2.2　食盐溶液对不同青稞品系种子发芽特性的影响

由表 2 可知：不同质量浓度的食盐溶液对不同品系青稞种子的引发效果不尽相同。滇青 1 号和 2015-132 的活力指数极显著高于其他品系，且 2015-132 的发芽势、发芽率和发芽指数均极显著高于其他品系 (P<0.01)；2015-137 的苗长极显著高于其他品系 (P<0.01)；2015-129 的苗长、发芽势、发芽率和活力指数均处于最低水平，明显低于其他青稞品系，说明该品系进行引发处理后发芽情况较差。

表 1 青稞种子发芽特性方差 *F* 值分析

Tab. 1 The *F* value of analysis of variance of the germination characteristics of hulless barley

项目 item	苗长/cm seedling length	发芽势/% germination potential	发芽率/% germination rate	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index
品系间 among the lines	849.55**	83.57**	83.12**	219.37**	453.40**
质量浓度间 among the mass concentrations	1 155.96**	87.29**	66.71**	81.63**	750.58**
引发时间间 among the priming time	41.26**	24.78**	24.69**	26.82**	39.52**
品系×质量浓度 lines × mass concentrations	0.06	0.23	1.27	0.28	1.47
品系×引发时间 lines × priming time	12.73**	9.76**	10.62**	10.39**	6.48**
质量浓度×引发时间 mass concentrations × priming time	0.01	1.47	1.22	0.88	0.67
品系×质量浓度×引发时间 lines × mass concentrations × priming time	0.02	0.21	0.41	0.20	0.15

注：“*”和“**”分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。

Note: “*” and “**” show the significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表 2 食盐溶液对不同青稞品系种子发芽特性的影响

Tab. 2 Effects of salt solution on the seed germination characteristics of different hulless barley varieties (lines)

品系 lines	苗长/cm seedling length	发芽势/% germination potential	发芽率/% germination rate	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index
滇青 1 号 Dianqing No.1	13.83 bB	86.38 cC	90.44 bB	66.55 bB	927.04 aA
2015-129	9.75 eE	79.69 fE	83.73 eE	58.12 dD	571.99 eE
2015-130	9.64 eE	84.22 dD	88.24 cC	63.70 cC	618.79 dD
2015-132	11.87 dD	93.42 aA	96.29 aA	74.64 aA	892.42 bB
2015-137	14.37 aA	82.73 eD	86.31 dD	57.74 dD	834.55 cC
2015-138	12.57 cC	88.69 bB	91.67 bB	67.06 bB	847.00 cC

注：同一列不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著；下同。

Note: The different capital and lowercase letters in the same column indicate a significant difference on 0.01 and 0.05 levels, respectively; the same as below.

2.3 食盐溶液质量浓度对青稞种子发芽特性的影响

由表 3 可知：采用 0.025 g/mL 食盐溶液引发的青稞种子，其苗长、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数都极显著高于其他处理 (P<0.01)，而 0.050、0.075 和 0.100 g/mL 食盐溶液处理后的青稞种子各项指标随着食盐溶液质量浓度的增大明显下降。0.050 g/mL 食盐溶液引发的种子，其发芽率与对照无显著差异，但发芽势和发芽指数显著高于对照，苗长和活力指数均极显著低于对照。0.075 和 0.100 g/mL 食盐溶液引发的青稞种子，其所有发芽特性均极显著低于对照 (P<0.01)。可见，0.025 g/mL 的食盐溶液对青稞种子的引发效果最好。

2.4 食盐溶液引发时间对青稞种子发芽特性的影响

由表 4 可知：用食盐溶液引发青稞种子 3 h 时，活力指数极显著高于其他处理 (P<0.01)；引发 3 h 的苗长显著高于其他处理 (P<0.05)；引发 3 h 的发芽指数虽然与引发 2 h 的效果差异不显著，但两者的发芽指数均显著高于其他处理；引发 3 h 的发芽势和发芽率虽然与引发 1 和 2 h 的效果没有显著差异，但均显著高于其他处理 (P<0.05)。由此可知，用食盐溶液引发 3 h 可明显提高青稞种子的发芽特性。

表 3 不同食盐溶液质量浓度 (ρ) 对青稞种子发芽特性的影响

Tab. 3 Effect of salt solution of different mass concentrations (ρ) on the seed germination of hulless barley

ρ/(g·mL^{-1})	苗长/cm seedling length	发芽势/% germination potential	发芽率/% germination rate	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index
0	13.48 bB	87.15 cB	90.20 bB	65.36 cB	881.81 bB
0.025	13.98 aA	90.81 aA	94.81 aA	68.87 aA	963.43 aA
0.050	12.78 cC	88.74 bB	89.91 bB	66.65 bB	852.72 cC
0.075	10.98 dD	82.78 dC	86.65 cC	62.36 dC	685.24 dD
0.100	8.78 eE	79.80 eD	85.67 cC	59.94 eD	526.63 eE

表 4　食盐溶液引发时间对青稞种子发芽特性的影响

Tab. 4　Effect of salt solution of priming time on the seed germination of hulless barley

引发时间/h priming time	苗长/cm seedling length	发芽势/% germination potential	发芽率/% germination rate	发芽指数 germination index	活力指数 vigor index
1	11.87 cB	87.89 abA	91.62 aA	63.99 bB	761.35 cC
2	11.89 cB	87.36 abA	90.58 abAB	67.23 aA	802.03 bB
3	12.60 aA	88.36 aA	91.80 aA	66.66 aA	850.62 aA
4	11.95 cB	86.38 bA	89.49 bB	61.00 cC	736.32 dC
5	12.38 bA	82.60 cB	85.91 dC	64.47 bB	800.70 bB
6	11.34 dC	82.56 cB	87.29 cC	64.46 bB	740.79 dC

3　讨论

种子引发可有效改善种子活力，提高种子成苗率和幼苗健壮度[16]。尤其在播种期遇到土壤干旱时，通过种子引发可有效提高种子的发芽率和发芽速度，保证出苗齐全。不同引发方法的效果存在明显差异[17]。种子引发后，由于吸收了一定量的水分，种子耐藏能力下降，寿命变短，还会出现种子发霉和变质等问题[18-19]，大规模推广时会带来一定的难度[20-21]。因此，通过系统研究分析现有引发技术中存在的缺陷，找出有效的解决办法和技术措施，已成为种子引发技术研究的当务之急[22]。

本研究表明：利用食盐溶液对青稞种子进行引发，对苗长、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数等发芽特性有明显影响。许多研究也证明了种子引发在一定程度上可提高各类作物的发芽率及成活率，进而提高作物产量[13, 23-25]。用食盐溶液对青稞种子引发处理后，不同品系对溶液质量浓度和引发时间的响应不尽相同，说明品种间存在一定的差异。研究结果还显示：用于引发的食盐溶液质量浓度不宜过高，引发时间也不宜过长。因此，选用食盐溶液进行引发时，选取最佳的引发时间和引发质量浓度就尤为重要。本研究通过综合比较分析，发现 0.025 g/mL 的食盐溶液对青稞种子进行 3 h 的引发效果最好。因此，采用食盐溶液引发青稞种子时不必过早，处理种子也不宜过多，只需要在播种前 3 h 进行处理，经过引发处理的种子能够当天播种完毕即可，不宜存放。

本研究采用食盐溶液对青稞种子进行引发，是因为食盐价格低廉，溶液配置简便，方法简单易行，便于操作，适合广大种植户采用。此外，西藏和云南迪庆州等地区虽然在青稞生长季有较多的雨水，但在青稞的播种期，这些地区大多处于旱季，因此本研究成果特别适合在青稞播种期土壤较为干旱的地区应用和推广，以提高青稞出苗的速度和整齐度，降低播种成本，提高播种效果，形成健壮幼苗，使青稞有效度过干旱的播种季，对青稞播种实践具有一定的指导意义。

[参考文献]

[1] 安海梅, 姚晓华. 2,4-D 预处理对久置青稞种子萌发、幼苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 90. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.025.

[2] 董吉林, 李鹏冲, 申瑞玲, 等. 青稞萌发工艺优化及营养成分分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 158. DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2017.02.034.

[3] 谭大明, 谭海运, 刘国一, 等. 西藏不同黑青稞品种的农艺性状和营养品质分析[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(2): 142. DOI: 10.7606/j.issn.1009-1041.2018.02.03.

[4] 陈建国, 梁寒峭, 李金霞, 等. 响应曲面法优化黑青稞花青素的提取工艺[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 80.

[5] 魏娜, 次顿, 张唐伟. 西藏高原地理与气候因子对青稞功能性成分的影响[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(12): 115. DOI: 10.13304/j.nykjdb.2017.0861.

[6] 严子柱, 李得禄, 满多清, 等. PEG6000 模拟干旱胁迫对铃铛刺和披针叶野决明种子萌发的影响[J]. 干旱区研究, 2017, 34(1): 88. DOI: 10.13866/j.azr.2017.01.12.

[7] REHMAN H, IQBAL H, BASRA S M A, et al. Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(9): 1745. DOI: 10.1016/S2095-3119(14)61000-5.

[8] ANISA R, WANCHAI C, PITIPONG T, et al. Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(3): 605. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61441-7.

[9] ZHAO Y L, HU M H, GAO Z, et al. Biological mechanisms of a novel hydro-electro hybrid priming recovers potential vigor of onion seeds[J]. Environmental and Experimental Botany, 2018, 150: 260. DOI: 10.1016/j.en-

vexpbot.2018.04.002.
[10] 毛自朝. 植物生理学[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
[11] 董志朋, 刘项, 唐玉姣, 等. 我国种子引发技术在作物抗旱性上的研究进展[J]. 种子, 2016, 35(10): 53. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2016.10.053.
[12] 郝楠, 王建华, 李宏飞, 等. 种子活力的发展及评价方法[J]. 种子, 2015, 34(5): 44. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2015.05.047.
[13] 康志钰, 李芬, 邝玲, 等. 不同浓度 PEG 对玉米杂交种发芽特性的影响[J]. 西南农业学报, 2013, 26(5): 1764. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2013.05.027.
[14] 毕辛华, 戴心维. 种子学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
[15] 颜启传. 种子学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
[16] 张文明, 宋贺, 马潇潇. 甜糯玉米种子水引发试验研究[C]//安徽省第五届“兴皖之光”青年学术年会指导委员会秘书处.安徽省第五届“兴皖之光”青年学术年会论文集 (农科卷). 合肥: 安徽电子音像出版社, 2005.
[17] ROWES H R. Methods of priming seeds: US, 5119589 [P]. 1992-06-09.
[18] 吴萍, 宋顺华, 宫国义, 等. 引发处理对西瓜种子保存和寿命的影响[J]. 北方园艺, 2015(2): 29. DOI: 10.11937/bfyy.201502008.
[19] 吴萍, 宋顺华, 李丽, 等. 引发处理对番茄种子保存和寿命的影响[J]. 中国蔬菜, 2015(4): 36. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6346.2015.04.011.
[20] 毛连刚, 颜冬冬, 吴篆芳, 等. 种子处理技术研究进展[J]. 中国蔬菜, 2013(10): 9. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6346.2013.10.002.
[21] 陈星可. 不同贮藏条件下多花木蓝种子活力的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017.
[22] 徐丽媛, 范家萌, 徐四静, 等. 农作物种子活力检测与引发技术研究进展[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(20): 37. DOI: 10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2018.20.013.
[23] 李洁, 张亚琦. 盐胁迫对青稞种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2014, 33(12): 70. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2014.12.041.
[24] 庞羽彤, 来盼, 李青雁, 等. 差异 NaCl 处理时间对青稞和大麦生理影响的比较[J]. 华北农学报, 2014, 29(S1): 223. DOI: 10.7668/hbnxb.2014.S1.043.
[25] 宋子叶, 郭尚敬, 杨万立, 等. 不同引发剂对小麦种子发芽的影响[J]. 河北农业科学, 2018, 22(4): 13. DOI: 10.16318/j.cnki.hbnykx.2018.04.004.

责任编辑：何謦成

(上接第 365 页)

[10] 杨珍福, 吴毅歆, 聂兴成, 等. 3 株烟草内生细菌促进作物生长作用的研究[J]. 江西农业学报, 2014, 26(11): 58. DOI: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2014.11.015.
[11] 袁宗胜, 张广民, 刘延荣, 等. 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性测定[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(4): 9. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2001.04.003.
[12] 胡燕, 王开运, 许学明, 等. 烯酰吗啉对我国烟草黑胫病菌的毒力研究[J]. 农药学学报, 2006, 8(4): 339. DOI: 10.3321/j.issn:1008-7303.2006.04.009.
[13] 彭阁, 姜乾坤, 谭军, 等. 烟草黑胫病拮抗真菌的筛选及活性评价[J]. 中国烟草科学, 2018, 39(1): 77. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2018.01.011.
[14] 徐同伟, 周建云, 祖庆学, 等. 两株烟草黑胫病拮抗菌的筛选、鉴定和促生防病潜力评价[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(3): 44. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.03.008.
[15] 周建云, 王永立, 徐同伟, 等. 一株烟草黑胫病高效拮抗菌的筛选、鉴定及生防潜力评价[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(5): 23. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6820.2017.05.004.
[16] 贾瑞莲, 耿明明, 李艳, 等. 寡雄腐霉发酵液对烤烟的促生及防黑胫病效应分析[J]. 中国烟草科学, 2016, 49(2): 21. DOI: 10.16135/j.issn1002-0861.20160204.
[17] 曹明慧, 冉炜, 杨兴明, 等. 烟草黑胫病拮抗菌的筛选及其生物效应[J]. 土壤学报, 2011, 48(1): 151. DOI: 10.11766/trxb200912150573.
[18] KWAK M J, GONG H G, CHOI K, et al. Rhizosphere microbiome structure alters to enable wilt resistance in tomato[J]. Nature Biotechnology, 2018, 36: 1100. DOI: 10.1038/nbt.4232.

责任编辑：何謦成