

国家库贮藏 20 年以上种子生活力 与田间出苗率监测

辛霞, 陈晓玲, 张金梅, 卢新雄

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:对 34 种作物 14706 份的国家库贮存种子进行了生活力监测, 结果表明, 贮存 20 年后, 92.9% 被监测种子的发芽率仍保持在 85% 以上, 但有 155 份种子 (占被监测份数的 1.1%) 出现了明显的下降 (发芽率从 80% 以上降至 70% 以下)。发芽率显著下降的作物包括蚕豆、小豆、黄麻、蓖麻、甜菜、西瓜、烟草、牧草。小麦等 8 种作物 2078 份种子的田间出苗率调查表明, 所有种质均有出苗, 但有 8 份种质的出苗率低于 10%。出苗率与入库初始平均发芽率存在差别, 平均出苗率最高的作物为普通菜豆 86.2%, 仅比该批入库初始发芽率平均值低 9.3%; 平均出苗率最低作物为谷子 39.2%, 比该批种子的入库初始发芽率平均值低 51.3%。总体而言, 国家库内保存的作物种子中, 多数可安全保存 20 年以上, 尤其是水稻等禾谷类作物种子, 但对于蚕豆、小豆等平均监测发芽率出现显著下降的作物种子需要增加监测频率, 以确保种子的长期安全保存。

关键词:种质库; 长期贮藏; 生活力; 出苗率

Germinability and Seedling Emergence of Seeds after 20 Years of Storage in the National Genebank of China

XIN Xia, CHEN Xiao-ling, ZHANG Jin-mei, LU Xin-xiong

(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The viability of 14706 seed accessions, belonging to 34 crops, were detected after being stored at the National Genebank of China for 20 to 23 years. Results showed that the viability of 92.9% accessions was above 85%. Significant viability decline was detected in 155 accessions from broad bean, adzuki bean, jute, castor, sugar beet, watermelon, tobacco and forage crops. A total of 2078 seed accessions from 8 crops, including wheat, soybean, sorghum, millet, cotton, peanut, common bean and watermelon, were used for seedling emergence survey. Each surveyed accession succeeded in seedling emergence, but the emergence percentage of 8 accessions were below 10%. Seedling emergence percentage was lower than mean initial germination percentage. Among the 8 crops, the seedling emergence percentage of common bean was the highest, with a mean value of 86.2% in 126 accessions, which was only 9.3% lower than the initial germination percentage. The lowest seedling emergence percentage was found in millet seeds, with a mean value of 39.2%, which was 51.3% lower than the initial germination percentage. To sum up, most of the collections in the National Genebank of China can be safely conserved for more than 20 years, especially the cereal seeds, but as for the seed accessions that had showed significant reduction in the mean monitored germination percentage, for example, broad bean, adzuki bean, etc, the viability should be monitored more frequently in order to ensure the long-term safe conservation of these germplasm.

Key words: Genebank; Long-term storage; Seed viability; Seedling emergence percentage

收稿日期: 2011-06-08 修回日期: 2011-07-27

基金项目: 农业部财政专项 (2130135); 中国博士后基金 (20100470424)

作者简介: 辛霞, 博士, 研究方向: 种质资源保存。E-mail: xinxia@caas.net.cn

通讯作者: 卢新雄, 研究员, 研究方向: 种质资源保存。E-mail: xulu@caas.net.cn

低温种质库是植物种质资源保护的最主要方式,在全球收集保存的 740 万份资源中,约 90% 是以种子体形式保存于 1700 余座种质库中^[1]。在低温条件下,资源能安全贮藏多少年已成为人们高度关注问题。在美国国家种质库,3635 份大豆资源保存 36 年后平均发芽率从 92% 降至 21%,780 份花生保存 34 年后平均发芽率从 89% 降至 6%,427 份小麦保存 43.6 年后平均发芽率从 94% 降至 73%^[2]。在德国的 Gatersleben 种质库,部分作物种子贮藏不到 15 年,发芽率就降至 15% 以下^[3-4]。因此低温库贮藏只能延缓而不能阻止种子衰老,且物种或品种间的种子生活力下降存在着非常大的差异。按 FAO/IPGRI^[5] 观点,当种子生活力下降至入库初始生活力的 85% 时,需进行更新。因此依据美国国家库生活力监测结果,多数作物种质安全贮藏年限约在 20~45 年期间。至 2010 年 12 月,我国国家作物种质库(-18℃,以下简称国家库)保存资源已达 36 万余份,其中有 20 万余份贮藏 20 年以上。在目前情况下,通过发芽试验定期监测低温库贮存种子生活力,对于确保种质安全保存具有十分重要的意义^[6-9]。因此,在 2007-2009 年期间,每年选择贮藏 20 年以上的部分作物种子进行生活力监测,同时结合繁殖更新工作,调查其田间出苗率,以期了解相关作物种子在 -18℃ 库中的整体生活力变化,以及田间出苗率情况,为国家库种子生活力监测和繁殖更新方案的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

生活力监测种子包括水稻、小麦等 34 种作物的 14706 份种子,其贮藏年限 20~23 年,但每种作物贮藏年限是相同的;种子入库贮藏时需检测初始发芽率,高于发芽率入库标准^[10]的种子经干燥,使种子含水量降至 5%~7% (大豆 8%),然后密封包装存入 -18℃ 冷库。

田间出苗率调查种子包括小麦、花生、谷子、高粱、大豆、普通菜豆、棉花和西瓜 8 种作物 2708 份。

1.2 生活力监测方法

生活力监测方法与入库初始检测方法相同,采用《国际种子检验规程》^[11] 中规定的发芽条件。考虑到库存资源珍贵和避免浪费,每份种质监测用种量的粒数减为标准检测的一半,4 次重复。

1.3 监测结果的生活力下降显著性的判断方法

因种子测定本身含有试验误差,依据《国际种子检验规程》中的表 5c 试验一致性的容许差值^[12],可判断贮存种子生活力是否出现显著下降,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。

1.4 田间出苗率检测

我国作物种质保存网络由长期库和中期库等组成。中期库种子因供种分发等原因导致库存种子量过少或者发芽率降低时,需从长期库取种子进行繁殖更新。本研究中长期库保存种质的田间出苗率检测即通过库存种子的繁殖更新工作进行。由于长期库保存资源十分珍贵,数量有限,因此在此试验中,未监测种质的发芽率。按照《农作物种质资源技术规范丛书》中各作物规定的田间出苗期,调查记载田间出苗率。

2 结果与分析

2.1 贮藏 20 年后种子生活力整体变化情况

34 种作物的生活力监测结果列于表 1。结果表明,所监测各作物种子的初始平均发芽率(MIGP)为 88.4%~99.7%,经 20~23 年贮存后,监测平均发芽率(MMGP)范围为 74.9%~99.4%,总体上贮存种子的生活力仍保持在较高的水平,MMGP 不低于 85% 的种质占到 92.9%。但也有 155 份种子(占被监测份数的 1.1%)的生活力出现了明显的下降,其 MMGP 从 80% 以上降至 70% 以下。水稻等禾谷类作物整体上耐贮性较好,MMGP 与 MIGP 差异不显著;而蚕豆、小豆、黄麻、蓖麻、甜菜、西瓜、烟草、牧草等 8 种作物种子的 MMGP 都出现了显著下降,其中牧草、烟草和小豆 3 种作物种子的 MMGP 下降更为显著,表明作物间种子耐贮性差异较大。此外,品种间耐贮性也存在很大差异,个别种子的 MMGP 下降十分明显,如小麦统一编号 ZM005212 种子发芽率从初始的 100% 降至 27%,棉花统一编号 00001085 种子从 96% 降至 24%,小豆统一编号 I0001389 种子从 97% 降至 31%。牧草中有 3 份 1988 年入库的华北驼绒藜(*Ceratoides arborescens* (Losinsk.) Tsien et C. G. Ma) 野生种子,其入库初始发芽率分别为 11%~17%,目前监测平均发芽率为 4%~9%。牧草中大多是野生材料,这或许是发芽率下降较大的原因。

表 1 34 种作物种子贮存 20 年后的发芽率监测结果

Table 1 Germination percentage of 34 crops which had been stored for 20 years

作物名称 Crop	入库标准% ≥ LIVS	监测数量 Accession No.	贮存时间(年) Storage years	MIGP(%)	MMGP(%)	差值*(%) Difference	MMGP ≥85%	MMGP <70%	LMGP (%)
水稻	90	3500	23	97.5	96.0	1.5	3398	2	62
小麦	90	2500	23	97.2	94.4	2.8	2294	14	27
大豆	90	1300	22	98.6	97.8	0.8	1294	0	74
玉米	85	200	22	97.5	98.1	-0.6	200	0	86
大麦	85	700	22	93.7	98.0	-4.3	694	0	75
高粱	85	1200	22	96.0	93.4	2.6	1100	12	48
谷子	85	800	21	92.5	94.1	-1.6	776	1	74
荞麦	80	100	21	95.6	94.2	1.5	87	10	52
黍稷	85	200	22	90.7	88.3	2.4	148	1	64
燕麦	90	100	22	97.2	98.4	-1.2	100	0	91
棉花	85	800	21	95.2	92.4	2.8	700	11	24
花生	85	200	21	99.0	99.4	-0.4	200	0	90
小扁豆	85	50	22	97.7	97.4	0.3	50	0	91
豌豆	90	100	22	98.8	96.3	2.5	96	0	78
普通菜豆	85	200	22	98.4	96.3	2.1	190	2	52
豇豆	85	100	22	98.6	97.4	1.3	98	1	42
绿豆	85	200	22	98.9	99.0	-0.1	200	0	90
饭豆	90	100	22	97.6	97.0	0.6	99	1	66
蚕豆	90	100	22	99.7	94.8	4.9 *	90	0	72
小豆	90	100	22	97.5	88.7	8.8 *	74	2	31
红花	60	100	21	94.3	96.2	-1.9	98	0	78
红麻	90	50	21	93.7	91.0	2.7	44	0	79
黄麻	90	50	21	95.4	88.7	6.7 *	38	0	71
亚麻	90	150	21	98.6	98.2	0.4	150	0	91
油菜	85	300	22	95.5	92.7	2.8	260	10	41
蓖麻	80	200	21	98.6	93.0	5.6 *	169	11	42
苏子	90	50	22	97.3	94.4	2.9	48	0	76
向日葵	90	100	22	96.7	96.9	-0.2	96	1	67
芝麻	85	200	21	95.4	97.7	-2.3	200	0	91
牧草**	-	206	20	88.4	74.9	13.5 *	100	47	4
甜菜	80	100	23	95.4	89.3	6.1 *	76	2	64
甜瓜	85	150	20	96.8	93.9	2.9	135	2	44
西瓜	85	200	20	95.5	90.5	5.0 *	151	11	50
烟草	85	300	21	94.3	87.2	7.10 *	215	14	28
合计		14706					13668	155	

LIVS:最低入库标准;MIGP:初始平均发芽率;MMGP:监测平均发芽率;*:监测平均发芽率与初始平均发芽率的差值;LMGP:最低监测平均发芽率;*:下降值差异达显著水平;** :因牧草多数是野生,没有入库标准

LIVS:Lowest initial viability standard;MIGP:Mean initial germination percentage;MMGP:Mean monitored germination percentage;*:the difference between the mean monitored germination percentage and the mean initial germination percentage;LMGP:lowest monitored germination percentage;*:Showed significant decline;** :there is no LIVS for wild species of forage seeds

2.2 不同繁殖地点的种子生活力差异

各种质库大都以“批”为基本单位进行库存种子的生活力监测和繁殖更新管理。“批”概念即某一单位在同一时间繁殖并送交入库的同一作物的一

批种质。因此以“批”为单位来进行监测和分析,对了解库存种子生活力变化规律,制定种质库生活力监测方案是非常必要的。按不同繁殖地,对水稻、小麦、高粱、大豆、黄麻、油菜、棉花和烟草 8 种作物被

监测种子进行生活力统计。结果表明,在保存 20 年以后,除高粱、大豆和油菜外,来源于不同繁种地的种子的生活力变化程度不同(表 2)。不同繁种地的小麦相比,中国水稻所繁种种子的 MMGP 出现了显著下降,而其他 7 个单位的则没有明显变化。在小麦中,来自宁夏农科院作物所的 MMGP 也出现了显著下降,而其他单位的则没有下降。在棉花、黄麻和

烟草种子中,来自不同繁种单位种子的 MMGP 差异明显。因此,对于同一作物,不同繁种地点间的种子生活力下降的确存在差异,这可能与种子入库贮存前经历的不同环境条件有关。正如前人所指出,种子成熟和收获时期的恶劣气候,或收获后的干燥、脱粒及运输等环节导致的损伤会影响到种子贮存过程中生活力的下降速率^[13]。

表 2 不同繁种地对贮存种子生活力下降的影响

Table 2 The decline of seed viability affected by different seed multiplier

作物 Crop	繁种单位 Seed multiplier	监测数量 Accession No.	MIGP (%)	MMGP (%)	显著性判断 Significance
水稻	广西农科院品资所	694	97.7	96.3	-
	中国水稻所	301	94.8	90.2	-
	江苏农科院粮作所	336	97.1	93.8	-
	四川农科院作物所	767	98.5	98.7	-
	福建农科院稻麦所	302	96.0	94.3	-
	安徽农科院水稻所	231	98.8	98.8	-
	中国农科院品资所	418	98.5	97.3	-
小麦	江苏农科院粮作所	500	97.6	95.1	-
	甘肃农科院粮作所	112	98.2	96.3	-
	中国农科院品资所	549	98.1	94.7	-
	宁夏农科院作物所	4	92.3	78.0	*
	四川农科院作物所	283	98.7	97.4	-
	新疆农科院品资室	176	99.7	97.4	-
	江苏徐州农科所	70	96.0	92.1	-
高粱	山西农科院品资所	430	97.4	96.0	-
	辽宁农科院高粱所	303	94.0	90.6	-
	河南农科院经作所	296	99.3	98.7	-
大豆	山东农科院作物所	426	98.4	97.4	-
	河北承德农科所	73	97.4	96.8	-
	山西农科院品资所	143	98.1	98.1	-
	黑龙江农科院作物所	296	98.5	97.5	-
黄麻	福建农业大学	11	95.9	90.7	*
	广东农科院经作所	22	95.1	86.9	*
	中国农科院麻类所	17	95.7	89.8	*
油菜	华中农业大学	12	90.2	86.7	-
	陕西农科院特作所	141	94.9	93.5	-
	中国农科院油料所	47	96.6	96.3	-
棉花	江苏农科院经作所	191	95.8	92.3	-
	山西农科院棉花所	133	97.6	98.4	-
	湖北农科院经作所	23	93.7	88.2	*
	中国农科院棉花所	93	94.3	87.5	*
烟草	安徽农科院烟草所	12	93.8	79.2	*
	河南许昌烟草场	23	94.3	90.9	-
	山东农科院烟草所	60	93.2	83.8	*

- :没有显著性下降; * :出现显著性下降

- :No significant decline in MMGP, * :Significant decline in MMGP

2.3 田间出苗率变化

对小麦等 8 种作物 2078 份种子进行田间出苗率调查,结果表明,虽然种质的入库初始发芽率均大于 85% (除 1 份野生棉花外),但其出苗率显著下降

(表 3)。出苗率最高的作物为普通菜豆,平均 86.2%,仅比该批种子的入库初始平均发芽率低 9.3%;谷子的平均出苗率最低,仅 39.2%,比该批种子的入库初始平均发芽率低 51.3% (表 3)。未

调查到不出苗的种质,但有 8 份种质的出苗率低于 10%。从表 2 的生活力监测结果看,尽管谷子监测平均发芽率高于入库初始平均发芽率,但其田间出苗率却是各种作物最低的。分析各作物出苗率的分布发现,除花生、大豆、普通菜豆和西瓜属于负偏态分布外,其余各作物均为正态分布或者正偏态分布(图 1)。如棉花和高粱种质的出苗率属正态分布,多数种质的出苗率在 40%~80% 之间;谷子种质的出苗率属正偏态分布,没有任何一份种质的出苗率高于 90%,多数处于 20%~50% 之间(图 1)。

表 3 8 种作物种子田间出苗率调查结果
Table 3 The seedling percentage of the 8 crops in the field

作物名称 Crop	监测数量 Accession No.	MIGP (%)	出苗率平均值 (%) MSEP	差值 (%) MIGP - MSP	最低出苗率 (%) LSEP	调查地点 Location
小麦	100	97.5	62.7	34.8	36.0	北京
大豆	39	97.0	73.1	23.9	32.5	哈尔滨
高粱	206	91.6	52.5	39.1	25.0	太原
谷子	268	90.6	39.2	51.4	11.3	太原
棉花	215	95.0	52.5	42.5	4.0	三亚
花生	800	96.1	63.8	32.3	6.7	武汉
普通菜豆	126	95.5	86.2	9.3	8.8	昆明
西瓜	324	93.7	82.7	11.0	33.3	河南中牟

MSEP: Monitored seedling emergence percentage, LSEP: lowest seedling emergence percentage

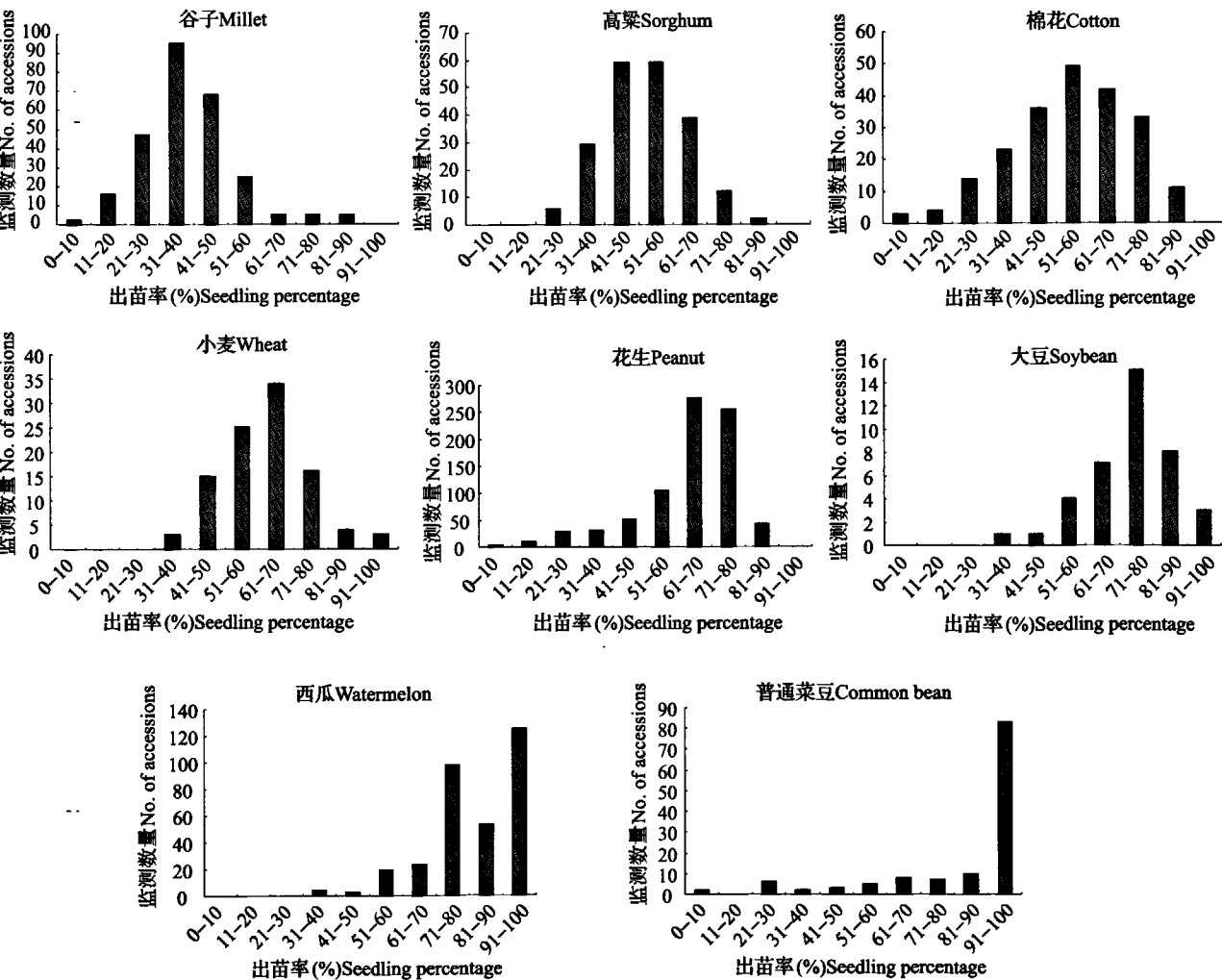


图 1 8 种作物田间出苗率分布图
Fig.1 The distribution of the field emergence percentage of the 8 crops

3 讨论与结论

在 14706 份被监测种子中,92.9% 的被监测种子发芽率仍保持在 85% 以上(表 1),说明大部分种子的生活力在国家库贮藏 20 年后仍保持在较高的水平上。但与贮藏 10~12 年监测数据^[10]相比,发芽率高于 85% 的种质数减少了 3%,发芽率低于 70% 的种质数增加了 0.6%。种子发芽率下降快慢主要取决于物种本身的遗传特性,禾谷类作物种子耐贮性相对较好。对于蓖麻、胡萝卜、莴苣等不耐贮藏的短寿命种子^[14],在低温贮藏条件下也同样表现出较差的耐贮性。乌仁其木格等^[15]研究发现驼绒藜(*Ceratoides latens*)种子在 -18℃ 保存 48 个月发芽率从初始 83.5% 下降到 60% 以下,本研究监测结果表明该属的华北驼绒藜也不耐贮藏。对在小麦^[16]、油菜^[16]、水稻^[17]、高粱^[18]等作物的贮藏研究中发现,同一物种内的不同基因型间常常也表现出寿命差异,某些类型种子的生活力丧失较快,如籼稻寿命长于粳稻^[17]。因此,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。

除种子本身的遗传特性外,贮藏前的环境条件是影响种子生活力下降快慢另一重要影响因素。例如棉花等同一种作物不同繁种地点间种子的生活力下降存在明显差异,这种差异可能是由于不同繁种地间的气候或其他环境因素存在差异,造成种子成熟和/或收获时期受到的影响不同,因而在贮藏过程中种子生活力下降速度不同。另外,种子入库贮藏前的加温干燥,也可能是影响种子生活力下降的潜在因素^[19]。因此需要进一步研究探讨影响库存种子生活力下降的相关因素,掌握库存种子生活力的变化规律。

田间出苗率调查结果表明,除普通菜豆和西瓜外,小麦等 6 种作物的田间出苗率比入库初始发芽率低 20% 以上,而且有 8 份种子出苗率低于 10%。与 Khajeh-Hosseini 等^[20]在油菜种子试验中发现相似,即经过贮藏的种子的田间出苗率显著下降。田间出苗率与发芽率相关性差,除花生、大豆、西瓜和普通菜豆的田间出苗率呈负偏态分布外,其余作物的出苗率呈正态或者正偏态分布;田间出苗率与室内发芽率的相关性分析结果显示,出苗率与发芽率相关性显著,但其发芽率决定系数仅为 0.268。表明影响长期库种质出苗率下降的因素中,除种子本身生活力外,其他因素也产生较大作用,如种子贮藏

前环境和田间种植环境条件等。因此在制定种质发芽率更新标准时,应考虑种子田间出苗率会低于其室内发芽率的因素。有报道指出,低含水量种子往往会产生吸胀损伤而导致种子发芽率下降,且种子播种前进行吸湿-回干处理能明显提高水稻和胡萝卜等种子的出苗率^[21-22]。本试验小麦、大豆、高粱、谷子、棉花和花生田间出苗率比入库初始发芽率低 20% 以上,是否与繁殖播种前没有进行适当的回湿处理有关,需要进一步研究。此外,对于库存量较少或较珍贵的资源,建议在室内进行育苗后再移栽到大田,可大大提高出苗率和成苗率。

为确保国家库 36 万种质得以长期安全保存,在制定生活力监测和更新方案时,需要做好以下几方面的工作:第一,对于贮藏 20 年以上的种子,增加生活力监测频率,建议监测期间从 10 年缩短至 5 年;第二,不耐贮藏的作物和类型应作为重点监测对象,对生活力整体出现明显下降的某些繁种单位提供的种子,亦应作为重点监测对象;第三,生活力监测应逐份进行,不宜采用抽测方式,并增加活力监测内容^[9];第四,确定适宜的种质发芽率更新标准。本课题组研究发现,水稻等作物种子生活力出现快速下降的拐点发芽率水平约为 $73 \pm 2\%$,并认为有必要在降至该水平之前更新^[23]。因此,对于栽培种种质,发芽率更新标准最低限不应低于 70%;第五,库存种质的生活力与更新管理,应以“批”为基本单位进行管理。其含义即是当一批种子平均发芽率降至初始发芽率的 85% 时,或该批种子发芽率降至 73% 左右的比例占到总数的 20% 以上时,则需对该批所有种子进行繁殖更新;第六,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,同时也应开展提高田间出苗率技术与方法研究,尤其是提高野生种子的出苗率和成苗率等技术的研究。

致谢:本文中田间出苗率调查承蒙小麦、大豆、花生、谷子、高粱、棉花、西瓜、普通菜豆等相关研究的老师协助完成,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] FAO. Draft second report on the state of the world's plants genetic resources for food and agriculture[M]. Rome: Intergovernmental Technical Working Group on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, 2009: 51-89
- [2] Walters C, Wheeler L M, Grotenhuis J M. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics[J]. Seed Sci Res, 2005, 15 (1): 1-20
- [3] Specht C E, Keller E R J, Freytag U, et al. Survey of seed germinability after long-term storage in the Gatersleben genebank

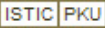
- [J]. Plant Genet Newsl, 1997, 111: 64-68
- [4] Specht C E, Keller E R J, Freytag U, et al. Survey of seed germinability after long-term storage in the Gatersleben genebank (part 2) [J]. Plant Genet Newsl, 1998, 115: 39-43
- [5] FAO/IPGRI. Genebank Standards [M]. Rome: FAO/IPGRI, 1994: 7-8
- [6] 卢新雄, 崔聪淑, 陈晓玲, 等. 国家种质部分作物种子生活力监测结果与分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2001, 2(2): 1-5
- [7] 王述民, 张宗文. 世界粮食和农业植物遗传资源保护与利用现状 [J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): 325-338
- [8] 许英, 陈建华, 梁明宝, 等. 芝麻种质资源保存技术研究进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(2): 184-189
- [9] 谭美莲, 严明芳, 汪磊, 等. 世界特种油料种质资源保存概况 [J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): 339-345
- [10] 卢新雄, 陈叔平, 刘旭, 等. 农作物种质资源保存技术规程 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 4-17
- [11] ISTA. International Rules for Seed Testing [J]. Seed Sci Technol, 1985, 15: 299-355
- [12] Sai Bahu K G, Husai S H, Muralimonan R B, et al. Effect of moisture and container on the storability of paddy seed under ambient conditions of Hyderabad [J]. Seed Res, 1983, 11(1): 71-73
- [13] Lu X X, Chen X L, Guo Y H. Seed germinability of 23 crop species after a decade of storage in the National Genebank of China [J]. Agric Sci China, 2005, 4(6): 408-412
- [14] Priestley D A, Cullinan V I, Wolfe J. Differences in seed longevity at the species level [J]. Plant Cell Environ, 1985, 8: 557-562
- [15] 乌仁其木格, 易津. 不同贮藏条件对驼绒藜种子寿命的影响 [J]. 种子, 2008, 27(10): 6-9
- [16] 陈晓玲, 陈叔平, 卢新雄. 作物内不同类型间种子耐贮性研究 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(2): 89-91
- [17] 胡伟民, 胡晋, 宋文坚, 等. 超干长期贮藏对不同类型水稻种子生活力和活力的影响 [J]. 中国水稻科学, 2003, 17(4): 379-382
- [18] 陈晓玲, 卢新雄, 辛萍萍, 等. 国家作物种质库长期贮藏的高粱种子生活力监测研究 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2374-2378
- [19] White G M, Lower O J. Storage characteristics of soybean drying with heated air [J]. Trans Am Soc Agri Eng, 1976, 19: 306
- [20] Khajeh - Hosseini M, Naschzadeh M, Matthews S. Rate of physiological germination relates to the percentage of normal seedlings in standard germination tests of naturally aged seed lots of oilseed rape [J]. Seed Sci Technol, 2010, 38(3): 602-611
- [21] Henckel A. Physiology of plant under drought [J]. Ann Rev Plant Physiol, 1964, 15: 363-386
- [22] Austin R B, Longden P C, Hutchinson J. Some effects of harden carrot seed [J]. Ann Bot, 1969, 33: 883-895
- [23] 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 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(8): 975-979

(上接 933 页)

参考文献

- [1] 熊冬金, 赵团结, 盖钧镒. 中国大豆育成品种亲本分析 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 258-259
- [2] 马晓萍, 杨光宇, 杨振宇, 等. 野生大豆在大豆育种中的应用 [J]. 作物研究, 2009, 23(1): 11-12
- [3] 庄炳昌. 中国野生大豆研究二十年 [J]. 吉林农业科学, 1999, 24(5): 3-10
- [4] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学 - 群落与生态系统 [M]. 北京: 中国环境科学技术出版社, 1997: 1-68
- [5] 赵青松. 湖南新田野生大豆遗传多样性分析 [D]. 广州: 华南农业大学, 2008
- [6] 徐豹, 徐航, 庄炳昌, 等. 中国野生大豆 (*G. soja*) 籽粒性状的遗传多样性及其地理分布 [J]. 作物学报, 1995, 21(6): 733-739
- [7] 陈红, 张志良, 王克晶, 等. 重庆地区野生大豆资源区域居群表型多样性的初步分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(5): 573-577
- [8] 周晓霞, 庄炳昌, 王玉民, 等. 利用 RAPD 技术进行野生大豆种群内分化的研究 [J]. 松辽学刊: 自然科学版, 2001, 11(4): 1-4
- [9] 周晓霞, 庄炳昌, 王玉民, 等. 利用 RAPD 与 SSR 技术进行野生大豆种群内分化的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 6-9
- [10] 朱维岳, 周桃英, 钟明, 等. 基于遗传多样性和空间遗传结构的野生大豆居群采样策略 [J]. 复旦学报: 自然科学版, 2006, 45(3): 321-327
- [11] 陈辉, 张磊, 张文明, 等. 安徽省新收集野生大豆种质资源的 SSR 分析 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(3): 345-349
- [12] 严茂粉, 李向华, 王克晶. 北京地区野生大豆种群 SSR 标记的遗传多样性评价 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 938-950
- [13] 王果, 胡正, 张保缺, 等. 山西省野生大豆资源遗传多样性分析 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 2182-2190
- [14] 刘亚男, 李向华, 王克晶. 国家基因库野生大豆微核心样本遗传变异性的 SSR 标记分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 211-217
- [15] 程春明, 王瑞珍, 叶厚专, 等. 江西野生大豆种质资源考察初报 [J]. 江西农业学报, 2005, 17(4): 63-65
- [16] Liu K, Muse S V. PowerMarker: Integrated analysis environment for genetic marker data [J]. Bioinformatics, 2005, 21: 2128-2129
- [17] 赵团结, 盖钧镒. 栽培大豆起源与演化研究进展 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 954-96
- [18] 李福山. 大豆起源及其演化研究 [J]. 大豆科学, 1994, 13(1): 61-66
- [19] 常汝镇. 关于栽培大豆的起源 [J]. 中国油料作物学报, 1989(1): 1-7
- [20] 盖钧镒, 许东河, 高忠, 等. 中国栽培大豆和野生大豆不同生态类型群体间遗传演化关系的研究 [J]. 作物学报, 2000, 26(5): 513-520
- [21] 王金陵, 孟庆喜, 祝其昌. 中国南北野生大豆光照生态类型分析 [J]. 遗传学通讯, 1973(3): 1-8
- [22] 许东河, 高忠, 田清震, 等. 中国一年生野生大豆群体的遗传多样性研究 [J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(5): 439-443
- [23] 董英山, 庄炳昌, 赵丽梅, 等. 中国野生大豆遗传多样性中心 [J]. 作物学报, 2000, 26(5): 521-527
- [24] 丁艳来, 赵团结, 盖钧镒. 中国野生大豆的遗传多样性和生态特异性分析 [J]. 生物多样性, 2008, 16(2): 133-142
- [25] 文自翔. 中国栽培和野生大豆的遗传多样性、群体分化和演化及其育种性状 QTL 的关联分析 [D]. 南京: 南京农业大学, 2008: 34-66
- [26] Wang K J, Li X H, Li F S. Phenotypic diversity of the big seed type subcollection of wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) in China [J]. Genet Resour Crop Evol, 2008, 55: 1335-1346

国家库贮藏20年以上种子生活力与田间出苗率监测

作者: 辛霞, 陈晓玲, 张金梅, 卢新雄, [XIN Xia](#), [CHEN Xiao-ling](#), [ZHANG Jin-mei](#), [LU Xin-xiong](#)
作者单位: [中国农业科学院作物科学研究所, 北京, 100081](#)
刊名: [植物遗传资源学报](#) 
英文刊名: [Journal of Plant Genetic Resources](#)
年, 卷(期): 2011, 12(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201106016.aspx