



张健,袁嘉玮,王璐,等. 苹果主要病毒脱除技术研究进展[J]. 黑龙江农业科学,2020(8):125-129.

苹果主要病毒脱除技术研究进展

张 健,袁嘉玮,王 璐,张鹏飞,王爱玲,王玉香,田时敏,梁哲军
(山西农业大学 棉花研究所,山西 运城 044000)

摘要:我国是世界上最大的苹果生产国,但在生产上却存在重产量轻品质的弊病,其中植株带毒是造成我国苹果单产低、品质差的主要原因,严重影响了我国苹果产业的发展。本文阐述了茎尖培养、微体嫁接、热处理、化学处理和超低温处理病毒脱除技术,分析了各方法的优点与弊病,以及适合其脱除病毒的种类,以期为我国苹果病毒脱除研究提供参考。

关键词:苹果;脱毒技术;病毒病

苹果作为世界果树的主栽树种有着非常悠久的栽培历史,由于其营养丰富、耐储藏和供应周期长的特点成为人们主要的消费果品之一。我国是世界上最大的苹果生产国和消费国,其栽培面积和总产量均为世界第一^[1-2],苹果已成为我国农业生产中的重要产业。目前在苹果生产上存在重产量轻品质的问题,导致我国苹果很难跻身高端市场。影响苹果品质的原因主要有:果园管理专业化程度低、树体老龄化、苗木带毒等,其中植株带毒是大面积苹果品质下降的主要原因,苹果病毒病造成了我国苹果单产低、商品率低和品质差的缺点,成为制约我国苹果产业发展的重要因素^[3]。

本文介绍了目前我国苹果病毒防控的现状,分别从茎尖培养法、微体嫁接法、热处理法、化学疗法、超低温法 5 个方面阐述了苹果苗木的脱毒方法,以期为我国苹果病毒脱除研究提供参考。

1 我国苹果病毒防控现状

苹果病毒主要分为两类,一类是侵染后有明显病征的非潜隐性病毒,另一类是侵染后无明显病征的潜隐性病毒。目前,全球范围内的苹果病毒有 39 种^[4-6],我国生产中常见的病毒有 6 种,分别为 3 种非潜隐性苹果花叶病毒(ApMV)、苹果锈果病毒(ASSVD)、苹果皱果病毒(AGRCV);3 种潜隐性病毒苹果茎沟病毒(ASGV)、苹果茎痘病毒(ASPV)和苹果褪绿叶斑病毒(ACLSV)。由于苹果病毒感染为全株系感染,感染后终身带病,病毒在果树细胞中获取能量和核酸进行繁殖,同时释放醛类、醌类等大分子有毒物质,影响果树生长发育,加速果树衰老甚至死亡。苹果病毒的感染通常为复合侵染,即多种病毒同时侵染,严重

收稿日期:2020-04-22

基金项目:山西省农业科学院科技创新工程(YGC2019 TD08);山西省重点研发计划重点项目(201903D211001-2)。

第一作者:张健(1990-),女,硕士,助理研究员,从事生物技术研究。E-mail:mhszhangjian@163.com。

通信作者:梁哲军(1973-),男,博士,研究员,从事作物高产与资源高效利用研究。E-mail:slxjz@126.com。

Research Progress in Water and Fertilizer Demand Rule of Apple in Different Growth Stages

ZHANG Peng-fei, WANG Ai-ling, TIAN Shi-min, ZHANG Jian, YUAN Jia-wei, WANG Lu, ZHANG Zhan-bei, LIANG Zhe-jun

(Cotton Research Institute, Shanxi Agricultural University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: Reasonable supply of water and fertilizer is prerequisite to high yield and good quality of apple, but flooding irrigation and excessive and unbalanced fertilization is greatly restricting apple green production and sustainable agricultural development. According to previous research results, this paper summarized the water and fertilizer demand rule of apple in different growth stages, raises reasonable application rate, types and time, aiming to provide references for scientific management of apple.

Keywords: apple; growth stages; water; fertilizer

影响了果树产量、果实品质、苗木根系发育以及嫁接的亲合性^[7]。目前并没有用于苹果病毒防治的有效药剂,培育无病毒原种、加强检疫是防控苹果病毒病的关键所在^[8-9]。新西兰、美国、荷兰、德国等苹果生产强国已实现大规模无毒栽培,这为其苹果高品质、高商品率生产提供了重要保障。因此脱毒苗木的生产成为目前我国果树产业发展的重中之重。

2 苹果苗木脱毒方法

苹果常用脱毒技术主要有5类,分别为茎尖培养法、微体嫁接法、热处理法、化学疗法和超低温法。不同处理方法对不同病毒的脱除效率差异很大,由于感病植株多为复合侵染,病毒脱除效率还受被感植株特性的影响,故研究者多用2种或3种脱毒方法组合的方式对苗木进行脱毒。

2.1 茎尖培养

植株在感染病毒后,病毒在其全身不均匀分布^[10],病毒的数量和浓度随植株的年龄和部位而异,在顶端生长点的附近病毒浓度最低。其原因是在顶端分生组织中胞间连丝不发达病毒无法通过胞间连丝到达此区域。在茎尖生长点0.10~0.25 mm的区域几乎不含病毒^[11-12]。因此将不带病毒的茎尖进行组织培养可以获得脱去病毒的完整植株。在Plopa等^[13]的研究中,以0.3和0.1 mm两个长度对3个基因型的苹果进行茎尖培养,得到再生植株的ApMV的脱毒率分别为42%~50%和17%~23%,再生率为45%和90%,在董淑英等^[14-15]的研究中,通过二次茎尖培养,可以将苹果长富和早乔纳金中ASGV和ACLSV的脱毒率提高到88.5%~100.0%。由于不含病毒的区域很小,茎尖脱毒的效率与所取茎尖大小呈负相关,但其再生率与茎尖大小呈正相关,所以单独使用茎尖培养脱毒的方法病毒脱除率较低,且徒手切取极小茎尖的高难度操作成为此技术受限的主要因素。

2.2 微体嫁接法

微体嫁接法是将组织培养与嫁接相结合的技术,即在无菌条件下,切小于0.2 mm的茎尖嫁接到组培培养的实生砧木苗上,通过培养使其愈合发育成为完整无毒植株的过程。此项技术在柑橘中最早使用^[16]。2013年微体嫁接^[17]在苹果上首次使用,并成功脱去了苹果褪绿叶斑病毒。微体

嫁接技术与茎尖脱毒原理一致,再生率和脱毒率的提高是其成功率的关键,但成活率受苹果基因型、砧木和接穗消毒处理方式及培养条件的限制^[18],增加了使用微体嫁接技术脱除植物病毒的难度。

2.3 热处理脱毒

热处理是园艺植物病毒脱除处理中应用最早也最广泛的方法之一。其原理是利用植株与病毒耐热性的差异,在高温条件下病毒由于不耐热而失活或者钝化,植株的组织器官很少甚至不会因此受到影响,从而使得植株新生的部分不带有病毒。热处理的方法主要为热空气处理和汤汤浸渍处理。在苹果的热处理中,多使用热空气处理。

2.3.1 热处理+茎尖培养 在以苹果试管苗为对象的热处理中,通常是在苹果苗耐受的范围内,高温或变温处理后取试管苗茎尖进行组织培养^[19-21],从而获得脱毒植株。苏佳明等^[22]研究发现将经过38℃恒温处理20 d后的红将军组培苗进行二次茎尖培养后,再生株的脱毒率达86.4%~100.0%。晏娜等^[23]利用变温热处理结合茎尖脱毒的方法对22个苹果品种和砧木进行潜隐性病毒脱除的研究中发现,不同苹果基因型对热处理的耐受程度不同,脱毒率也存在差异。

2.3.2 热处理+嫩梢嫁接 在以盆栽为对象的热处理中,通常是高温处理之后取1~2 cm的嫩梢,嫁接到脱毒砧木上而获得脱毒植株。有研究表明,恒温处理盆栽苗对苹果花叶病毒脱除效果较好,甚至可以将其完全脱除^[24]。在王焕玉等^[25]的研究中,以金冠、红星、国光为试验材料,将37±1℃恒温处理的盆栽苗处理15~28 d后,切取1.0~1.5 cm的嫩梢嫁接至无毒砧木上,所带3种潜隐性病毒脱除率为27%~45%。热处理需要恒温培养箱对设备要求较高,对耐热病毒难以脱除^[26-28],同时对不耐高温的品种也不适用。

2.4 化学试剂处理法

化学试剂处理法对植物病毒脱除的原理是抑制病毒侵染、抑制病毒增殖和诱导受体产生抗性。目前常用的植物脱毒的药剂为天然抗病毒物质以及人工合成的核苷类物质等^[29]。抗病毒醚是一种对病毒有广谱抑制作用的核苷类物质,通常在其作用下病毒的复制和移动被限制,使得植株的新生部分不带有病毒,从而得到脱去病毒的无毒

植株。1982 年, Cassells^[30] 使用该法获得了脱毒马铃薯植株。1989 年山家弘士等^[31] 使用添加了 $12.5 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 病毒醚的标准培养基培养苹果新梢 80 d, 获得了无苹果茎沟病毒的新植株。此前, 苹果茎沟病毒是一种很难脱除的病毒, 用热处理和茎尖培养的方法脱毒率极低, 化学处理为脱除具有热稳定性的病毒提供了一个新的途径。晏娜^[32] 在苹果潜隐性病毒脱除的研究中发现, 用添加了 $10 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的病毒醚的标准培养基培养苹果茎尖 40 d, 3 种潜隐性病毒的脱除率均达到 100%。目前通过病毒醚处理已获得了苹果的脱毒植株^[33-36]。黄酮类物质主要通过抑制 cAMP 磷酸二酯酶的活性促进 cAMP 合成, 从而抑制病毒的复制^[37], 如商陆素可以有效抑制苹果茎沟病(ASGV)从而获得无毒植株^[38]。在中西药抗病毒的研究中^[39-40], 有研究者将板蓝根和抗病毒醚添加到苹果茎尖的培养基中, 可以脱毒苹果茎沟病和苹果褪绿叶斑病两种潜隐性病毒。但病毒本身结构简单, 可作用的位点少, 化学防治效果不佳, 浓度大时还会对植株产生毒害, 所以化学试剂处理法常与其他脱毒方法结合使用, 如热处理结合化学疗法脱除病毒。

2.5 超低温法

超低温疗法是近年新兴的一种植物组织脱毒技术, 其通过在液氮中的超低温处理达到筛选无毒细胞实现植株脱毒的目的。与此同时, 此方法在脱除病毒的同时, 还可以实现种质资源的中长期保存^[41-43]。通过组织学和细胞超微结构的研究发现, 超低温法的原理在于组织中的成熟细胞的液泡较大、核质比小细胞内自由水含量高在冷冻条件下容易形成微小冰粒从而对细胞造成致命伤害, 而存在于茎尖分生组织中细胞无成熟液泡、细胞质在低温条件下容易存活^[44-45]。由于在低温筛选的条件下病毒含量高的成熟细胞会被选择性杀死或造成损伤, 只有不含病毒的茎尖分生细胞可以存活, 因此超低温处理降低了传统方法中切取极小茎尖的操作难度, 减少了苹果茎尖在空气中褐化导致再生率低的弊病。1997 年 Brison 等^[46] 首次将茎尖超低温处理用于李属植物, 其 PPV 的脱除效率达到 50%, 远高于茎尖培养脱毒的 19%。目前, 超低温法已成功应用于香蕉^[47-49]、马铃薯^[50-52]、草莓^[53-57]、苹果^[58-59]、

梨^[60-61] 等作物, 处理方法主要有玻璃化法、包埋-玻璃化法、包埋-干燥法和小液滴法 4 种处理方式。在苹果超低温脱毒的研究表明, ASGV 与 ACLSV/ASPV/以及 APMV 相比用茎尖和热处理的方法较难脱除, 可能是由于病毒的移动速度赶得上茎尖的生长速度, 所以取茎尖的任何一段都无法将其脱除。此后, 有研究将热处理法或化学法与超低温相结合^[62-63], 先使病毒在高温或化学试剂的作用下钝化, 再用超低温的方法处理, 获得了脱去 ASGV 的无毒植株。

3 展望

随着植物病毒研究的不断深入, 其传播途径和侵染机理不断为人们所了解, 培育具有病毒抗性或病毒耐受力强的苹果品种不失为一种病毒防治有效的途径。通过分子机理的探究, 茎尖区域不带病毒可能是由于在此区域中病毒发生了 RNA 沉默^[64], 结合 CRISPR/Cas 介导的基因编辑技术, 使其获得免疫病毒侵染的能力, 定点突变受体位点基因, 从而获得抗性种质, 为培育抗性强的苹果品种资源提出了研究方向。

苹果病毒的脱除效果, 不仅与所染病毒种类有关, 还受病毒侵染情况(单一感染还是复合侵染)、宿主基因型和试验条件的影响。每种脱毒方法都有其优势和弊端, 没有一种广谱适用的方法, 因此在做脱毒处理前应当确认所感病毒种类、感染方式和宿主生理特性, 如耐热性、耐药性等。综合考虑各种因素, 选择适宜的脱毒方法, 建立更加高效的脱毒体系。各种方法结合使用是目前脱毒技术发展的趋势, 如热处理对耐热性差的宿主造成损伤, 化学处理因浓度或处理时间对宿主造成伤害, 这种情况下通常结合茎尖培养或超低温技术对苹果进行脱毒。超低温处理具有操作简单、实验周期短、脱毒效率高的特点^[65], 在植物脱毒技术中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 纪杨洋, 王丽萍. 苹果加工研究进展[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(1): 126-129.
- [2] 张复宏, 赵瑞莹, 张吉国, 等. 中国苹果出口的贸易流向及其国际市场势力分析[J]. 农业经济问题, 2012, 33(10): 77-83.
- [3] 弟豆豆, 曹晓敏, 李裕旗, 等. 苹果病毒致病机制研究进展[J]. 烟台果树, 2019(3): 7-9.
- [4] 张明珍. 甘肃省苹果主要病毒的种类及检测技术[D]. 兰

- 州:甘肃农业大学,2014.
- [5] 王利平. 热处理和化学处理对梨离体植株中病毒的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2006.
- [6] Ye T,Chen S Y,Wang R,et al. Identification and molecular haracterization of apple dimple fruit viroid in China[J]. Journal of Plant Pathology,2013,95(3):637-647.
- [7] 王国平,洪霓. 果树病毒检测与脱除技术的研究进展[J]. 华中农业大学学报,2004(6): 685-691.
- [8] 王焕玉,刘福昌,薛光荣,等. 苹果母本树脱除病毒的研究[J]. 中国果树,1991(4): 15-17,35.
- [9] 王国平,洪霓,张尊平,等. 苹果无病毒母本树的培育技术研究[J]. 中国农业科学,1996(3): 41-48.
- [10] White P R. Potentially unlimited growth of excised tomato roottips in a liquid medium[J]. Plant Physisology,1934,9: 585-600.
- [11] White P R. Plant tissue cultures [J]. The Botanical Review,1936,2(8): 491-437.
- [12] Hansen A J,Hildebrandt A C. The distribution of tobacco mosaic virus in plant callus cultures[J]. Virology,1966, 28: 15-21.
- [13] Plopa C,Preda S. Elimination of apple mosaic virus by tissue culture of some infected apple cultivars[J]. Acta Horticulturae,2013(981):517-522.
- [14] 董淑英,位绍文,孙静,等. 苹果脱毒方法的比较研究[J]. 莱阳农学院学报,2002(2): 112-115.
- [15] 董淑英,李梅,于秋华,等. 二次取尖提高苹果脱毒率研究[J]. 河北农业科学,2001(3): 43-46.
- [16] Navarro L,Roistacher C N,Murashige T. Improvement of shoot-tip grafting in vitro for virus-free cirus[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1975, 100(5): 471-479.
- [17] Conejero A,Romero C,Cunill M,et al. In vitro shoot-tip grafting for safe Prunus budwood exchange[J]. Scientia Horticulturae,2013,150:365-370.
- [18] 刘科宏,周彦,李中安. 柑橘茎尖嫁接脱毒技术研究进展[J]. 园艺学报,2016,43(9): 1665-1674.
- [19] Thokchom T,Rana T,Hallan V,et al. Molecfular characterrizatoion of the Indian strain of apple mosaic virus isolated from apple (*Malus domestica*) [J]. Phytoparasitica, 2009,37(4): 375-379.
- [20] Warner J,Heeney H B,Leuty S J,et al. Effect of virus infection on the performance of McIntosh apple trees on selected seedling and clonal rootstocks[J]. Canadian Journal of Plant Science,1984,64(2): 361-368.
- [21] 张尊平,洪霓,姜修风,等. 苹果热处理脱毒技术的改进[J]. 北方果树,1996(4): 12-13.
- [22] 苏佳明,段小娜,于强,等. 红将军苹果的脱毒与检测技术研究[J]. 华北农学报,2009,24(S2): 93-96.
- [23] 晏娜,孙建设,邵建柱,等. 22个苹果品种和砧木试管苗对热处理脱毒效应的研究[J]. 河北农业大学学报,2009, 32(5):40-44.
- [24] Bhardwaj S V,Rai S J,Thakur P D,et al. Meristem tip culture and heat therapy for production of apple mosaic virus free plants in India[C]. ISHS Acta Horticulturae,1997, 472: 135-142.
- [25] 王焕玉,刘福昌,薛光荣,等. 苹果母本树脱除病毒的研究[J]. 中国果树,1991(4): 15-17,35.
- [26] 李百荃. 苹果属(*Malus*)试管苗植株再生、茎尖超低温保存和脱毒技术研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [27] 郭超,吴然,邵建柱,等. 四个苹果砧木和品种苹果潜隐性病毒的变温热处理脱毒效果分析[J]. 北方园艺, 2014(17):130-134.
- [28] 战淑敏,李保华,丁鲁军,等. 热处理苹果试管苗脱毒研究初报[J]. 莱阳农学院学报,1997(3): 30-33.
- [29] 胡国君,董雅凤,张尊平,等. 苹果脱毒技术研究进展[J]. 植物保护,2014,40(6): 7-12.
- [30] Cassells A C. The elimination of potato viruses X,Y,S and Min meristem and explant cultures of potato on the presence of virosole[J]. Potato Research,1980,25:165-173.
- [31] 山家弘士,李隆华. 苹果茎尖培养与热处理及抗病毒剂并用脱毒法[J]. 四川果树科技,1989(1): 57-58.
- [32] 晏娜. 化学处理和热处理脱除苹果潜隐性病毒的研究[D]. 保定:河北农业大学,2009.
- [33] James D,Trytten P A,Mackenzie D J,et al. Elimination of apple stem grooving virus by chemotherapy and development of an immunocapture RT-PCT for rapid sensitive screening[J]. Annals of Applied Biology,1997,131(3): 459-470.
- [34] Hansen A J,Lane W D. Elimination ofapple chlorotic leaf-spot virus from apple shoot cultures by ribavirin[J]. Plant Disease,1985,69(2): 134-135.
- [35] Cieslinska M. Elimination of apple chlorotic leafspot virus from pear by *in vitro* thermotherapy and chemotherapy[J]. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 2007, 15: 117-124.
- [36] 成妮妮. 一种苹果组培苗培养基及其制备方法[P]. CN107151181A,2017-09-12.
- [37] Mucsi I,Pragai B M. Inhibition of virus multiplication and alteration of cyclic AMP level in cell cultures by flaconoids[J]. Experientia,1985,41(7): 930-931.
- [38] James D,Trytten P A,Mackenzie D J,et al. Elimination of apple stem grooving virus by chemotherapy and development of an immunocapture RT-PCR for rapid sensitive screening[J]. Annals of Applied Biology,1997,131(3): 459-470.
- [39] 陈超,张海,王桂兰,等. 茎尖培养中利用中、西药剂脱除苹果病毒的研究[J]. 华北农学报,1997(4): 131-132.
- [40] 张强,牛建新,李西萍. 苹果褪绿叶斑病毒一步法 RT-PCR

- 检测[J]. 西北农业学报, 2006(4): 67-69.
- [41] Wang Q C, Panis B, Engelmann F, et al. Cryotherapy of shoot tips: a technique for pathogen eradication to produce healthy planting materials and prepare healthy plant resources for cryopreservation[J]. *Annals of Applied Biology*, 2009, 154: 351-363.
- [42] 尹明华, 张铭心, 李远芳, 等. 红芽芋低温疗法脱毒苗遗传稳定性同工酶检测[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(8): 2571-2576.
- [43] Wang Q C, Valkonen Jari P T. Cryotherapy of shoot tips: novel pathogen eradication method[J]. *Trends in plant science*, 2009, 14(3): 119-122.
- [44] Wang Q C, Cuellar W J, Rajamäki M L, et al. Combined thermotherapy and cryotherapy for efficient virus eradication: relation of virus distribution, subcellular changes, cell survival and viral RNA degradation in shoot tips[J]. *Molecular plant pathology*, 2008, 9(2): 237-250.
- [45] 胡国君, 董雅凤, 张尊平, 等. 植物类病毒脱除技术进展[J]. *植物保护学报*, 2017, 44(2): 177-184.
- [46] Brison M, Marie-Thérèse de Boucaud, André Pierronnet, et al. Effect of cryopreservation on the sanitary state of a cv prunus rootstock experimentally contaminated with plum pox potyvirus[J]. *Plant Science*, 1997, 123(1-2): 0-196.
- [47] 曾继吾, 牛王翠, 黄永红, 等. 利用超低温保存方法脱除香蕉束顶病毒的研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(3): 457-460.
- [48] 吴黎明, 曾继吾, 彭抒昂, 等. 香蕉茎尖的玻璃化法超低温保存及其植株再生[J]. *园艺学报*, 2006(3): 501-506.
- [49] 牛王翠. 超低温保存脱除香蕉束顶病毒的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [50] 黄修梅, 惠霖, 袁春爱, 等. 超低温疗法脱除马铃薯种薯病毒病的研究进展[J]. *种子*, 2015, 34(3): 50-54.
- [51] 王子成, 曲先, 薄涛. 超低温保存脱除两种马铃薯病毒[J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2011, 41(6): 609-614.
- [52] 白建明, 陈晓玲, 卢新雄, 等. 超低温保存法去除马铃薯 X 病毒和马铃薯纺锤块茎类病毒[J]. *分子植物育种*, 2010, 8(3): 605-611.
- [53] 邱静. 草莓茎尖超低温疗法脱毒技术体系的建立[D]. 成都: 四川农业大学, 2015.
- [54] 陈曦, 黄铭奇, 陈铤, 等. ‘福莓 1 号’草莓茎尖超低温脱毒技术[J]. *东南园艺*, 2018, 6(6): 31-34.
- [55] 罗娅, 邱静, 凌亚杰, 等. 超低温疗法在草莓病毒脱除中的应用[J]. *分子植物种*, 2016, 14(9): 2488-2494.
- [56] 盛宏亚, 万继花, 徐川, 等. 利用玻璃化超低温技术脱除草莓斑驳病毒(SMoV)的初步研究[J]. *中国农业大学学报*, 2016, 21(3): 53-57.
- [57] 蔡斌华, 张计育, 渠慎春, 等. 通过玻璃化超低温处理脱除草莓轻型黄边病毒(SMYEV)研究[J]. *果树学报*, 2008(6): 872-876.
- [58] 李艳林, 渠慎春, 栾雨婷, 等. 苹果茎尖超低温脱毒体系的建立[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(9): 2982-2995.
- [59] 李晓月. 褪黑素结合超低温疗法脱除苹果茎沟病毒的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [60] 刘文斌. 梨病毒超低温脱除技术的改进及带病毒与脱毒梨离体植株生长特性比较[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [61] 唐敏. 运用超低温技术脱除梨离体植株潜隐病毒研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [62] 郑文燕, 郭巍, 马跃, 等. 山楂属植物中苹果褪绿叶斑病毒的 RT-PCR 检测及病毒脱除方法[J]. *果树学报*, 2016, 33(12): 1576-1583.
- [63] 杨智, 陈春伶, 徐美隆. 超低温处理植物脱毒研究进展[J]. *北方园艺*, 2013(12): 184-187.
- [64] Ratcliff F, Harrison B D, Baulcombe D C. A similarity between viral defense and gene silencing in plants[J]. *Science*, 1997, 276: 1558-1560.
- [65] 颜克如, 毛碧增. 植物病毒脱毒技术进展与展望[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(23): 7861-7870.

Research Progress of Apple Main Virus Removal Technology

ZHANG Jian, YUAN Jia-wei, WANG Lu, ZHANG Peng-fei, WANG Ai-ling, WANG Yu-xiang, TIAN Shi-min, LIANG Zhe-jun

(Cotton Research Institute, Shanxi Agricultural University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: China is the largest apple producing country in the world, but there is a disadvantage in the production, which emphasizes the yield but ignores the quality. The main reason for the low yield and poor quality of apple in China is the plant virus, which seriously affects the development of China's apple industry. In this paper, the virus removal technologies of shoot tip culture, micro grafting, heat treatment, chemical treatment and ultra-low temperature treatment were described, and the advantages and disadvantages of each method were analyzed, as well as the types of virus removal suitable for them, so as to provide reference for the research of apple virus removal in China.

Keywords: apple; virus free technology; virus disease