

## 辣椒野生和栽培种种子萌发特性比较研究

危 革<sup>1</sup>, 刘周斌<sup>1,2</sup>, 欧立军<sup>1</sup>

(1. 湖南省农业科学院 蔬菜研究所, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南大学 研究生院隆平分院, 湖南 长沙 410125)

**摘 要:**为阐明人工驯化对辣椒野生种种子的影响,对辣椒野生种和相应的栽培种在萌发过程中萌发指标、内含物和酶活性等进行了比较分析。结果表明:野生种种子明显小于栽培种,吸水和萌发速率高于栽培种;萌发前中期,野生种的 $\alpha$ -淀粉酶和脂肪酶活性较高,可溶性糖和蛋白质含量较高。表明野生种种子偏小,方便传播;较高的酶活性能加快淀粉分解,促进种子萌发;同时,辣椒栽培种种子变大导致了萌发速率和对水环境变化的适应能力的降低,说明野生种的一些优秀基因在人工驯化过程中丢失。因此,在辣椒的杂交育种中应加强野生种资源的引入,达到提高产量和品种的抗逆能力的目的。

**关键词:**辣椒;种子;野生种;栽培种;萌发指数;内含物;酶活性

**中图分类号:**S 641.302.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)14-0008-05

种子大小对幼苗的生长发育具有重要意义,大种子含有更多的营养物质,而小种子内营养物较少。种子的大小是否会影响萌发一直存在争议。有研究表明,种子大小(质量)影响种子萌发及后续生长,大种子的出苗率、苗高及鲜质量都优于小种子<sup>[1-2]</sup>,但还有研究认为小种子的萌发率和出苗率比大种子高<sup>[3]</sup>以及种子大小对发芽势、发芽率无影响<sup>[4]</sup>。种子萌发过程基本上包括种子吸水,贮存组织内物质水解和运输到生长部位合成细胞组分,细胞分裂,胚根、胚芽出现。种子的成分以淀粉为主,种子的萌发过程实际上也是淀粉分解的一个过程,种子经水浸泡后开始萌芽,机理是水通过促进种子吸胀,引起种子内各种酶活性增强,降解种子贮藏物质,促进种子萌发<sup>[5]</sup>;萌发初期,淀粉酶活性较高,随着淀粉不断被转化,含

量逐渐减少<sup>[6]</sup>。脂类是种子内含物的第二大类储存物,种子萌发时,其储存的油脂被降解用以维持萌发以及早期幼苗的生长<sup>[7]</sup>,脂肪酶活性随着萌发时间的增加而不断提高<sup>[8]</sup>。

植物野生种经过人类的驯化和栽培,衍变为栽培种,是栽培种的祖先。随着人类活动的影响,野生种数量逐渐减少,野生种群内的花粉交流也会诱导野生种的近交衰退<sup>[9]</sup>;但同时野生种有着比栽培种更强的对环境的适应能力,包括更强的酶代谢能力<sup>[10]</sup>,更多的有利遗传变异<sup>[11-12]</sup>及改良栽培种,增加产量和提高抵抗外界胁迫能力的优秀基因<sup>[13-14]</sup>。辣椒起源于拉丁美洲,是一种重要的蔬菜和调味品。国际植物遗传资源委员会(IB-PGR)确定辣椒有 *Capsicum annuum* L., *Capsicum baccatum* L., *Capsicum chinense* Jacquin., *Capsicum frutescens* L. 和 *Capsicum pubescens* Ruiz & Pavon 等 5 个栽培种,其中 *Capsicum annuum* L. 分化最多、栽培最广,杂交育种主要在 *Capsicum annuum* L. 栽培种展开<sup>[15]</sup>,但 *Capsicum annuum* L. 遗传基础较为狭窄<sup>[16]</sup>,其它栽培种和野生种应用较少,制约了辣椒育种的进展。研究野生种与栽培种的萌发是否存在差异及野生种驯化为栽培种后对其种子的萌发存在何种利弊

**第一作者简介:**危革(1980-),女,本科,研究实习员,研究方向为蔬菜育种。E-mail:442799225@qq.com.

**责任作者:**欧立军(1976-),男,博士,研究员,研究方向为植物生理生化和分子生物学。E-mail:ou9572@126.com.

**基金项目:**现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-25-A-8)。

**收稿日期:**2017-02-08

对解决种子大小与萌发之间的关系及人工选择对植物进化的影响有一定意义。该试验对辣椒栽培种 *Capsicum annuum* L. 及相对应的野生种 *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* 萌发过程中酶活性和内含物等进行比较,分析野生种和栽培种之间的萌发差异,探讨种子大小对萌发的影响,以期对野生种的保护利用及栽培种育种基因源的拓展提高提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

辣椒栽培种 *Capsicum annuum* L. 及相对应的野生种 *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, 由湖南省农业科学院蔬菜研究所提供。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 种子的质量及大小

随机选取 100 粒饱满种子进行种子质量测定,重复 3 次;随机选取 20 粒饱满成熟的种子测量种子的大小,以长×宽×厚表示,取平均值。种子形态术语依据如下标准:种子形状是指种脐朝下摆放时种子最大表面轮廓的形状,以长×宽×厚表示,用卡尺测量。长度指种子着生种脐的一端至另一端间(或着生种脐的一面至种子相对的另一面间)的最大距离;宽度指垂直于长度轴的种子最大直线距离;厚度指垂直于宽度的第三平面的直线距离<sup>[17]</sup>。宽度和厚度都测量种子的最大部位。

#### 1.2.2 种子吸胀

取饱满种子各 100 粒,3 次重复。用蒸馏水浸没,在 25℃ 恒温箱中保温。10 h 取出种子,吸干浮水后称重。

#### 1.2.3 种子质量和萌发参数

饱满种子浸种 10 h 后,置于(25±1)℃ 条件下,分别萌发 0、7、21 h 和 2、6、10、14 d 后取出,

各项指标分别取 1 000 粒(株)进行测量。质量变化率(%)=(催芽后吸去表面水质量-浸种后质量)/浸种后质量×100;发芽势(%)=规定期内发芽的种子数/种子总数×100;萌发指数(%)= $\sum(Gt/Dt)$ ,式中, $Gt$  为发芽后  $t$  日内发芽数, $Dt$  为相应的发芽天数。

### 1.3 项目测定

#### 1.3.1 内含物测定

可溶性糖、淀粉和蛋白质含量分别采用蒽酮比色法、酸水解法和考马斯亮蓝法测定;氨基酸含量采用南京建成生物工程研究所研制试剂盒测定。

#### 1.3.2 酶活性测定

$\alpha$ -淀粉酶和脂肪酶活性采用南京建成生物工程研究所研制试剂盒测定。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 统计分析软件进行数据分析及差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子质量、大小和吸涨速率比较

由表 1 可以看出,野生种 *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* 的种子显著小于栽培种 *Capsicum annuum* L. 的种子,其千粒质量、长和宽分别为栽培种的 36.45%、73.56%和 71.63%;但野生种的吸水速率显著高于栽培种,其 10 h 内的吸胀速率为野生种的 130.72%。

### 2.2 种子萌发过程中的质量变化率的比较

野生种种子前 2 d 的质量变化低于栽培种种子,但二者间无显著差异;6 d 时野生种种子质量显著低于栽培种,其仅为栽培种质量的 70.15%;10 d 和 14 d 时则显著高于栽培种种子质量,分别为栽培种的 135.72%和 147.35%(表 2)。

表 1

种子千粒质量、大小和吸涨速率比较

Table 1

Comparison of 1 000-grain weight, size and imbibition rate

品种 Variety	千粒质量 1 000-grain weight/g	种长 Seed length/mm	种宽 Seed width/mm	种厚 Seed thickness/mm	吸胀速率 Imbibition rate/%
<i>Capsicum annuum</i> L.	6.42±0.13 <sup>a</sup>	4.35±0.18 <sup>a</sup>	3.63±0.19 <sup>a</sup>	1.03±0.20	56.32±3.34 <sup>b</sup>
<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	2.34±0.09 <sup>b</sup>	3.20±0.21 <sup>b</sup>	2.60±0.19 <sup>b</sup>	1.00±0.12	73.62±4.58 <sup>a</sup>

注:同列数字后不同小写字母表示差异达显著水平( $P \leq 0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表 2  
Table 2  
种子质量变化率比较  
Comparison of change rate of seed mass

品种 Variety	0 h	7 h	21 h	2 d	6 d	10 d	14 d
<i>Capsicum annuum</i> L.	0.00	6.93	3.93	0.67	19.80 <sup>a</sup>	25.53 <sup>b</sup>	70.13 <sup>b</sup>
<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	0.00	6.51	3.04	0.57	13.89 <sup>b</sup>	34.65 <sup>a</sup>	103.34 <sup>a</sup>

2.3 种子的萌发指标的比较

野生种前 2 d 开始萌发,栽培种此阶段没有出现;第 10 天二者大量发芽,无明显差异;第 14 天,野生种的发芽率达到 93.33%,显著高于栽培

种的 88.33%;14 d 后统计发现,野生种的发芽势和萌发指数显著高于栽培种,分别为栽培种的 128.59%和 118.47%(表 3)。

表 3  
Table 3  
萌发过程中发芽率的变化和 14 d 后的发芽率、发芽势和萌发指数比较  
Comparison of germination rate during the germination process and germination rate, germination energy and germination index after 14 days

品种 Variety	发芽率 Germination rate				发芽势 Germination energy	萌发指数 Germination index
	2 d	6 d	10 d	14 d		
<i>Capsicum annuum</i> L.	0.00±0.00 <sup>b</sup>	23.33±9.43 <sup>b</sup>	58.67±7.07 <sup>a</sup>	88.33±2.36 <sup>b</sup>	23.33±1.25 <sup>b</sup>	31.89±2.14 <sup>b</sup>
<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	4.83±2.58 <sup>a</sup>	28.34±7.79 <sup>a</sup>	61.67±2.35 <sup>a</sup>	93.33±4.03 <sup>a</sup>	30.00±2.21 <sup>a</sup>	37.78±2.39 <sup>a</sup>

2.4 萌发过程中部分内含物含量的比较

种子淀粉含量随着萌发时间的推移逐渐下降,但野生种种子的下降速率快于栽培种种子(图 1A);除第 14 天外,野生种种子的可溶性糖含量都高于栽培种种子(图 1B);蛋白质含量随着萌发时间的增加逐渐减少,且野生种种子在萌发前中期的蛋白质含量高于栽培种种子,而后期低于栽培种种子(图 1C);野生种种子在萌发过程中的氨

基酸含量与栽培种种子无明显差异(图 1D)。

2.5 萌发过程中部分酶活性的比较

种子的淀粉酶随着萌发时间的推移逐渐升高(野生种在后期下降),同时野生种种子在萌发前中期的淀粉酶活性显著高于栽培种种子,末期(第 14 天)则显著低于栽培种种子(图 2A);脂肪酶活性在萌发期间一直升高,且野生种种子的脂肪酶活性一直高于栽培种种子(图 2B)。

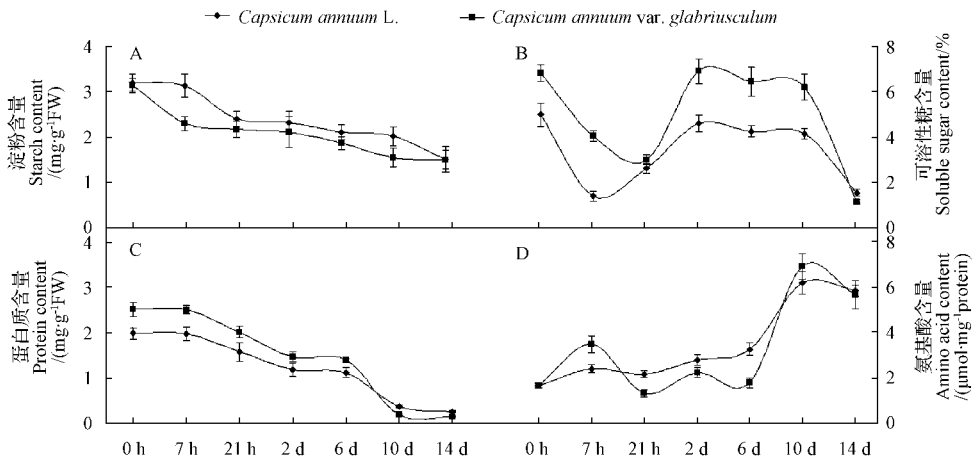


图 1 萌发过程中内含物比较

Fig. 1 Comparison of inclusion during the germination process

3 讨论

种子大小是植物生活史中一个重要的选择焦点<sup>[18]</sup>,种子的散布、萌发、幼苗定居以及种群的分布格局皆与种子大小有关,是植物生活史中的一

个核心特征<sup>[19]</sup>。种间种子大小变异被认为是种子大小变异的中心问题<sup>[20]</sup>,是依据种子大小和数目之间进化上权衡的结果,是稳定地自然选择<sup>[21]</sup>,还有认为其是选择所决定的一种发育途径,而不是一个持续稳定的选择过程,只是作为物

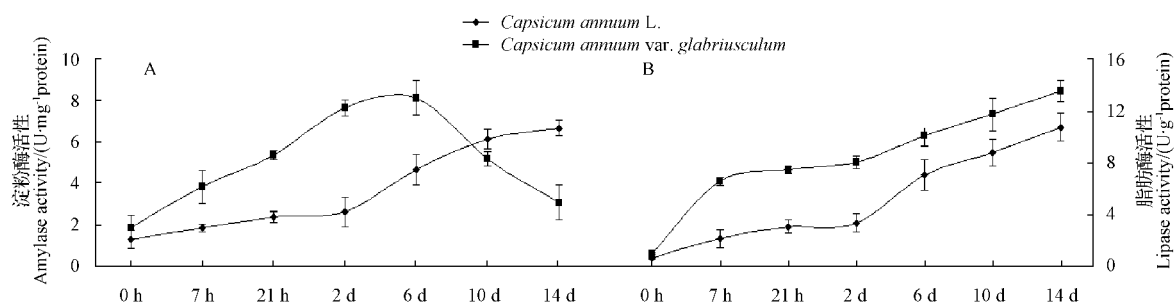


图2 萌发过程中的酶活性比较

Fig. 2 Comparison of enzyme activity during the germination process

种分布的限制,而不是适应<sup>[22]</sup>。种子大小为一数量性状,且与其它性状相联系,有观点认为种子大小与生活型(寿命)呈正相关<sup>[23-24]</sup>,与幼苗生长速率呈负相关<sup>[5]</sup>,也有研究认为没有这种相关性<sup>[19]</sup>。有研究认为小种子具有更高的萌发优势,如唇形科植物和一些中生植物<sup>[3]</sup>。张蕾等<sup>[25]</sup>对31种杂草种子的研究表明,随着种子大小的增加萌发率、高峰萌发率逐渐减小,萌发速率减慢;但又有研究认为大种子具有更高的萌发率,如瓜拉那的种子<sup>[26]</sup>。该试验对辣椒栽培种和野生种的研究结果表明,栽培种的种子显著大于野生种种子,但其吸水速率和吸水比例及萌发速度显著低于野生种,与种子大小呈现负相关,这与SORIANO等<sup>[5]</sup>研究结果一致;同时,野生种种子偏小,方便传播,较快的萌发速度,有利于缩短繁殖周期,这与在豆类种子上的研究结果<sup>[27]</sup>一致。

淀粉是种子的主要储藏物质,淀粉的分解利用主要依靠淀粉酶,其分解淀粉后的产物和释放的能量是萌发初期物质与能量代谢的重要来源,是种子顺利发芽和幼苗生长优势的重要生理基础之一。董晓红等<sup>[28]</sup>研究发现,胡萝卜种子在萌发过程中淀粉酶活性逐渐升高,淀粉含量逐渐降低。马永强等<sup>[29]</sup>发现玉米种子萌发时淀粉含量呈逐步下降趋势,发芽7 d后淀粉含量从73.4%减少至42.3%;淀粉酶类不同程度地作用于淀粉骨架结构,将淀粉一步步分解为葡萄糖,从而为种子萌发提供能量。相关研究表明,萌发率高和萌发速率快的种子的淀粉降解速率快,淀粉酶活性高<sup>[30]</sup>,且种子中较高的淀粉酶活性可以使种子萌发更快,更容易存活<sup>[31]</sup>。该研究表明,辣椒野生种种子的淀粉含量下降速率快于栽培种,说明野生种种子的淀粉粒降解速率快,这与较高的淀粉酶活性一致;同时,较快的吸水速率,保证种子能

快速充分利用水分;这些与辣椒起源于拉丁美洲相适应,种子只有抓住降水时快速的吸收、萌发与生长来适应水资源的匮乏和繁衍后代。

试验认为,辣椒栽培种由于人为的选择,种子变大的同时对吸水和萌发速率变慢,这将导致适应环境的能力降低,一旦突遇气候特别是水分的较大变化,如果失去人为因素的保护必将产生不良的后果。因此,在辣椒的杂交育种中有必要引入野生资源,扩大基因源;同时有必要对栽培种种子进行“锻炼”,增强对环境特别是突发逆境的抵抗力。

## 参考文献

- [1] 武高林,杜国祯. 植物种子大小与幼苗生长策略研究进展[J]. 应用生态报,2008(1):191-197.
- [2] 谢皓,贾秀婷,陈学珍,等. 播种深度和种子大小对大豆出苗率和幼苗生长的影响[J]. 农学学报,2012(6):10-14,20.
- [3] 王晨阳,张春辉,刘文,等. 青藏高原东缘唇形科植物种子大小对萌发的影响研究[J]. 草地学报,2011,19(4):601-606.
- [4] 杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等. 沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2012(24):7757-7763.
- [5] SORIANO D, OROZCO-SEGOVIA A, MÁRQUEZ-GUZMÁN J, et al. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth[J]. Annals of Botany, 2011, 107(6): 939-951.
- [6] 何玉惠,赵哈林,刘新平,等. 小叶锦鸡儿种子大小变异对萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子,2008(8):10-13.
- [7] 莫云容,李培欣,马仲飞,等. 外源 ABA 对不同品种辣椒种子萌发的影响[J]. 湖南生态科学学报,2014(4):28-33.
- [8] 李金泉,卢永根,冯九焕,等. 栽培稻与普通野稻杂交种优势和农艺性状的遗传分析[J]. 中国农学通报,2004(6):136-139.
- [9] VECCHI-STATA M D, LAUCOU V, BRUNO G, et al. Low level of pollen-mediated gene flow from cultivated to wild grapevine; Consequences for the evolution of the endangered subspecies *Vitis vinifera* L. subsp. *silvestris*[J]. Journal of Heredity, 2009, 100(1):66-75.

- [10] STEINHAUSER M C, STEINHAUSER D, KOEHL K, et al. Enzyme activity profiles during fruit development in tomato cultivars and *Solanum pennellii*[J]. Plant Physiology, 2010, 153: 80-98.
- [11] WARNER R M, WALWORTH RTH A E. Quantitative inheritance of crop timing traits in interspecific hybrid *Petunia* populations and interactions with crop quality parameters[J]. Journal of Heredity, 2010, 101(3): 308-316.
- [12] RICK C M. Natural variability in wild species of *Lycopersicon* and its bearing on tomato breeding[J]. Genetica Agraria, 1976, 30: 249-259.
- [13] GUO J, WANG Y S, SONG C, et al. A single origin and moderate bottleneck during domestication of soybean (*Glycine max*): Implications from microsatellites and nucleotide sequences[J]. Annals of Botany, 2010, 106: 505-514.
- [14] SUN W, XU X N, ZHU H S, et al. Comparative transcriptomic profiling of a salt-tolerant wild tomato species and a salt-sensitive tomato cultivar[J]. Plant Cell Physiol, 2010, 51(6): 997-1006.
- [15] PICKERSGILL B. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp[J]. Euphytica, 1997, 96: 129-133.
- [16] PRINCE J P, LACKNEY V K, ANGELES C, et al. A survey of DNA polymorphism within the genus *Capsicum* and the fingerprinting of pepper cultivars[J]. Genome, 1995, 38: 224-231.
- [17] MUSIL A F. Identification of crop and weed seeds[M]. Washington, D C: Agricultural Marketing Service, U. S. Department of Agriculture, 1978: 66-67.
- [18] HARPER J L, LOVELL P H, MOORE K G. The shapes and sizes of seeds[J]. Annu Rev Ecol Syst, 1970(1): 327-356.
- [19] WESTOBY M, JURADO E, LEISHMAN M. Comparative evolutionary ecology of seed sizes[J]. Trends Ecol Evol, 1992, 7(11): 368-372.
- [20] SILVERTOWN J. Reply from Silvertown J[J]. Trend Ecol Evol, 1989, 4(5): 145-146.
- [21] HAIG D. Seed size and adaptation[J]. Trends Ecol Evol, 1989, 4(5): 145.
- [22] SILVERTOWN J. The paradox of seed size and adaptation[J]. Trend Ecol Evol, 1989, 4(1): 24-26.
- [23] BAKER H G. Seed weight in relation to environmental conditions in California[J]. Ecol, 1972, 53(6): 997-1010.
- [24] SILVERTOWN J W. Seed size, life span and germination data as co-adapted features of plant life history[J]. Am Nat, 1981, 118: 860-864.
- [25] 张蕾, 张春辉, 吕俊平, 等. 青藏高原东缘 31 种常见杂草种子萌发特性及其与种子大小的关系[J]. 生态学杂志, 2011, 30(10): 2115-2121.
- [26] 成焱, 崔现亮, 周开元, 等. 萌发前处理和种子大小对瓜拉那(*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)种子萌发的影响[J]. 生态科学, 2010, 29(5): 422-426.
- [27] RAVENEAU M P, COSTE F, MOREAU-VALANCOGNE P, et al. Pea and bean germination and seedling responses to temperature and water potential[J]. Seed Science Research, 2011, 21(3): 205-213.
- [28] 董晓红, 万清林, 徐娜. 胡萝卜种子萌发过程中生理生化变化的研究[J]. 生物技术, 2005, 15(6): 55-57.
- [29] 马永强, 韩春然. 玉米萌发过程中淀粉的变化[J]. 粮食加工, 2007, 32(3): 42-44.
- [30] 张凤兰, 杨忠仁, 郝丽珍. 光照对沙芥种子萌发中生理生化指标的影响[J]. 植物生理学报, 2011, 47(6): 625-629.
- [31] ISMAIL A M, ELLA E S, VERGARA G V, et al. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*) [J]. Annals of Botany, 2009, 103: 197-209.

## Germination Characteristics of Wild and Cultivated Pepper

WEI Ge<sup>1</sup>, LIU Zhoubin<sup>1,2</sup>, OU Lijun<sup>1</sup>

(1. Vegetable Institute, Hunan Academy of Agricultural Science, Changsha, Hunan 410125; 2. Longping Branch, Graduate School of Hunan University, Changsha, Hunan 410125)

**Abstract:** The germination index, inclusion and enzyme activities of wild pepper and their corresponding cultivars during germination process were studied to illustrate the effects of domestication on wild pepper. The results showed that wild pepper seeds were significantly smaller, higher water inhibition rate and germination rate; and they had higher  $\alpha$ -amylase and lipase activities, higher contents of soluble sugar and protein before the end of germination. The results indicated that the smaller wild seeds were easier to spread and higher enzyme activities promoted rapidly decomposition of starch and germination. By contrast, increased seed size would lead to reduced germination rate and decreased adaptive ability to water environmental change, indicating loss of some excellent gene during the process of domestication. Thus, that pepper cultivars should crossbreed with wild pepper to promote production and improve resistance to adverse environments.

**Keywords:** pepper; seed; wild pepper; cultivated pepper; germination index; inclusion; enzyme activities