



涉案罂粟种子微形态及其活力特征研究

刘大伟^{1,2}, 应耿迪¹, 赵静怡¹, 谢春平^{1,2}

(1.南京森林警察学院刑事科学技术学院, 江苏 南京 210023;

2.国家林业局森林公安司法鉴定中心, 江苏 南京 210023)

摘要:涉案罂粟种子与毒品犯罪密切相关,具有严重的社会危害性;科学鉴定涉案罂粟种子的属性及其活力具有重要的司法实践价值。为探讨罂粟种子的微形态特征及不同年份涉案罂粟种子的活力,本研究以8个不同年份的罂粟种子为研究对象,对其种皮的结构特征及种子发芽率、发芽势、发芽指数等变化规律进行了研究。结果表明,1) 罂粟种子与其形态相近的虞美人比较,其种皮颜色偏褐色、个体较大、纹饰多为五边形或六边形,整体肾形较为稳定。2) 近3年涉案罂粟种子的发芽率均在90%以上,其他年份整体上呈逐年递减的趋势。3) 不同年份送检的涉案罂粟种子的发芽势和发芽指数也均表明,随着送检年限增加这两个指数也呈下降趋势。4) 皮尔森相关系数检验的结果表明,发芽势、发芽指数和发芽率之间存在极显著正相关。研究表明,储存年份越长的涉案罂粟种子其初始发芽时间越长、活力越低;应当适当延长涉案罂粟种子的活力检验周期,避免漏检。

关键词: 罂粟; 微形态; 活性; 萌发率

DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2021.08.106

中图分类号: S 567.21⁺2

文献标志码: A

文章编号: 1001-4705(2021)08-0106-06

Study on Micromorphology and Vitality Characteristics of Illegal *Papaver somniferum* Seeds

LIU Dawei^{1,2}, YING Gengdi¹, ZHAO Jingyi¹, XIE Chunping^{1,2}

(1.Nanjing Forest Police College, Department of Criminal Science and Technology, Nanjing 210023, China;

2.Forest Police Forensic Science Institution of National Forestry Administration, Nanjing 210023, China)

Abstract: The illegal *Papaver somniferum* seeds are closely related to drug crimes and have serious social harm. Scientific identification of the attribute and vitality of *P. somniferum* seeds involved in the case has importantly judicial practice value. To investigate the micromorphological characteristics of *P. somniferum* seeds and the vigor of *P. somniferum* seeds in different years, the structure characteristics of seed coat, germination rate, germination potential and germination index of 8 *P. somniferum* seeds in different years were studied in this paper. The results showed as follows 1) compared with the corn poppy possessed similar morphology, the seed coat color of *P. somniferum* seeds was brown, with larger size, and the ornamentation were mostly pentagonal or hexagonal and the overall shape was renal and relatively stable 2) the germination rate of *P. somniferum* seeds was above 90% in recent three years, and the germination rate decreased year by year in other years 3) The germination potential and germination index of *P. somniferum* seeds sent for inspection in different years also showed a decreasing trend with the increase of the number of years 4) the results of Pearson correlation coefficient test showed that there were significant positive correlations among germination potential, germination index and germination percentage. The results showed that the longer the storage years, the longer the initial germination time and the lower the vigor of *P. somniferum* seeds. In short, the viability testing period of *P. somniferum* seeds involved should be appropriately extended to avoid missing detection.

Key words: *Papaver somniferum*; micromorphology; vitality; germination rate

收稿日期: 2021-02-04

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目资助(LGYB 202004)。

作者简介: 刘大伟(1983—),男(汉族),安徽阜阳人;博士,高级实验师,主要从事物种鉴定等工作(E-mail: dwliu@nfpc.edu.cn)。

通讯作者: 谢春平(1980—),男(汉族),海南儋州人;博士,副教授,主要从事植物种属鉴定等工作(E-mail: ascendens@qq.com)。

根据我国《刑法》第 352 条的规定“非法买卖、运输、携带、持有未经灭活的罂粟等毒品原植物种子或者幼苗,数量较大的,处三年以下有期徒刑、拘役或者管制,并处或者单处罚金”。因此,涉案罂粟(*Papaver somniferum* L.)种子是否具有活力是该罪名判定的重要依据之一。罂粟隶属于罂粟科(Papaveraceae)罂粟属(*Papaver* L.),含有丰富的生物碱,是镇痛药、镇咳药和解痉药的重要成分,在我国已有数百年的使用历史。但过度和不当使用会造成严重的成瘾性,因此也成为滥用最广、毒性最强、危害最大的违禁麻醉品之一^[1]。毒品问题是政府层面开展社会治理,保障社会稳定、经济发展、国家安全的重要治理领域^[2];我国政府长期致力于毒品犯罪的大力打击并取得了显著的成效^[3]。因此,切断毒品原植物的种植与传播,是打击毒品犯罪的重要手段之一。

罂粟的鉴定除了茎、叶、花、果实等常规的表型依据外,种子是其分类属性的重要判别依据。相比于其他植物形态器官而言,种子在封闭的环境中发育形成后,其表型特征趋于稳定,尤其是种皮表面的纹饰,它可作为物种鉴定和植物分类的一个重要依据^[4-5]。由于每个罂粟蒴果内含有数千粒细小的种子,每一粒种子都有可能发育形成成熟的个体,从而导致毒品原植物的泛滥,因此,检验涉案罂粟种子是否具有活力也是毒品原植物鉴定工作的另外一个重要方面。种子发芽是一个复杂的生物过程,受各种环境和遗传因素的影响^[6],被认为是植物生命周期中最关键的时期之一^[7]。一般而言,当通气条件不受限制时,温度和水分主要决定种子发芽的速度^[7];而当水分充足时,活种子样品的发芽率和最终发芽率均会受到温度的直接影响^[9]。研究表明,罂粟种子的最适宜发芽温度为 18℃^[10];国家林业局森林公安司法鉴定中心自成立以来已受理了数百起毒品原植物罂粟种子及其活力鉴定的案件,长期的罂粟种子活力检验鉴定工作经验也表明罂粟种子在 20℃左右较易发芽。由于送检的涉案罂粟种子来源特殊及复杂,如何有效地检验这些种子活力以及后期如何做灭活处理等,均是司法鉴定工作过程中需要思考的问题。

基于此,本研究对不同年份送检的罂粟种子进行发芽实验,在测定不同年份罂粟种子的发芽率、发芽势、发芽指数等多项指标的基础上,探讨罂粟种子活力的衰减情况,旨在为涉案罂粟种子活力检验时间的确定、种子灭活处理等方面提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验材料来自 2013—2020 年期间各级公安机关

送检的涉案罂粟种子。上述种子均放置在密闭的塑料自封袋内,常温储存,无任何特殊处理。

1.2 实验方法

1) 种子的测定及微形态

对不同年份送检的罂粟种子各随机选取 30 粒,用精度 0.001 mm 的电子游标卡尺分别测量种子的长度、宽度和高。利用千分天平(精度为 0.001 g)测定百粒重,重复 10 次。

利用手持电子显微镜(0~200 倍放大)对供试罂粟和虞美人(*Papaver rhoeas* L.)种子的表皮进行微形态观察。

2) 种子发芽

2020 年 8—10 月在国家林业局森林公安司法鉴定中心实验室进行试验,所有实验过程及样本均受到严格控制。提取历年送检的罂粟种子,每个年份做 4 个重复,每个重复提取 100 粒种子,做好年份及重复的播种标记。首先将材料放置在 100 目的纱布上进行简单的冲洗,将果壳、残叶等杂质去除。其次将每份材料放置在 0.1% 的 KMnO_4 溶液中浸泡 10 min,用自来水冲洗干净。在培养皿底部铺垫一层医用棉花,覆盖滤纸,并将棉花和滤纸用蒸馏水浸湿润,然后点播上实验用罂粟种子,放置在 20℃全光照恒温培养箱中培养。放置 72 h 后,每天 17:00 时开始逐一记录种子发芽情况。当胚根>2 mm 视为种子发芽,反之视为种子未发芽^[11]。当连续 3 d 未见有新发芽种子,则视为发芽结束^[12]。实验结束后,所有材料均用 NaOH 溶液浸泡进行灭活处理。

3) 项目测定

发芽率(%)=(发芽种子数/供试种子总数)×100%;

发芽势(%)=(规定天数内种子发芽数/供试种子总数)×100%;

发芽指数= $\sum(Gt/Dt)$,其中 Gt 为在 t 日当天的发芽数, Dt 为发芽日数^[13]。

供试种子数为 100 粒,种子发芽势统计时间为播种后的第 7 天。

1.3 数据处理

所有测定结果均以平均值±标准差的方式表示;利用 IBM SPSS 22.0 软件对不同年份涉案罂粟种子的各项数据进行单因素方差分析和差异显著性分析(LSD);利用皮尔森相关系数检验不同指数间的相关性。利用 Excel 2010 软件进行数据整理、绘图与拟合回归方程。

2 结果与分析

2.1 罂粟种子微形态特征

罂粟和虞美人不论是花果还是种子形态特征,均具有一定的相似性(图 1)。从图 1 a 可以看出,罂粟种子整体上多数呈肾形,较为丰满圆厚。罂粟的种子长为 0.85~1.1 mm,宽为 0.75~0.85 mm,高为 0.65~0.75 mm。种子外具有蜡质层,种皮呈褐色、灰褐色、黄褐色或浅黄等,但多数种子以深色为主。种皮具有明显的网眼状结构,网眼边缘明显凸起;多数网眼呈规则或不规则的五边形或六边形,少数出现四边形的情况;同时,在各网眼内还分布有大小不一、形状各异的网纹孔。种脐位于种子凹缩处,浅褐色,呈海绵状。

从图 1 b 可以看出,虞美人种子的基本形态与罂粟具有相似的肾形结构,但其在种子中间凹缩程度较小;部分虞美人种子呈现出三角状、卵形、椭圆形等情况。虞美人的种子较罂粟明显小,长 0.65~0.90 mm,宽 0.50~0.70 mm,高 0.40~0.50 mm。种子外也具有蜡质层,种皮有浅褐色、浅黄色或灰黄色,整体颜色以偏黄褐为主。种皮网眼结构在显微镜下清晰可见,网眼边界凸起明显;多数网眼呈四边形或五边形,几乎无六边形的情况;网眼的排列也较为整齐。在普通显微镜观察下,网眼内的网纹结构模糊可见或较不明显。种脐位于种子凹缩处,浅灰色或白色,呈海绵状。

2.2 不同年份涉案罂粟种子形态变化

表 1 所列为不同送检年份涉案罂粟种子的形态及重量特征。2013—2020 年送检的罂粟种子的百粒重分别为 0.027 g、0.024 g、0.031 g、0.031 g、0.030 g、0.035 g、0.036 g 和 0.032 g。整体上现呈出时间间隔越长种子越轻的情况,其中 2019 年送检的种子的百粒重平均值最大为 0.036 g;但 2020 年种子的百粒重与

表 1 不同送检年份涉案罂粟种子的形态及重量特征

Table 1 Morphological and weight characteristics of *P. somniferum* seeds in different years

送检年份	长/mm	宽/mm	高/mm	百粒重/g
2020	0.883±0.062 5 a	0.728±0.081 8 a	0.704±0.065 8 ab	0.032±0.003 3 a
2019	0.955±0.098 8 ab	0.798±0.057 9 ab	0.769±0.066 7 b	0.036±0.003 9 b
2018	1.013±0.169 6 b	0.767±0.109 3 ab	0.732±0.107 8 ab	0.035±0.000 7 b
2017	0.991±0.078 5 b	0.802±0.061 8 ab	0.743±0.084 0 ab	0.030±0.000 7 b
2016	0.932±0.059 1 ab	0.820±0.041 7 b	0.714±0.061 2 ab	0.031±0.001 2 b
2015	0.942±0.089 4 ab	0.784±0.066 7 ab	0.658±0.116 8 a	0.031±0.001 6 b
2014	0.934±0.077 5 ab	0.748±0.064 5 ab	0.689±0.104 9 ab	0.024±0.001 7 b
2013	0.872±0.082 2 a	0.745±0.055 7 ab	0.653±0.064 2 a	0.027±0.001 9 b

注:不同字母表示在 $p<0.05$ 水平上的差异,相同字母表示无差异。下同。

其他年份差异显著($p<0.05$)。不同送检年份的罂粟种子长分别为 0.872 mm、0.934 mm、0.942 mm、0.932 mm、0.991 mm、1.013 mm、0.955 mm、0.883 mm,其中最长的为 2018 年的种子,为 1.013 mm。从种子的宽来看,不同年份值分别为 0.745 mm、0.748 mm、0.784 mm、0.820 mm、0.802 mm、0.767 mm、0.798 mm 和 0.728 mm,最宽的是 2016 年送检的种子,为 0.820 mm。从种子的高来看,不同年份值分别为 0.653 mm、0.689 mm、0.658 mm、0.714 mm、0.743 mm、0.732 mm、0.769 mm 和 0.704 mm,最高的是 2019 年送检的种子,为 0.769 mm。因此,从上述数据可以看出,虽然不同送检年份之间罂粟种子的形态数量特征存在一定的差异性,但并未有特定年份种子的差异特别显著,这与百粒重仅为 2020 年显著差异有明显区别。

2.3 不同年份涉案罂粟种子发芽特征

由图 2 a 可见,以连续 3 d 未见有新发芽种子为实验结束。除 2019 年的种子发芽时间较短外(9 d),其余各年的发芽时间均在 10 d 以上。从发芽初始时间来看,近 3 年种子发芽的初始时间均在 4 d 内开始,而 2013 年的样本则在第 10 天才出现发芽的迹象;因此送检的罂粟种子年份越长初始发芽时间越晚,发芽持续时间也越长。

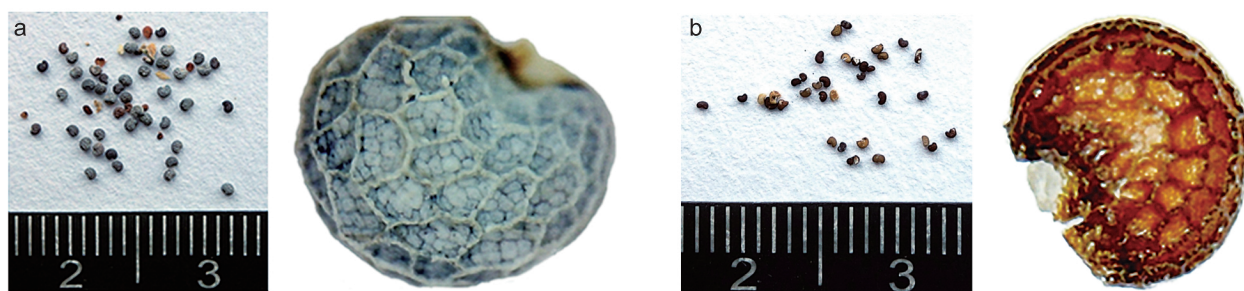


图 1 罂粟(a)和虞美人(b)种子形态特征

Fig.1 Comparison of morphological characteristics between *P. somniferum* and corn poppy seeds

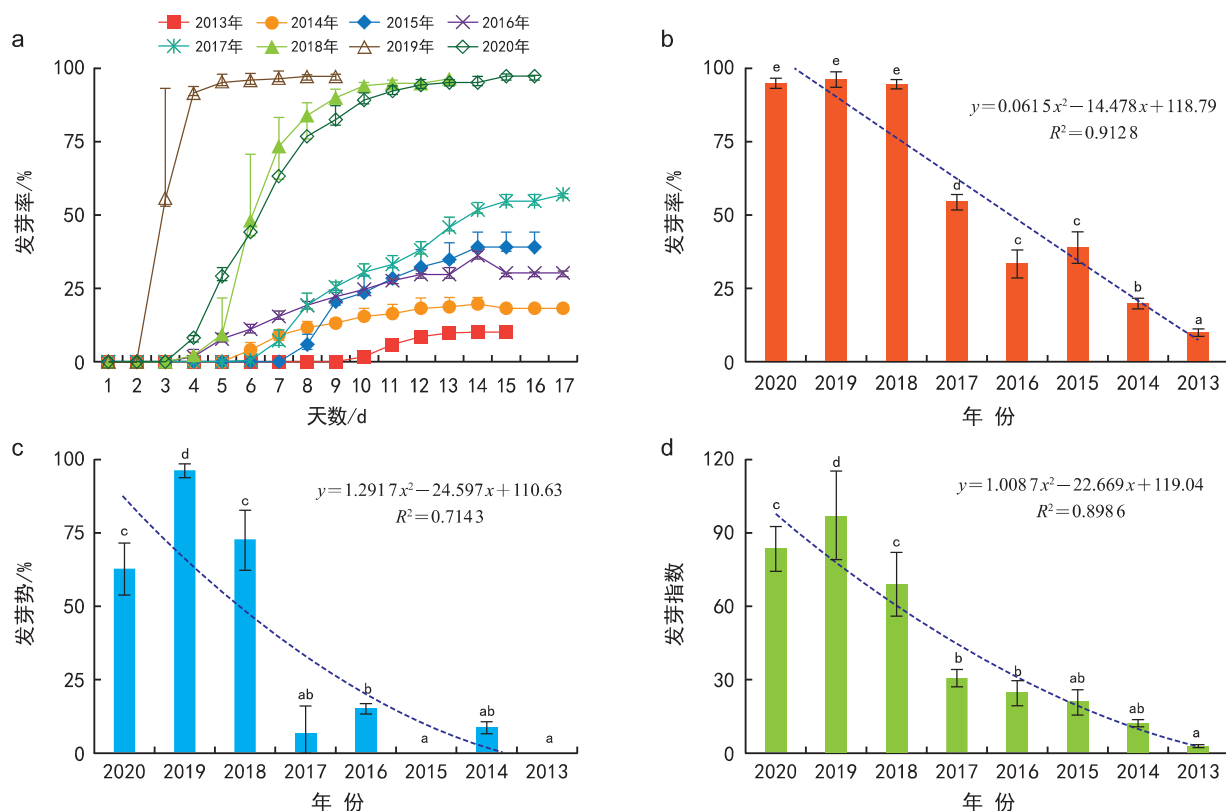


图2 不同年份送检罂粟种子发芽特征

Fig.2 Germination characteristics of *P. somniferum* seeds detected in different years

发芽率是种子活性的最基本体现,它反映了种子在适宜条件下能够长成正常植株的能力,可以直接反映种子的生活力^[14]。从图2b可以看出,不同年份送检的罂粟种子随着时间的延长,发芽率呈降低的趋势,这种趋势符合曲线方程 $y = 0.0615x^2 - 14.478x + 118.79$, $R^2 = 0.9128$ 。从图2b还可以看出,2018—2020年的发芽率均在90%以上,其中以2019年最高为 $(96.3 \pm 2.49)\%$;随着年限延长,在2013年的发芽率最低,为 $(9.7 \pm 0.94)\%$ 。不同年份发芽率差异性检验表明,近3年涉案罂粟种子之间的发芽率无明显差异,但与其他年份有显著差异 ($p < 0.05$);同时2013年、2014年、2017年的样品之间也存在显著差异。

发芽势主要有根据日发芽种子数达到最高峰计数^[14]或指定时长计数^[15]两种方法,本研究根据后者在第7天计算各年份罂粟种子发芽势。由图2c可知,不同送检年份的罂粟种子发芽势之间的关系符合曲线方程 $y = 1.2917x^2 - 24.597x + 110.63$, $R^2 = 0.7143$ 。从整体趋势看出,发芽势的变化与发芽率近似,即送检年份越短发芽势表现越高,随着送检年限增加发芽势呈下降趋势;而2018—2020年的近3年的发芽势与其他年份有显著差异 ($p < 0.05$)。

从图2d可以看出,2019年样品的发芽指数最高,

为 97.3 ± 18.5 ,然后逐年降低到2013年的 3.0 ± 0.5 。近3年的发芽指数依然是最高的,它们与其他年份的样品有显著差异 ($p < 0.05$)。不同年份的发芽指数之间的关系符合曲线方程 $y = 1.0087x^2 - 22.669x + 119.04$, $R^2 = 0.8986$ 。

通过上述分析可知,不同年份送检的罂粟种子的发芽过程、发芽率、发芽势和发芽指数均存在一定的差异。皮尔森相关性检验的结果表明,发芽率与发芽势 (0.908 , $p < 0.01$)、发芽率与发芽指数 (0.968 , $p < 0.01$)、发芽势与发芽指数 (0.962 , $p < 0.01$)均存在极显著正相关。

3 结论与讨论

由于受微环境、植株个体、营养情况、年份差异等综合因素的影响,果实及其种子的大小均会在数量特征上存在一定程度的变异^[16-17];但种子表皮特征,如纹饰、种皮颜色、种脐等均具有种内稳定性^[18],这为植物系统分类及物种鉴定提供了可靠的形态学依据,已获得了广泛的应用^[19]。由于虞美人在园林应用中较为广泛,且其花形态近似于罂粟,故常被非专业人士误以为是毒品原植物罂粟;更有不法分子将两个物种的种子进行混淆,进行非法交易。通过电子显微镜观察,这两个物种的种子虽然在形态上较为相似,但通过微形



态观察仍可较好地将两者区别开,主要体现在以下几点:1)从个体大小看,单颗罂粟种子为虞美人的1.5~2倍大;2)从种皮纹饰看,罂粟种子的五边形或六边形的网眼较多,且网眼内还清晰可见不规则的网孔结构,而虞美人则以四边形为主;3)从整体形态上看,虽然两者均以肾形为主,但罂粟种子的形态较为单一,虞美人出现其他形态更多样;4)罂粟的种皮颜色以灰褐色或淡灰色为主,虞美人以偏黄褐色居多。因此,上述4个种子形态特征点可较好地地区别两者。

从不同年份送检的罂粟种子形态数量特征来看,其长、宽、高虽然存在差异性,但未见某一年份的种子差异显著于其他年份。不同年份涉案罂粟种子大小的影响主要受遗传和环境因素两方面的影响^[20]。首先,实验所获取的种子来自不同的案发地,这就使得种子的地理分布环境存在较大的差异;其次,不同来源地的罂粟存在不同的品种类型或不同家系,这也是导致种子形态特征存在变异的重要原因之一。类似的情况在降香(*Dalbergia odorifera* T. chen)^[16]、桔梗(*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC.)^[21]、构树(*Broussonetia papyrifera* (Linn.) LHert. ex Vent.)^[22]等许多植物中出现。此外,2020年送检的罂粟百粒重与其他年份具有显著差异,这可能是当年收种子含水率较高的原因所致。虽然与其他物种的情况类似,种子均表现出随着储存年份的增加,种子重量呈下降的趋势^[23];但它们之间的百粒重差异不显著,这可能是罂粟种子表皮的蜡质层抑制了种内水分的蒸发。种内种子形态数量特征的差异性状是普遍存在的现象;因此,需要在具体的物种鉴定工作中加以重视,避免通过单一的数量特征来判断种类。

随着贮藏时间的延长、贮藏环境的变化,种子会因为自然老化或人工老化发生劣变^[24],而这种变化最直接的体现就是在种子发芽过程中发芽率、发芽势、发芽指数等数量特征的变化。从本研究可以看出,不同年份送检的罂粟种子在上述3个种子活力检验指标中均具有较明显的变化。这3个指标统一表现出随着存储年份的增加,种子活力呈衰减的趋势。一般认为,种子内的存储物种是种子活力形成的基础,它是在种子形成和发育过程中逐渐积累形成的;随着种子的不断成熟,体内的营养物质逐渐积累,种子的活力也逐渐提高,直至生理成熟期达到高峰^[25]。但是,此后种子活力开始逐渐下降,尤其是种子细胞膜随贮藏时间的增加逐渐损坏和老化^[14],种子细胞结构和功能受损伤,这个过程不可避免和逆转^[25]。因此存储时间越长罂

粟种子的活力就越低。一般种子工作者可能更关注的是种子发芽势和发芽指数,因为它们会影响出苗率、整齐性等。但在植物法庭科学中,种子发芽率则是重点关注对象。本实验结果表明,时间越久远的种子初始发芽所需的时间越长,发芽率也越低。有学者对同属的野罂粟(*Papaver nudicaule* L.)种子长期冷冻贮藏发芽力变化进行了研究,其发芽率统计周期为7 d^[26];但本实验部分样品在第10天才出现发芽的迹象。因此,在对涉案罂粟种子进行活力检验实验中,应适当延长实验时间,保证在10 d以上;如若在首次未检出活力,应注意控制和调整实验条件,避免漏检。

参考文献:

- [1]魏玉杰,何庆祥,张金文,等.中国不同地区罂粟的核型比较[J].草业学报,2012,21(2):171-179.
- [2]肖红松,郭晓辉.中国禁毒史研究的多重视角[J].史学史研究,2020(3):53-63.
- [3]谢明.论我国禁毒工作的缺失及其完善[J].人民论坛,2012(11):102-103.
- [4]韩彪,陆璐,咸洋,等.山东珍稀濒危树种种子形态特征研究[J].山东林业科技,2020,50(2):34-38.
- [5]张梅,刘旭,周惠龙,等.绣球属29种植物的种子微形态研究[J].园艺学报,2018,45(6):1147-1159.
- [6]Price S W J. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis[J]. Journal of Agricultural Biological & Environmental Statistics, 2001, 6(3): 356-366.
- [7]Ungar I A. Halophyte seed germination[J]. Botanical Review, 1978, 44(2): 233-264.
- [8]Gummerson R J. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet[J]. Journal of Experimental Botany, 1986, 37(6): 729-741.
- [9]Bierhuizen J F, Wagenvoort W A. Some aspects of seed germination in vegetables. 1. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination[J]. Scientia Horticulturae, 1974, 2(3): 213-219.
- [10]李彦荣,常瑛,魏玉杰,等.温度胁迫对罂粟种子萌发影响及其活力变化规律的研究[J].广西植物,2012,32(5):674-678.
- [11]Kamkar B, Al-Alahmadi M J, Mahdavi-Damghani A, et al. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models[J]. Industrial Crops & Products, 2012, 35(1): 192-198.
- [12]徐惠风,魏龙雪,高志新,等.温度和年份对蓝蓟种子发芽状况的影响[J].北方园艺,2014(11):11-14.
- [13]郭春燕,贺晓,刘果厚,等.不同储藏环境和时间对蒙古莬种子萌发的影响[J].种子,2014,33(6):17-20.

(下转第115页)

P 18-14×苏 37, 表现较差的有 P 18-15×w 527 和 P 18-11×苏 37, 百粒重是评价一个杂交组合表现的重要指标, 其杂交组合百粒重的 SCA 越高, 表明杂交组合得到的玉米籽粒越大, 对其利用的价值更广阔。

3 结论与讨论

对新选 12 个自交系的株高、茎粗、穗部性状、单株产量及百粒重等 11 个农艺性状的一般配合力进行分析比较, 一般配合力较高的测验种(父本)是 P 18-7 和丹 340, 被测系(母本)是 P 18-12 和 P 18-13。特殊配合力较高的杂交组合是 P 18-15×丹 340、P 18-10×w 527、P 18-13×P 1811、P 18-13×P 18-7、P 18-14×P 1811 和 P 18-14×苏 37, 其中 P 18-15×丹 340 组合的特殊配合力最高, 但是 P 18-15 自交系的一般配合力很低, 而自交系丹 340 的一般配合力较高, 这两个自交系的杂交组合所表现出的特殊配合力高, 应该是这 2 个亲本杂交后基因互作的特殊表现, 有待于进一步研究。一般配合力表现较突出的父本自交系 P 18-7, 与具有较高一般配合力的母本自交系 P 18-13 杂交, 所得组合 P 18-13×P 18-7 的特殊配合力相对较高, 初步判断这个组合具有应用前景, 值得进一步的测配研究及应用。经方差分析结果显示, 杂交组合间呈显著水平未达到极显著, 但通过多重比较得出, 杂交组合间存在差异极显著的、差异显著的及不显著的。

培育高产优质玉米品种的前提是选育优良的自交系, 其中一般配合力和特殊配合力是判定自交系强弱的两项重要指标。在本次实验中的自交系 P 18-7 和 P 18-13, 两自交系一般配合力的效应值都是相对较高的, 并且杂交组合的特殊配合力的效应值也较高。本

研究表明, 自交系一般配合力和其在杂交组合中表现的特殊配合力并不同步, 一般配合力高的自交系, 其在不同组合中表现的特殊配合力不一定高, 如自交系 P 18-12 的一般配合力较高, 而与其他自交系杂交得到的组合特殊配合力并不高, 再如自交系 P 18-15 的一般配合力不高, 而自交系丹 340 的一般配合力较高, 杂交组合 P 18-15×丹 340 的特殊配合力的效应值高, 这是杂种优势受到基因加性效应和非加性效应共同影响, 杂种优势不但取决于亲本的一般配合力, 还取决于组合的特殊配合力。

参考文献:

- [1] 谭华, 郑德波, 陈国品, 等. 10 个玉米自交系主要农艺性状配合力分析[J]. 广西农业科学, 2007, 38(5): 495-498.
- [2] 杨克昌, 陈洪梅, 赵自仙, 等. 几个玉米骨干自交系主要数量性状的配合力分析[J]. 玉米科学, 2000, 8(3): 37-39.
- [3] 张雪梅, 姚文华, 谭静, 等. 温带高油玉米自交系与热带玉米自交系配合力分析[J]. 玉米科学, 2010, 18(2): 5-10.
- [4] 王亮, 景希强, 周旭梅, 等. 13 个玉米自交系配合力及通径分析[J]. 农业科技与装备, 2009(4): 1-4.
- [5] 杨爱国, 张世煌, 李明顺, 等. CIMMYT 和我国玉米种质群体的配合力及杂种优势分析[J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1329-1337.
- [6] 张世煌, 彭泽斌, 李新海, 等. 玉米杂种优势和种质扩增、改良和创新[J]. 中国农业科学, 2000, 33(增刊): 34-39.
- [7] 梁改梅, 张彦芹, 张明义, 等. 玉米自交系农艺性状的配合力及遗传力分析[J]. 山西农业科学, 2008, 36(7): 20-23.
- [8] 彭忠华, 甄金春, 杨晓容, 等. 特用玉米主要性状的配合力及相关分析[J]. 种子, 2002, 21(6): 31-33.
- [9] 白亚利, 云岚, 宋百枝. 新麦草种子贮藏时间对种子活力的影响[J]. 种子, 2015, 34(8): 33-38.
- [10] 马俊华, 刘建军, 乔燕祥, 等. 不同贮存年份高粱种子活力变化研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2013, 33(5): 390-394.
- [11] 葛玉珍, 梁惠凌, 蒋国秀, 等. 不同产地降香黄檀种子和幼苗性状的变异研究[J]. 广西植物, 2020, 40(4): 567-575.
- [12] 谢春平, 方彦, 方炎明. 福建茫荡山乌冈栎种子性状变异研究[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(5): 656-661.
- [13] 向云, 张建, 周存宇, 等. 神农架重楼属植物种子形态及其分类学意义[J]. 种子, 2019, 38(7): 103-108.
- [14] 王利丽, 杨珂, 郭雨轩, 等. 果实种子类药材微形态的鉴别研究[J]. 电子显微学报, 2020, 39(3): 313-322.
- [15] 张世挺, 杜国祯, 陈家宽. 种子大小变异的进化生态学研究现状与展望[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 353-364.
- [16] 孙丽娜, 严一字, 李美善, 等. 桔梗种群内种子形态的变异类型研究[J]. 延边大学农学学报, 2007, 29(1): 19-23.
- [17] 邹金拓, 王鑫, 周玮, 等. 构树不同种源种子性状地理变异及其趋势分析[J]. 种子, 2020, 39(3): 62-67.
- [18] 李晓峰, 陈雪平, 罗双霞, 等. 不同贮藏年份对茄子种子活力的影响[J]. 种子, 2009, 28(2): 59-60.
- [19] 鲁燕琴, 肖涛, 袁龙义, 等. 储藏时间、温度和激素老化对狼尾草种子萌发的影响研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2019, 43(1): 108-111.
- [20] 王姣, 赵晓英, 赵君洁, 等. 干贮藏时间对刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子萌发的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2015, 21(6): 1170-1173.
- [21] 甄占萱, 李云祥, 杨贵明, 等. 野罌粟种子长期冷冻贮藏萌发力变化研究[J]. 种子, 2015, 34(4): 23-24.

(上接第 110 页)