

# 国家蔬菜资源中期库中不同葱属蔬菜种子生活力监测

武亚红,王海平,李锡香,宋江萍,赵青,张晓辉,阳文龙

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所/农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室,北京 100081)

**摘要:**葱属植物为多年生草本植物,隶属于百合科,是单子叶植物纲百合科中最大的属之一,广泛分布于世界各地。其中,葱属蔬菜种类丰富,在蔬菜生产中占有重要地位。葱属蔬菜种子寿命短,在储存中生活力易下降甚至丧失。本试验以国家蔬菜资源中期库中保存的6种葱属蔬菜共610份资源为研究对象,其中包括韭菜267份、大葱226份、分葱40份、洋葱67份、韭葱8份、南欧蒜2份。对其发芽率测定,结果表明:经过21~30年的储存后,6种葱属蔬菜种子的生活力均呈现显著下降趋势,其中以分葱和洋葱最为严重;所有被检测的葱属蔬菜仅有77份材料符合入库标准,占被监测份数的12.62%,丧失生活力的有198份,接近被监测份数的1/3,87.38%的种子需要繁殖更新;入库时的种子发芽率严重影响着种子在贮存期间的生活力,初始发芽率越低,监测发芽率下降的越快;不同繁殖单位的葱属蔬菜发芽率下降值之间普遍存在显著差异,不同的繁殖环境显著影响着种子的保存寿命;同一种葱属的不同基因型间也表现出寿命长短差异。虽然低温贮藏可以在一定程度上延长种子寿命、保持种子活力,但对于短命植物种子来说仍有必要制定明确的种子监测方案和更新标准。

**关键词:**蔬菜资源中期库;葱属蔬菜资源;种子生活力监测

## Monitoring Seed Viability of Different Allium Vegetables in the National Medium-term Genebank of Vegetable Germplasm Resources

WU Ya-hong, WANG Hai-ping, LI Xi-xiang, SONG Jiang-ping, ZHAO Qing,

ZHANG Xiao-hui, YANG Wen-long

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Horticultural Crop Biology and Germplasm Creation in the Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

**Abstract:** *Allium* L. is an important perennial herbs, which is one of the largest genera in monocotyledoneae Liliaceae, and wider distributed all over the world. Vegetables of the genus *Allium* L. with high diversity are very important in the vegetable production. The viability of the short-lived seed of *Allium* is easily reduced or even lost during storage. A total of 610 accessions of 6 species of allium vegetables in the National Medium-term Genebank of Vegetable Germplasm Resources, including 267 accessions of *A. tuberosum* Rottler ex Spreng., 226 accessions of *A. fistulosum* L., 40 accessions of *A. fistulosum* L. var. *caespitosum* Makino., 67 accessions of *A. cepa* L., 8 accessions of *A. porrum* L., and 2 accessions of *A. ampeloprasum* L. were evaluated for seed germination. The results indicated that the seed viability of the 6 species of allium vegetable resources declined significantly after 21-30 years storage, with *A. fistulosum* L. var. *caespitosum* Makino. and *A. cepa* L. the most seriously; only 77

收稿日期: 2019-07-11 修回日期: 2019-08-03 网络出版日期: 2019-08-27

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190711002>

第一作者研究方向为蔬菜种质资源, E-mail: 937635267@qq.com

通信作者: 王海平, 研究方向为蔬菜种质资源, E-mail: wanghaiping@caas.cn

**基金项目:**国家重点研发计划课题(2016YFD0100204, 2017YFE0105100-2); 国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-A-01); 国家自然科学基金项目(31872946); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(IVF-BRF2018001); 农业部作物种质资源保护项目(2016NWB037)

**Foundation project:** National Key Research and Development Program(2016YFD0100204, 2017YFE0105100-2), Technical System of National Characteristic Vegetable Industry(CARS-24-A-01), National Natural Science Foundation Project(31872946), Fundamental Research Funds for Central Non-profit Scientific Institution(IVF-BRF2018001), Crop Germplasm Resources Protection Project of the Ministry of Agriculture(2016NWB037)

accessions of all the evaluated germplasm met the storage standard, which accounted for 12.62%, 198 accessions of all the evaluated germplasm completely lost vitality, which accounted for 1/3, and 87.38% of the seeds need to be regenerated; that the initial germination percentage of the seeds put in storage heavily affected the viability of the seeds during storage; The lower the initial germination rate, the faster the monitoring germination rate decreases; there are generally significant differences between the germination rate of *Allium* L. germplasm in different seed multipliers, and the different breeding environments significantly affect the preservation life of seeds; and that the different genotypes of the same species of allium vegetables also showed difference in longevity. Although low temperature storage could prolong the seed longevity and maintain the seed vigor to a certain extent. Moreover, it is necessary to establish the clear seed monitoring plan and regeneration for short-lived seed.

**Key words:** National Medium-term Genebank of Vegetable Germplasm Resources; allium vegetable genetic resources; seed viability monitoring

葱属植物是目前单子叶植物纲中最大的属之一,约 850 种<sup>[1]</sup>,广泛分布于世界各地,在我国主要分布在东北、华北、西北和西南地区<sup>[2]</sup>。葱属蔬菜常见的有葱、韭菜、蒜等,是世界重要蔬菜,具有很高的食用价值、牧草价值、药用价值及观赏价值等。然而在实际生产中,葱属作物种子寿命短且不耐贮藏,在室温条件贮藏 12 个月,发芽率迅速降低,隔年的发芽率只有 40%~60%,在长期储存中极易造成种子生活力的下降直至丧失<sup>[3]</sup>,严重威胁到葱属蔬菜种质的安全保存,所以监测贮存种子生活力是种质保存过程中必不可少的环节。目前,全球共建成 1750 余个种质库(圃),收集保存种质资源超 700 万份,其中 90% 的种质资源是以种子的形式保存于种质库中,仅有 10% 是以植株形式保存于种质圃,或以离体形式保存于试管苗库、超低温库等中<sup>[4]</sup>。我国 20 世纪 50 年代起开展了 2 次全国性作物种质资源征集,抢救收集了 40 万份种质资源。截至 2018 年底,收集保存 340 种作物 50 万份,其中国家库 43.5 万份,种质圃 6.5 万份,保存作物种质资源总量居世

界第 2 位<sup>[5]</sup>。中国农业科学院蔬菜花卉研究所于 20 世纪 80 年代初期建立了国家蔬菜种质资源中期库,库温 2~4 °C,湿度小于 65%<sup>[6]</sup>,截止到 2018 年,共保存了 120 余种不同的蔬菜作物,其中包括葱属蔬菜类型 7 种<sup>[7]</sup>。大多数研究者把目光集中在葱属植物种子生物学特性、化学成分组成、抗病抗逆性等方面<sup>[8-9]</sup>,鲜少有人涉及葱属蔬菜种子的安全保存和利用,本研究通过检测保存于国家蔬菜中期库中 6 种葱属种子发芽率,为葱属蔬菜种质资源生活力的监测、安全保存和繁殖更新提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料为 1987-1996 年间入库(保存年限为 21~30 年)的 6 种葱属共 610 份蔬菜种子(表 1),其中包括韭菜 267 份、大葱 226 份、分葱 40 份、洋葱 67 份、韭葱 8 份、南欧蒜 2 份。国家中期库贮存种子在入库初始都经过生活力检测并符合入库发芽率标准。

表 1 国家中期库不同葱属作物种子入库保存情况

Table 1 Seed storage of different allium crops in the National Medium-term Genebank of Vegetable Germplasm Resources

作物 Crop	年份 Year										总计 Total
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
韭菜 <i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.	41	51	37	52	11	7	44	5	18	1	267
大葱 <i>Allium fistulosum</i> L.	17	23	71	36	3	5	36	18	7	10	226
分葱 <i>Allium fistulosum</i> L. var. <i>caespitosum</i> Makino.	4	0	2	24	0	2	4	1	2	1	40
洋葱 <i>Allium cepa</i> L.	7	10	20	6	1	2	6	8	6	1	67
韭葱 <i>Allium porrum</i> L.	0	0	1	4	1	1	0	1	0	0	8
南欧蒜 <i>Allium ampeloprasum</i> L.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2

## 1.2 发芽率测定方法

采用培养皿滤纸法进行种子萌发试验,每份资源设置3个重复,每个重复100粒种子,经1%的硫酸铜溶液浸泡1h后冲洗干净,均匀散放在铺有滤纸的培养皿中,于18℃的培养箱中恒温培养。根据国家标准《农作物种子检验规程》在培养后第12天统计发芽率。

发芽率=(发芽终期正常幼苗数/供试种子数)×100%。

## 1.3 数据分析与统计

应用Excel软件对发芽数据进行统计计算,将各种种子种名、编号、入库发芽率、监测发芽率、发芽率变化、监测发芽率变异系数以及各种类型种子发芽率大于等于85%、大于等于70%且小于85%、大于0且小于70%、0的份数进行统计计算。

利用SAS 9.4软件对不同葱属蔬菜种间发芽率下降值及来自不同繁种单位的葱属蔬菜种间发芽率下降值进行显著性分析,对影响葱属类蔬菜种子的因素进行相关分析。

依据《国际种子检验规程》中的试验一致性的容许差值,可判断所贮存种子生活力是否出现显著下降<sup>[10]</sup>。若初始测定值与监测测定值之差不超出该表的容许差值,认为生活力没有出现显著下降,反之则认为种子生活力显著下降。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮存21~30年后种子生活力整体变化情况

6种葱属蔬菜种子在入库时的平均发芽率为87.88%~94.59%,其中韭菜的发芽率最高,南欧蒜次之;经过21~30年的贮存后,各葱属蔬菜种子均出现较大幅度的下降,监测的平均发芽率为3.90%~62.33%,发芽率下降值为31.17%~85.26%,发芽率最低的是分葱,同时也是种子生活力下降最为严重的一类,其次大葱和洋葱的发芽率下降值也都在75%以上。根据发芽试验一致性检验的容许差距判断,国家中期库中保存的6种葱属蔬菜种子的生活力在贮存21~30年后全部呈显著下降(表2)。

表2 6种葱属蔬菜种子贮存21~30年后的发芽率检测

Table 2 Germination percentage of 6 species of allium vegetables seeds which had been stored for 21-30 years

作物 Crop	初始平均发芽率(%) MIGP	监测平均发芽率(%) MMGP	监测平均发芽率的变异系数(%) CV of MMGP	发芽率下降值(%) Decline in germination percentage	下降显著性判断 Significance
韭菜 <i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.	94.59	46.02	84	48.57c	显著下降
大葱 <i>Allium fistulosum</i> L.	91.67	12.36	164	79.31b	显著下降
分葱 <i>Allium fistulosum</i> L. var. <i>caespitosum</i> Makino.	89.16	3.90	216	85.26a	显著下降
洋葱 <i>Allium cepa</i> L.	89.53	12.55	151	76.98b	显著下降
韭葱 <i>Allium porrum</i> L.	87.88	59.71	45	28.17e	显著下降
南欧蒜 <i>Allium ampeloprasum</i> L.	93.50	62.33	40	31.17d	显著下降

不同小写字母代表差异显著性分析,下同

Significance analysis showed by different lowercase letters. MIGP: Mean initial germination percentage, MMGP: Mean monitored germination percentage The same as below.

通过分析,各葱属蔬菜种子的监测平均发芽率的变异系数在40%~216%之间,种内变异较大,说明同一种葱属蔬菜的不同基因型间也表现出寿命差异,其中某些类型种子生活力丧失较快。

6种葱属蔬菜种子生活力之间均存在显著差异(显著水平 $\alpha=0.01$ ),共分为5个水平。其中分葱种子的生活力下降显著高于其他类葱属蔬菜种子;大葱和洋葱种子的生活力下降不存在显著性,但其显著高于韭菜、韭葱、南欧蒜;韭菜种子的生活力下

降显著高于韭葱和南欧蒜;南欧蒜种子的生活力下降显著高于韭葱(表2)。

### 2.2 不同因素对葱属蔬菜种质生活力的影响

利用SAS 9.4软件对影响葱属类蔬菜种子生活力的因素进行相关分析(表3)。繁种单位与监测发芽率之间存在显著相关,相关系数为0.102;初始发芽率与监测发芽率之间存在极显著相关关系,相关系数为0.290;说明中期库内保存的葱属蔬菜种子的生活力与入库时的发芽率及繁种单位

有着密切联系。而原产地、入库时间和监测发芽率之间相关关系不显著,但原产地与初始发芽率之间存在显著相关关系,与繁种单位存在极显著关

系,说明种子的繁种单位与原产地之间存在着一定联系。

表 3 各影响因素之间的相关分析

Table 3 Correlation analysis among various influencing factors

影响因素 Influencing factors	原产地 Origin	繁种单位 Seed multiplier	入库时间 Storage time	初始平均发芽率 MIGP	监测平均发芽率 MMGP
原产地 Origin	1	0.802**	-0.027	-0.087*	-0.011
繁种单位 Seed multiplier	0.802**	1	0.021	-0.021	0.102*
入库时间 Storage time	-0.027	0.021	1	-0.200**	0.065
初始平均发芽率 MIGP	-0.087*	-0.021	-0.200**	1	0.290**
监测平均发芽率 MMGP	-0.011	0.102*	0.065	0.290**	1

\*\*表示达到了极显著水平,\*表示达到了显著水平

\*\*Correlation is significant at the 0.01 level,\*Correlation is significant at the 0.05 level

**2.2.1 初始发芽率对葱属类蔬菜种子生活力的影响**  
依据不同送验样品间发芽试验一致性容许差距中的发芽率分阶段处理初始发芽率,共分为5个水平,分别是98%~99%、95%~97%、91%~94%、85%~90%、77%~84%,监测发芽率结果依次是41.31%、31.66%、28.50%、16.95%、10.69%。随着初始发芽率的降低监测发芽率也呈现出下降趋势,并且初始发芽率越低,监测发芽率下降的越快(图1)。由此可见,入库时的种子发芽率严重影响着种子在贮存期间的生活力,在今后种子保存时应该加强葱属蔬菜资源入库时发芽率的检测,以较高发芽率的种质入库,以提高保存资源的安全性。

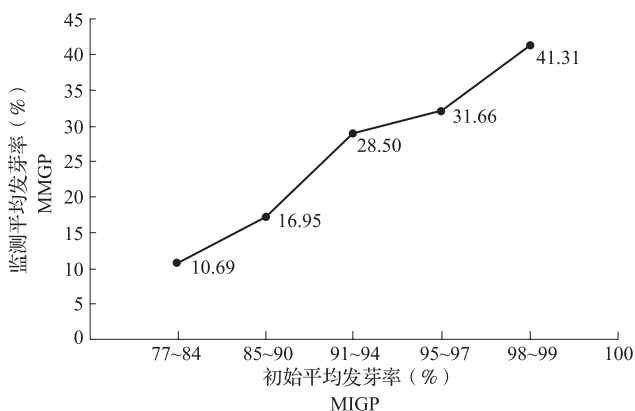


图 1 不同初始发芽率的葱属蔬菜种子监测发芽率

Fig.1 Results of monitoring germination percentage of allium vegetable seeds with different initial germination percentages

**2.2.2 不同繁种单位对葱属类蔬菜种子生活力的影响**  
葱属蔬菜种子在保存21~30年后发芽率

在0~70.00%之间,发芽率最高的繁种单位是华中农业大学,最低的是广东省农业科学院作物研究所;发芽率下降值在21.97%~88.00%之间,最高的是广东省农业科学院作物研究所,最低的是上海市农业科学院园艺研究所,但来自广东省农业科学院作物研究所的材料仅有1份,并不具有代表性,所以选用重庆市农业科学研究所为参考,监测发芽率最低为0.07%,下降值最高为86.13%(表4)。

结果显示,不同繁种单位的葱属蔬菜发芽率下降值之间普遍存在显著差异。来自于华中农业大学和上海农科院园艺所的葱属蔬菜种子生活力在经过保存后显著高于其他单位的种子生活力;来自于广东省农科院经作所和重庆市农科所的葱属蔬菜种子发芽率下降值显著高于其他单位。不同繁种地点有着不同的自然环境,显著影响着种子的保存寿命。

### 2.3 不同葱属蔬菜种子监测发芽率分布情况

根据图2的不同葱属蔬菜种子发芽率分布结果可知,尚且符合入库标准( $\geq 85\%$ )的种子资源中包括韭菜72份,占其被监测份数的26.97%;大葱3份,占其被监测份数的1.33%;韭葱1份,占其被监测份数的12.50%;南欧蒜1份,占其被监测份数的50.00%;而分葱和洋葱中已不存在符合入库标准的种质资源。在不低于品种繁殖更新临界值下限70%的葱属蔬菜资源中包括韭菜105份,占其被监测份数的39.33%;大葱9份,占其被监测份数的3.98%;韭葱4份,占其被监测份数的50.00%;南欧

表4 不同繁种单位的葱属蔬菜种子发芽率监测

Table 4 Results of monitoring germination percentage of allium vegetable seeds from different seed multipliers

繁种单位 Seed multiplier	份数 Accessions	初始平均发芽率 (%) MIGP	监测平均发芽 率(%) MMGP	下降值(%) Decline
广东省农业科学院作物研究所	1	88.00	0.00	88.00a
重庆市农业科学研究所	5	86.20	0.07	86.13a
陕西省农业科学院蔬菜研究所	28	89.55	11.52	78.03b
成都市农林科学院	13	90.27	14.31	75.96bc
天津市农科院蔬菜研究所	16	93.78	18.19	75.59bc
河南省农业科学院园艺所	110	92.52	17.00	75.52bc
辽宁省农业科学院园艺研究所	16	93.38	18.88	74.50bcd
黑龙江省农业科学院园艺研究所	5	96.40	22.73	73.67cde
贵州省农业科学院园艺研究所	2	95.50	22.00	73.50cde
吉林省蔬菜花卉科学研究院	27	92.31	19.49	72.82cde
云南省农业科学院园艺作物研究所	10	87.65	14.90	72.75cde
广西省农业科学院园艺研究所	1	86.50	14.00	72.50cdef
浙江省农业科学院园艺研究所	16	87.28	16.29	70.99defg
宁夏农林科学院蔬菜室	18	89.83	19.65	70.19efg
安徽省农业科学院园艺研究所	5	98.10	29.27	68.83fgh
山西省农业科学院蔬菜研究所	52	92.66	25.10	67.56ghi
河北省农林科学院蔬菜花卉研究所	60	94.16	28.29	65.87hij
青海省农林科学院园艺研究所	5	91.00	25.60	65.40hij
山东省农业科学院蔬菜花卉研究所	30	91.68	26.60	65.08ij
内蒙古农业科学院蔬菜研究所	47	94.49	30.91	63.57jk
北京市农林科学院蔬菜研究中心	3	82.33	21.89	60.44k
新疆农业科学院园艺作物研究所	20	94.60	39.17	55.43l
福州市蔬菜科学研究所	11	92.41	37.03	55.38l
江苏省农业科学院蔬菜研究所	31	93.56	38.98	54.59l
甘肃省农业科学院蔬菜研究所	26	90.33	40.19	50.13m
湖北省农业科学院经济作物研究所	2	92.50	48.33	44.17n
中国农业科学院蔬菜花卉研究所	41	94.82	60.71	34.11o
南昌市蔬菜科学研究所	2	93.25	66.67	26.58p
华中农业大学	2	92.25	70.00	22.25q
上海市农业科学院园艺研究所	5	91.90	69.93	21.97q

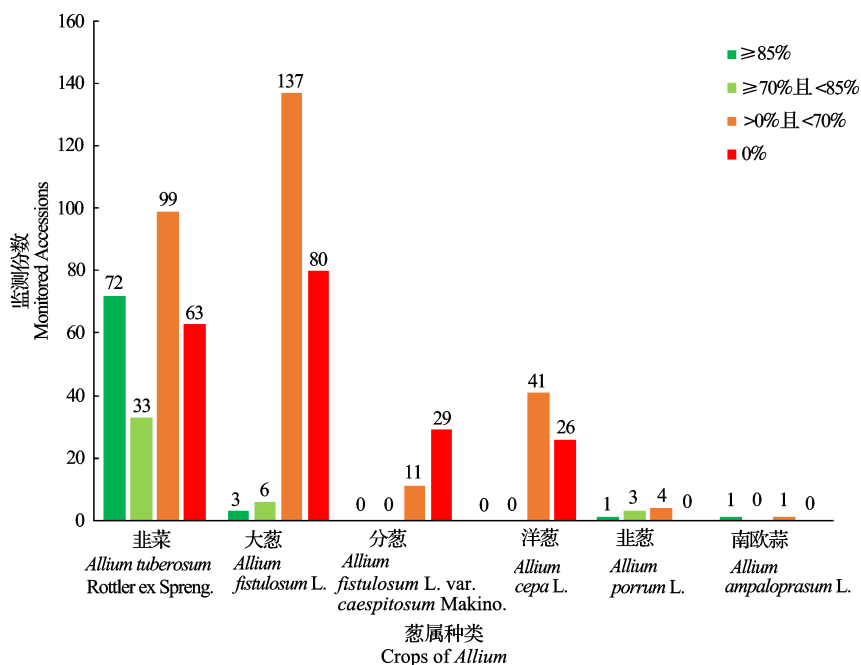


图2 不同葱属蔬菜种子发芽率分布

Fig.2 Distribution results of germination rate of different allium vegetable seeds

蒜 1 份, 占其被监测份数的 50.00%; 而分葱和洋葱中依旧不存在发芽率在 70% 以上的品种资源, 中期库中保存的所有分葱和洋葱种质均需要更新。在经过 21~30 年的贮存后, 有相当一部分葱属蔬菜种子丧失了生活力, 其中以分葱和洋葱最为严重, 分葱丧失生活力的种子有 29 份, 占其被监测份数的 72.50%; 洋葱丧失生活力的种子有 26 份, 占其被监测份数的 38.81%。监测结果表明, 在国家蔬菜资源中期库中保存的不同葱属蔬菜种子在经过较长时间的保存后仅有 77 份材料尚符合入库标准, 占有被监测葱属蔬菜种子份数的 12.62%; 彻底丧失生活力的有 198 份, 接近所有被监测份数的 1/3; 为保证种质库种质长期安全保存, 急需繁殖更新, 以免发生遗传漂变<sup>[11]</sup>。

### 3 讨论

种子生活力监测为种质安全保存、更新和繁殖提供重要参考。目前国际上有 3 个种质繁殖更新的生活力标准, 美国为 50%, 英国为 70%, 国际植物遗传资源委员会 (IPBGR) 则推荐 85%, 标准不一。中国目前对各种葱属种质尚未有明确的更新标准, IPBGR 认为, 85% 的发芽率为作物种子繁殖更新指标最安全<sup>[12]</sup>。但此标准较高, 不符合我国国情及葱属种质贮藏实际情况。结合国内外研究结果, 推荐地方品种和育成品种繁殖更新临界值的上限为 85%、下限为 70%<sup>[5]</sup>。例如, 在对种子生活力丧失特性的研究中, 卢新雄等<sup>[13]</sup>发现水稻种子生活力出现快速下降的拐点发芽率水平约为 75%, 作物不同, 生活力快速下降拐点水平不同。应开展每种作物生活力丧失预警指标研究, 提高种质衰老的预警能力。

种子入库时的质量是保障种质长期安全保存的重要指标。理论上, 种子在现代化低温低湿条件下 (即长期库) 可以安全保存 50 年以上, 而中期库也在 15 年以上<sup>[14]</sup>, 但是种子在贮藏期间的生活力也会受到多方面因素的影响<sup>[15]</sup>。不同物种种子的贮藏寿命存在差异<sup>[16]</sup>, 在 6 种葱属蔬菜中, 分葱、洋葱、大葱的耐贮性最弱, 韭葱和南欧蒜的耐贮性相对强一些; 同一物种内的不同基因型间常常也表现出寿命差异, 各葱属蔬菜种子的监测平均发芽率的变异系数在 40%~216% 之间, 种内变异较大, 说明个别类型种子的生活力丧失较快, 如粳稻、早籼、晚大糯、早籼类型的水稻种子, 在低温贮藏条件下表现出耐贮性明显不如中晚稻、晚小糯、早小糯等<sup>[17]</sup>, 各种作物间或各基因型种子间的遗传特性差异可能是导

致其保存的过程中生活力下降程度不同的主要原因之一<sup>[18]</sup>, 在种子生活力监测过程中不能采用抽样检测方式<sup>[19]</sup>; 初始发芽率对种子在贮存期间的生活力有着重要影响<sup>[20]</sup>, 在今后种子保存时尽可能使种子初始发芽率较高; 不同繁种单位种子生活力下降存在显著差异, 这可能与当地气候、环境等有关, 造成种子在收获时或贮藏前受到的影响不同<sup>[18]</sup>, 所以对种子生活力丧失较快的繁种单位提供的种子应作为监测重点。

为确保国家中期库数以万计的种质得以长期安全保存, 在制定生活力监测和种质更新方案时, 需要做好以下几方面的工作: (1) 对于贮藏 20 年以上的种子, 增加生活力监测频率, 建议监测间期从 10 年缩短至 5 年; (2) 种子生活力监测应逐份进行, 不宜采用抽样检测方式, 并且增加活力监测内容; (3) 对种子生活力丧失较快的繁种单位提供的种子作为监测重点; (4) 应开展种子生活力丧失预警指标, 以及无破坏性的种子生活力、活力监测方法的研究, 以提高种质衰老的预警能力。

### 参考文献

- [1] Wheeler E J, Mashayekhi S S, McNeal D W, Columbus J T, Pires J C. Molecular systematics of *Allium* subgenus *Amerallium* (*Amaryllidaceae*) in North America. *American Journal of Botany*, 2013, 100 (4): 701-711
- [2] Choi H J, Oh B U. A new species and a new combination of *Allium* sect. *Rhizirideum* (*Alliaceae*) from northeastern China and Korea. *Brittonia*, 2010, 62 (3): 199-205
- [3] 穆瑞霞. 人工老化与引发对大葱种子活力及幼苗生理生化变化的影响. 郑州: 河南农业大学, 2008  
Mu R X. Effects of artificial aging and seed priming on seed vigor and seedlings' physiological and biochemical changes of welsh onion. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2008
- [4] FAO. Second report on the state of the world's plants genetic resources for food and agriculture. Rome: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2010: 47
- [5] 卢新雄, 辛霞, 尹广鹏, 张金梅, 陈晓玲, 王述民, 方洸, 何娟娟. 中国作物种质资源安全保存理论与实践. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (1): 1-10  
Lu X X, Xin X, Yin G K, Zhang J M, Chen X L, Wang S M, Fang W, He J J. Theory and practice of the safe conservation of crop germplasm resources in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20 (1): 1-10
- [6] 卢新雄. 植物种质资源库的设计与建设要求. 植物学通报, 2006, 23 (1): 119-125  
Lu X X. Design and construction of plant germplasm banks. *Chinese Bulletin of Botany*, 2006, 23 (1): 119-125
- [7] Wang H P, Li X X, Song J P. Vegetable genetic resources in China. *Horticultural Plant Journal*, 2018, 4 (2): 83-88
- [8] 安阳. 几种葱属植物的性状与栽培驯化的适应性. 保定: 河北大学, 2015

- An Y. Characters and the cultivation adaptability of several *Allium* species. Baoding: Hebei University, 2015
- [ 9 ] 郝转. 葱属类植物研究进展. 贵州农业科学, 2017, 45( 11 ): 110-113  
Hao Z, Advances in *Allium* plants. Guizhou Agricultural Sciences, 2017, 45( 11 ): 110-113
- [ 10 ] ISTA. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 1985, 15: 299-355
- [ 11 ] Masel J. Rethinking Hardy-Weinberg and genetic drift in undergraduate biology. Bioessays, 2012, 34( 8 ): 701-710.
- [ 12 ] 张义, 马金星, 王显国, 王小山, 王梅娟, 魏雨其. 国家牧草种质中期库豆科植物种子监测和扩繁时间的判定. 草原与草坪, 2015, 35( 1 ): 58-62  
Zhang Y, Ma J X, Wang X G, Wang X S, Wang M J, Wei Y Q. Determination of monitoring and propagating time of 38 leguminous species seeds in national crop genebank. Grassland and Turf, 2015, 35( 1 ): 58-62
- [ 13 ] 卢新雄, 陈晓玲. 水稻种子贮藏过程中生活力丧失特性及预警指标的研究. 中国农业科学, 2002, 35( 8 ): 975-979.  
Lu X X, Chen X L. Characteristics and warning indices of rice seeds viability loss during storage at 45 °C constant temperature. Scientia Agricultura Sinica, 2002, 35( 8 ): 975-979
- [ 14 ] 宋超, 辛霞, 陈晓玲, 张金梅, 尹广鹏, 何娟娟, 覃初贤, 卢新雄. 三种保存条件下水稻和小麦种质资源安全保存期的分析. 植物遗传资源学报, 2014, 15( 4 ): 685-691  
Song C, Xin X, Chen X L, Zhang J M, Yin G K, He J J, Qin C X, Lu X X. Safety storage life of rice and wheat germplasm resources at three storage conditions. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15( 4 ): 685-691
- [ 15 ] Specht C E, Freytag U, Hammer K, Börner A. Survey of seed germinability after long term storage in the Gatersleben genebank( part 2 ). Plant Genetic Resources Newsletter. 1998, 115: 39-43.
- [ 16 ] Walters C, Wheeler L M, Grotenhuis J M. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. Seeds Science Research, 2005, 15( 1 ): 1-20
- [ 17 ] 覃初贤, 宁秀呈, 温东强, 田新宙. 种质库栽培稻种子生活力监测分析. 广西农业科学, 2004, 35( 4 ): 282-284  
Qin C X, Ning X C, Wen D Q, Tian X Z. Analysis of monitoring seed viability of rice cultivar germplasm in genebank. Journal of Guangxi Agriculture, 2004, 35( 4 ): 282-284
- [ 18 ] 辛霞, 陈晓玲, 张金梅, 卢新雄. 国家库贮藏 20 年以上种子生活力与田间出苗率监测. 植物遗传资源学报, 2011, 12( 6 ): 934-940  
Xin X, Chen X L, Zhang J M, Lu X X. Germinability and seedling emergence of seeds after 20 years of storage in the National Genebank of China. Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12( 6 ): 934-940
- [ 19 ] 金钺, 杨成民, 魏建和. 国家药用植物种质资源库中期库贮存 7 种药用植物种子生活力监测. 中国中药杂志, 2016, 41( 9 ): 1592-1595  
Jin Y, Yang C M, Wei J H. Viability of 7 kinds of medicinal plant seeds stored in medium-term gene bank of the National Medicinal Plant Gene Bank. China Journal of Chinese Materia Medica, 2016, 41( 9 ): 1592-1595
- [ 20 ] 宋江萍, 李锡香, 沈镛, 王海平. 国家蔬菜种质资源中期库黄瓜种子活力监测. 中国蔬菜, 2006( S ): 44-47  
Song J P, Li X X, Shen D, Wang H P. Monitoring the seed vigor of cucumber preserved in the National Medium-term Genebank of Vegetable Germplasm Resources. China Vegetables, 2006( S ): 44-47