

烟草花粉活力研究进展

许杰 潘磊 杨帅 陈连红 耿世兵 马文广

(玉溪中烟种子有限责任公司, 653100, 云南玉溪)

摘要 烟草不育系和杂交种的制种是世界烟叶生产发展的趋势。不育系和杂交种在制种过程中必须进行人工授粉, 高活力的花粉带来高受精结实率和高种子质量, 而烟草花粉的收集、贮藏和应用是烟草不育系和杂交种制种的关键技术环节。本文综述了烟草花粉活力的检测方法、影响因素和烟草花粉的采集和贮藏技术研究进展, 以期烟草繁种生产提供依据。

关键词 烟草; 花粉; 活力; 贮藏

作为雄配子体, 花粉携带和传递来自父本的遗传信息, 在植物的有性繁殖和种子形成过程中起着关键作用^[1]。花粉活力一般定义为花粉具备存活、萌发和生长的能力^[2]。花粉的采集、贮藏和花粉活力的保持对于克服远距离杂交以及花期不遇等问题具有重要的现实意义, 是繁种生产的根基^[3]。烟草育种工作中, 不育系和杂交种种子的生产必须经过花粉采集、人工授粉才能受精结实。高活力的花粉可保证繁种工作高效获得后代, 是育种成功的关键, 也是增加产量降低制种成本的前提^[4]。本文就烟草花粉活力检测方法、影响因素和烟草花粉的采集贮藏研究进展进行综述, 以期烟草繁种生产和烟草花粉库建设提供参考。

1 烟草花粉活力检测方法

花粉的形态、酶活性、淀粉含量往往和花粉活力密切相关。因此可通过观察花粉形态特征、检测淀粉含量和过氧化物酶或脱氢酶活性的高低、在离体培养条件下统计花粉萌发比例来表示花粉活力的高低。检测花粉活力的方法主要有4种, 即形态观察法、离体萌发法、染色法和直接授粉法。

活力水平不同的花粉在形态上有差异。发育正常的花粉内含物充实饱满, 形状规则, 整齐一致, 具有活力; 而发育不正常的花粉内含物不充实, 花粉粒小、空秕、皱缩、畸形, 没有活力^[5]。这种方法一般需要借助扫描电镜, 但准确性差, 一般只用

于要求不严格的新鲜花粉的活力测定。何川生等^[6]利用激光共聚焦扫描显微镜(LSCM)观察了37个烤烟、晒烟和野生烟品种的花粉, 结果发现, 烟草不同品种的花粉和萌发孔在形态和大小上存在明显差异, 可以作为依据来研究烟草的分类和进化。李树美^[7]将光学显微镜结合扫描电镜, 研究了烤烟、白肋烟、晒烟、香料烟等4种不同类型烟草的花粉形态特征, 也有类似的发现。目前还没有利用形态观察法检测烟草花粉活力的报道。

花粉萌发率是评价花粉活力水平的重要指标。正常发育成熟的花粉粒一般活力较强, 在适宜培养基中能够萌发, 通过统计花粉萌发比例来确定花粉活力。离体萌发法简单、迅速、合理, 是较为理想的花粉活力鉴定方法。邓盛斌等^[8]利用10%蔗糖+0.015%硼酸的琼脂培养基研究了不同花粉介质(可溶性淀粉、蔗糖和葡萄糖)对云烟87花粉萌发的影响, 结果发现这些介质均可以不同程度的促进烟草花粉的萌发。目前在烟草上主要使用液体培养基来测定花粉活力。研究表明, 云烟97和红花大金元花粉适宜的液体培养基组分为10%~15%蔗糖+25mg/L硼酸, 蔗糖和硼酸浓度过高会导致花粉萌发率下降^[9]。白肋烟B37花粉在3%葡萄糖+50mg/L硼酸+20mg/L CaCl₂培养基中萌发率为86.8%, 在10%蔗糖+50mg/L硼酸+20mg/L CaCl₂培养基中萌发率为91.3%^[10]。周小利等^[11]研究表明, 适宜K326、*N. stocktonii*、*N. alata*和*N. repanda*花粉萌发的硼酸和Ca²⁺浓度均是0.05g/L, 适宜K326、*N. alata*花粉萌发的蔗糖浓度是10%, 适宜*N. stocktonii*、*N. repanda*花粉萌发的蔗糖浓度则是12%。离体萌发法操作简单, 准确性高, 是烟草花

作者简介: 许杰, 硕士, 主要从事烟草繁种技术研究

马文广, 为通信作者, 研究员, 长期从事烟草种子相关科学研究

基金项目: 云南省烟草科技重点项目“提高烟草花粉质量关键技术研究及花粉库构建”(2018530000241034)

收稿日期: 2018-12-21; 修回日期: 2019-04-19

粉活力检测中比较理想的方法。但不同烟草类型间培养基组分和浓度存在差异,需要进一步的试验来筛选出适合不同烟草类型的培养基配方。

染色法即利用染色剂和花粉中的酶发生氧化还原反应产生颜色以检测花粉活力。氯化三苯基四氮唑(TTC)可以将有活力的花粉染成红色^[12],联苯胺可以将有活力的花粉染成棕色^[13],而无活力的花粉不被染色。由于花粉细胞质膜的完整性不同,荧光染色剂可以使活细胞发出绿色荧光,而死细胞无荧光^[14]。其他常用的染色剂还有甲基噻唑基四唑(MTT)、醋酸洋红、碘-碘化钾(I-KI)、中性红和亚甲基蓝等^[15]。染色法操作简单快速,但未发育成熟、败育或不育、衰老甚至死亡的花粉也会被染色,往往使测定值偏高。有研究报道,TTC染色法对烟草花粉粒染色程度不易区分且重复性差,与实际情况也有差别^[10]。廖雪芳等^[16]利用I-KI染色法检测了云烟87、K326、净叶黄等8个品种顶花和侧花的花粉活力后发现,烟草新鲜花粉的活力均为100%。孙光玲等^[17]比较了TTC法、I-KI法、联苯胺- α 萘酚法和蔗糖-硼酸-琼脂固体培养基对6个不同类型烟草品种花粉活力的检测结果,发现染色法测定的花粉活力显著高于萌发法,但二者变化趋势一致,即萌发法测定的花粉活力高的,染色法测的结果也高,反之亦然。丁永乐等^[18]的研究指出,通过TTC法和I-KI法测定烟草花粉活力的结果较高,需要在实际应用时去除一定的假象。

花粉活力的高低最终体现在授粉、坐果和结实上。直接授粉法主要是根据坐果、结实和种子质量来表示花粉活力,结果准确可靠,但是用时较长,只能定性评价而不能定量表示,且试验结果易受气候条件的影响。研究表明,在云烟87花粉中添加可溶性淀粉、蔗糖和葡萄糖,可以作为能量物质促进花粉在柱头上的萌发和花粉管在花柱中的生长,提高坐果率和种子产量和质量^[8]。邓盛斌等^[19]利用葡萄糖、可溶性淀粉和纯藕粉与云烟87花粉按不同比例分别混合后对MS云烟87授粉,可以提高MS云烟87坐果率、单果种子粒数和种子产量,种子千粒重、发芽率和发芽势与单纯花粉授粉无显著差异。

2 烟草花粉活力的影响因素

2.1 遗传特性

花粉寿命表示花粉作为生殖单位保持其功能的

时间期限,它是影响花粉活力的一个重要因素。一般情况下,花粉外壁较薄的十字花科、菊科和禾本科植物不耐干燥,寿命较短;而花粉外壁较厚的蔷薇科、豆科、兰科等二核型植物能忍耐干燥,寿命较长^[20]。例如水稻散粉后10min花粉活力迅速丧失,玉米花粉的寿命仅为1d左右,而杏花的花粉寿命是19~20d,苹果的花粉寿命约为8d^[21]。一株烟草的花期一般为30~50d,一朵花从开始现蕾到凋谢大约需要15d^[22]。在室温25℃和自然湿度30%~60%条件下,烟草花粉的寿命一般在15d左右^[18]。

研究表明,不同类型和品种的烟草花粉活力存在差异。哥西氏烟草(*N. gossei*)的花粉萌发率为74.9%,显著高于K326(52.2%)和花烟草(*N. alata*, 45.3%)^[23]。烟草不同部位花的花粉活力也不尽相同,顶花花粉活力普遍高于侧花,其中净叶黄的顶花和侧花花粉萌发率相差12.4%,差异达到了显著水平。并且不同烟草品种花粉随贮藏时间的增长呈现不同的下降趋势,云烟87的下降幅度大于长脖黄^[16]。相同贮藏环境下,普通烟草红花大金元、土耳其雪茄和沙姆逊的花粉比黄花烟草(*N. rustica*)花粉寿命更长,更耐贮藏^[17]。

2.2 发育时期

不同花期的花粉活力不同。黄蕾期的枣花花粉活力很低,萼片展平期花粉活力最高,随后下降^[24];金莲花在始开期和盛开期的花粉活力均比较高^[25]。按花朵发育和开放情况,烟草的花期一般分为现蕾期、含蕾期、花始开期、花盛开期和凋谢期^[22],郑昀晔等^[26]研究表明,随着烟草单花的逐渐开放,K326、云烟85和云烟87的花粉活力逐渐升高,始开期和盛开期的花粉活力均较高。这2个时期的花粉授粉效果最好,坐果率、单果粒数和单株产量均显著高于别的时期。

牛永志等^[27]认为,烟株的中心花开放时期也是其代谢最旺盛、营养状况最佳的时期,此时烟株对生殖器官供应养分充足,形成的花药体积最大,花粉粒内含物充实、数量较多、活力水平也最高;随着花期的推进,花朵开放数量不断增加,烟株营养物质逐渐消耗并开始衰老,对生殖器官的养分供应减少,造成花药体积变小,花粉内含物不充实、数量减少、活力下降,用这时的花粉去授粉往往会造成花粉用量加大、烟株坐果率下降、种子产量和质量降低^[28]。

2.3 温度

温度对花粉活力有着重要的影响。廖菊够等^[29]研究发现, *N. stocktonii* 减数分裂时期和小孢子的发育容易受到低温的影响。在昼温 31℃照光 14h、夜温 11℃不照光 10h 条件下生长的 *N. stocktonii*, 发育成熟的新鲜花粉的萌发率为 68%~74%, 显微镜下观察到其在减数分裂期间异常现象出现较少, 微核出现较少, 比例较低; 而在昼温 25℃照光 14h、夜温 3℃不照光 10h 条件下生长的 *N. stocktonii* 生成的花药大多干瘪, 发育成熟的新鲜花粉萌发率较低, 一般为 10%~16%, 且在减数分裂期间观察到染色体桥、断片、不同步以及落后染色体等异常现象, 并且微核出现比例较高。

一天之中气温的变化也会影响花粉活力。烟草种质的花粉活力日变化呈双峰曲线, 峰值分别在 13:00 与 15:00 左右。K326 花粉活力在上午 12:00 之前均不高, 到 13:00 才达到 44.50%, 最高值出现在 15:00; *N. alata* 和 *N. gossei* 花粉活力在 9:00 就达到了 40% 以上, 并且在上午均处于较高水平, 最高值出现在 13:00^[23]。姚志敏^[30]指出, 午后温度过高是造成这一时间段里烟草花粉活力迅速降低的重要原因, 栽培烟草在杂交制种时, 在 13:00 和 15:00 左右授粉效率更高、效果更好; 而野生烟在上午花粉活力已经较高, 授粉在上午就可以进行。

在花粉贮藏过程中, 环境温度越低, 花粉活力保持的时间也就越长。研究表明, 在 5℃贮藏 90 个月的烟草花粉授粉后结的蒴果内无种子, 而在 -17℃贮藏 90 个月的烟草花粉授粉后的种子发芽率在 90% 以上^[31]。古吉等^[4]研究表明, 在 5℃、-4℃和 -18℃条件下贮藏的 K326 花粉的活力在贮藏 6 个月后明显开始降低, 而在 -196℃条件下贮藏的 K326 花粉在贮藏 12 个月后, 花粉活力仍较高, 与贮藏前差异不显著。

2.4 化学物质

研究表明, γ -氨基丁酸 (GABA) 可以通过调节 Ca^{2+} 和 K^{+} 的流动来调节烟草花粉管的生长^[32]。周小利等^[11]研究表明, 在 0.7~1.0mmol/L 范围内, GABA 提高了 K326、*N. repanda* 和 *N. stocktonii* 花粉的萌发率, 而 3mmol/L 的 GABA 则会抑制这 3 个烟草品种花粉的萌发。此外, *N. alata* 的花粉在加 Ca^{2+} 的培养基 (10% 蔗糖+0.05g/L 硼酸+0.05g/L Ca^{2+}) 上萌发率为 92%, 在不加 Ca^{2+} 的培养基 (10% 蔗

糖+0.05g/L 硼酸+1mmol/L GABA) 上萌发率为 91%, GABA 和 Ca^{2+} 在促进烟草花粉萌发方面可能具有类似的功能。花粉萌发时, 吡咯喹啉醌可以加快花粉呼吸速率、提供能量和碳骨架、维持酶活性^[33]。刘卫群等^[34]研究表明, 浓度为 10、50 和 100 $\mu\text{mol/L}$ 的吡咯喹啉醌均可以促进 NC89 花粉的萌发和花粉管的伸长, 以 100 $\mu\text{mol/L}$ 促进效果最好, 可能是由于吡咯喹啉醌激发了花粉萌发期间的一些酶的活性。Ylstra 等^[35]研究表明, 成熟的烟草花粉中含有促进花粉萌发的物质, 这些物质主要是黄酮醇类。此外, 离体培养试验表明, 0.15~1.50 $\mu\text{mol/L}$ 浓度范围内所有黄酮醇类槲皮素、山奈酚和杨梅素均能对烟草花粉萌发率和花粉管长度具有强烈的刺激作用, 并且黄酮醇类可以缩短双核中期的花粉达到成熟的时间。Ylstra 等^[35]指出, 黄酮醇类的作用类似于植物激素, 可以作为雄配子体发育过程中的一种植物生长调节剂。索文龙等^[36]研究表明, 在 K326 和云烟 87 的花期喷施精胺、亚精胺和腐胺, 可以增加花粉内源多胺含量, 提高保护酶超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶和抗坏血酸过氧化物酶的活性, 减少有害物质丙二醛积累, 提高花粉活力; 而喷施多胺合成抑制剂与之作用完全相反, 喷施多胺合成抑制剂 7~8h 后再喷施腐胺, 可以部分恢复花粉内源多胺含量和花粉活力。因此, 多胺可以作为烟草花期调控花粉活力的调节剂, 以此来提高花粉活力和授粉效率, 达到节工降本的效果^[36]。

2.5 其他

花粉含水量影响烟草的花粉活力。研究^[4]表明, 利用硅胶干燥器干燥 6 和 12h 后的 K326 和云烟 87 的花粉活力和干燥以前差异不显著; 随着干燥的继续和花粉含水量的逐渐降低, 花粉活力开始下降, 干燥 48h 后, K326 和云烟 87 的花粉活力比干燥以前降低了 10%。辐射对烟草花粉活力也有一定影响。于海芹等^[37]研究表明, 利用 50~100Gy 的 γ 射线照射 RBST 花粉、0~50Gy 的 γ 射线照射 K326 和 LY10 花粉, 3 个烟草品种授粉后结的种子播种后 21d 出苗率仅接近 50%。

3 烟草花粉的采集和贮藏

郑昀晔等^[26]研究表明, 随着烟草单花花期的推进, 花粉活力逐渐升高, K326、云烟 85、云烟

87 在始开期和盛开期的花粉活力最高;同时授粉结果表明,这 2 个时期的花粉授粉后的坐果率、种子产量和质量均好于其他时期,且两者之间差异不显著;但是盛开期的花朵已经完全绽开,花药大多开裂,而始开期的花朵还没有绽开,花药也未开裂,为了保证花粉的纯度,适宜采集始开期花朵的花粉。邓盛斌等^[28]研究表明,K326、红花大金元、云烟 87 等中心花开后 40d 以内花粉活力无显著变化,均高于 80%,40d 以后花粉活力显著下降,花粉活力和单花花粉数量随着花期的推进逐渐降低。牛永志等^[27]研究表明,云烟 85 中心花开放 1~40d 采集的花粉授粉效率和种子产量与质量较好,40d 后的花粉授粉后,坐果率明显下降,50d 后的花粉授粉后,种子单株产量显著下降。

烟草花粉在贮藏过程中对环境条件的基本要求是干燥和低温,其耐贮藏性较好。研究表明,使用加入生石灰的干燥器贮藏 5d 后的 G80 和 NC89 的花粉活力比广口瓶普通贮藏花粉活力高 17%,普通贮藏 20d 后,花粉完全失去活力,而在干燥器中可以保存到 30d^[18]。Green^[31]研究表明,用胶囊盛装 NC95 的花粉置于含有硅胶的玻璃瓶中 5℃ 下可以贮藏 12 个月,-17℃ 下可以贮藏 90 个月。孙光玲等^[17]研究了红花大金元、沙姆逊、护脖香、土耳其雪茄和 *N. rustica* 等 5 个不同烟草品种的花粉在不同贮藏环境下的活力变化后,发现花粉在室内自然温湿度、室温干燥、冷藏干燥和冷冻干燥条件下的寿命分别为 12、30、180 和 500d 以上^[17]。花粉在超低温 (<-180℃) 条件下代谢活动基本停止,能够实现长期贮藏^[38]。古吉等^[4]研究表明,K326、云烟 87 的花粉在 5℃、-4℃ 和 -18℃ 条件下随着贮藏时间的延长花粉活力逐渐下降,环境温度越高,活力丧失的越快,一般保存时间为 6~9 个月,而花粉在 -196℃ 液氮中贮藏 1 年之后,活力仍处于较高水平。研究指出,烟草花粉的短、中期贮藏,宜将花粉含水量控制在 5%~7% 范围内,然后根据需要放置到 5℃、-4℃ 和 -18℃ 冰箱中,长期贮藏需保存在 -196℃ 液氮中。

4 展望

进入 21 世纪后,使用烟草不育系和杂交种的种子已成为世界烟叶生产的趋势。不育系和杂交种在制种过程中必须进行人工授粉,高活力的花粉带

来高受精结实率和高种子产量与质量。花粉活力受到品种、生育时期、温度、化学物质等诸多因素的影响。目前的研究大多针对花粉活力本身开展,相对单一,需要系统研究适宜的父本栽培技术,探究花粉成熟过程中花粉形态和超微结构变化,内含物变化,基因转录和蛋白表达变化,将花粉活力与花粉形态结构、内含物变化、特异基因和差异蛋白联系起来,确定烟草花粉成熟特征因子和最佳收集时期,构建烟草花粉质量综合评价方法。

低温冷冻技术能够大幅度提高花粉活力保持的时间,使花粉能作为种质资源进行长期保存,对解决品种选育、改良过程中“花期不遇”的难题具有重要意义。前人的研究主要针对不同贮藏温度对花粉活力的影响,对花粉含水量、贮藏温度、贮藏介质、贮藏时间、冷冻和解冻方式以及冻存花粉的授粉效果、种子产质量和后代遗传稳定性还缺乏系统性的研究,搞清楚这些问题就能完善烟草花粉贮藏和介质花粉技术,为烟草种子生产创造有利条件。

参考文献

- [1]耿兴敏,黄蓓丽,罗凤霞,等. 唐菖蒲花粉低温保存过程中的生理生化特征. 西北植物学报,2011,31(7):1417-1421.
- [2]Preston R E. The intrafloral phenology of streptanthus tortuosus (Brassicaceae). American. Journal Botany, 1991, 8: 1044-1053.
- [3]谢焰锋,许林,耿小梅,等. 茶花花粉生活力及贮藏力的研究. 北方园艺,2013(2):74-77.
- [4]古吉,蔺忠龙,牛永志,等. 烟草花粉贮藏技术及其对烟草种子质量影响的研究. 种子,2015,34(10):12-16.
- [5]程云清. 乙烯调控对大豆营养生长与生殖生长影响研究. 大连:大连理工大学,2009.
- [6]何川生,卢秀萍,黄学跃,等. 不同烟草品种花粉粒形态的激光共聚焦扫描显微镜观察. 中国烟草学报,1999(1):33-36.
- [7]李树美. 几种烟草品种花粉形态的研究. 安徽师范大学学报(自然科学版),1998(2):28-30.
- [8]邓盛斌,陈云松,崔华威,等. 花粉介质中不同糖类对烤烟授粉质量的影响. 云南农业大学学报(自然科学),2016,31(1):185-188.
- [9]牛永志,索文龙,马文广. 烟草花粉离体萌发液体培养基的筛选和优化. 种子,2017,36(5):78-81.
- [10]李宗平,张俊杰,彭灏,等. 烟草花粉活力鉴定方法筛选. 中国烟草科学,2013,34(4):80-82.
- [11]周小利,杨诗怡,陈志芸,等. 蔗糖、硼、钙离子和 γ -氨基丁酸对烟草花粉萌发的影响. 生物学杂志,2018,35(3):10-14.
- [12]Lansac A R, Sullivan C Y, Johnson B E. Viability and germination of the pollen of sorghum (*Sorghum bicolor*). Annals Botany, 1994, 74: 27-33.
- [13]Koga Y, Akihama T, Fujimaki H, et al. Studies on longevity of pollen grains of rice, *Oryza sativa* L. Morphological change of pollen grains after shedding. Cytologia, 1971, 36: 104-110.
- [14]王金祥,陈良碧. 不同气体下贮藏的3种禾本科植物花粉活力和呼吸速率变化(简报). 植物生理学通讯,2001,37(2):113-116.
- [15]梁建萍,韩有志. 丁香花粉生活力及其贮藏性的研究. 山西林业科技,2000,31(1):10-12.

- [16]廖雪芳,朱列书,岳伦勇.不同品种烟草花粉生活力研究.现代农业科技,2013(14):14-15,18.
- [17]孙光玲,汪银生,胡乾政.烟草花粉贮藏与活力测定.中国烟草,1994(1):20-22.
- [18]丁永乐,杨铁钊,吴军,等.烟草花粉实用贮藏技术研究初报.烟草科技,1995(6):33-34.
- [19]邓盛斌,牛永志,马文广,等.不同花粉介质对烤烟授粉效果及种子质量的影响.云南农业大学学报(自然科学版),2010,25(4):472-475.
- [20]孟金陵.植物生殖遗传学.北京:科学出版社,1997.
- [21]尹佳蕾,赵惠恩.花粉生活力影响因素及花粉贮藏概述.中国农学通报,2005(4):110-113,193.
- [22]李永平.烟草种子学.北京:科学出版社,2007.
- [23]姚志敏,刘艳华,戴培刚,等.野生烟草花粉活力与柱头可授性及繁育特性研究.西北植物学报,2015,35(3):614-621.
- [24]王玖瑞,刘孟军,梁海永.枣树单花不同开放阶段花粉萌发率和内源激素的变化.园艺学报,2005,32(4):677-679.
- [25]朱殿龙,李勇,丁万隆,等.金莲花不同花期的花粉活力研究.中国现代中药,2008,10(7):22-23.
- [26]郑昀晔,索文龙,马文广,等.不同花期花粉授粉对烟草授粉效果和种子质量的影响.安徽农业科学,2012,40(26):12795-12796,12902.
- [27]牛永志,马文广,郑昀晔,等.不同时期花粉授粉对烤烟授粉效果和种子质量的影响.江西农业学报,2009,21(11):20-21.
- [28]邓盛斌,宋碧清,马文广,等.烤烟不同花期花粉数量和花粉活力研究.云南农业大学学报(自然科学),2013,28(2):205-210.
- [29]廖菊够,康洪梅,代瑾然,等.温度对斯托克通氏烟草雄配子体形成和发育的影响.广西植物,2013,33(5):614-619.
- [30]姚志敏.烟草野生种质繁育与种子萌发特性研究.北京:中国农业科学院,2015.
- [31]Green G R,荣廷玉.烟草花粉的长期保存.中国烟草,1981(1):46.
- [32]赵丽,赵志龙,龚汉雨,等.GABA对烟草花粉管 Ca^{2+} 和 K^{+} 的动态调节表明离子通道参与了花粉管生长的调控.中国细胞生物学学报,2013,35(5):668-675.
- [33]Park J. Coenzyme PQQ and the oxidation of SH residues in proteins. Bwfatws, 1992, 3(4):257-260.
- [34]刘卫群,杨铁钊,丁永乐,等.吡咯喹啉醌对烟草花粉萌发和花粉管生长的效应(简报).植物生理学通讯,1996(6):419-420.
- [35]Ylstra B, Touraev A, Benito Moreno R M, et al. Flavonols stimulate development, germination, and tube growth of tobacco pollen. Plant Physiology, 1992, 100:902-907.
- [36]索文龙,宋碧清,牛永志,等.多胺及其合成抑制剂对烟草花粉多胺含量及花粉活力的影响.云南农业大学学报(自然科学),2016,31(1):122-126.
- [37]于海芹,印洁,黄昌军,等.烟草种子和花粉的 γ 射线适宜诱变剂量探究.分子植物育种,2016,14(10):2749-2755.
- [38]Honda K, Watanabe H, Tsutsui K. Cryopreservation of delphinium pollen at $-30^{\circ}C$. Euphytica, 2002, 126(3):315-320.

Research Progress of Tobacco Pollen Vitality

Xu Jie, Pan Lei, Yang Shuai, Chen Lianhong,
Geng Shibing, Ma Wenguang

(Yuxi Zhongyan Tobacco Seed CO., LTD, Yuxi 653100, Yunnan, China)

Abstract The seed production of tobacco sterile lines and hybrids are the trend of world tobacco production. Sterile lines and hybrids must be artificially pollinated during seed production. High-vitality pollen brings high fertilization rate and high seed yield and quality, while tobacco pollen collection, storage and application are the key technical aspects of tobacco sterile lines and hybrids seed production. This paper reviewed the research progress of detection methods of tobacco pollen vitality, the influencing factors on tobacco pollen vitality and its preservation methods, which provided a reference for tobacco seed production.

Key words Tobacco; Pollen; Vitality; Preservation