



苹果矮化自根砧栽培 及EM（益恩木）技术应用

李丙智 李永焄 张立功 编著

 中国农业出版社

苹果矮化自根砧栽培及 EM（益恩木）技术应用

李丙智 李永焘 张立功 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

苹果矮化自根砧栽培及 EM (益恩木) 技术应用 / 李丙智, 李永焘, 张立功编著. —北京: 中国农业出版社, 2017. 1

ISBN 978 - 7 - 109 - 22470 - 4

I. ①苹… II. ①李… ②李… ③张… III. ①苹果-矮化栽培-栽培技术 IV. ①S661. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 299713 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 张 利

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 4.875 插页: 2

字数: 130 千字

定价: 15.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

随着我国经济的快速发展和农村劳动力的不断减少及农村老龄化的出现，导致我国近年劳动成本上升很快，劳动成本高的农业产业衰退，前景堪忧。果园是劳动密集型产业，省力化、机械化是苹果产业发展的主要趋势。欧洲国家通过多年研究和示范，提出发展矮化自根砧苹果园，而且目前欧洲国家新建苹果园几乎全部采用苹果矮化自根砧。苹果矮化自根砧果园便于机械化作业，提高劳动效率；同时树冠窄小，果园光照条件好，果实品质一致性高。一般欧洲国家管理每 667 米² 矮化自根砧苹果园需 5~8 个工日，我国管理每 667 米² 乔化实生砧苹果园最少需要 30~50 个工日。推广高密度苹果矮化自根砧建园方法对我国苹果栽培制度的变革意义重大。

利用无病毒的矮化砧木，通过压条或组培培育有根系的无病毒矮化砧木苗，再嫁接无病毒品种，可以培育无病毒矮化自根砧苗木。应用无病毒自根砧建园是世界苹果栽培的发展方向 and 趋势。

有机苹果是今后苹果栽培的方向，有机苹果栽培的关键是不使用化学杀虫杀菌剂、不使用化学肥料、不使用植物激素。但果园普遍病虫害严重，不用化学杀虫杀菌剂又控制不了果园病虫害，不使用化肥和植物激素产量出现下降。

针对这一生产问题，日本提出的“自然农法”和“EM 技术（农法）”可以替代或部分替代化学杀虫杀菌剂、植物激素和化学肥料，为有机苹果栽培找到了出路。日本青森果农木村秋则就是这一技术的践行者，他灵活运用“自然农法”，30 多年来坚持生产“不用农药、不用化肥的苹果”，值得我们学习和

借鉴。

中国工程院院士、中国农业大学辛德惠教授在《EM 技术应用研究》一书的序言中指出: EM 技术是由日本比嘉照夫教授主持的微生物工程技术中综合性最强的新创造, 其综合性一方面表现在优良菌种种群的多样性和可扩充性, 为微生物资源的深度和广度开发提供了无限可能性; 另一方面更重要的是它的多元功能, 在提高农业、牧业、林业、水产业的生产能力上, 在治理环境、保护环境、创造优化的新环境上, 在人的保健上, 都有着巨大的、不可代替的作用和潜力。

本书参考陕西省果业管理局、宝鸡市果业蔬菜管理局 2016 年 3 月编写的《苹果矮砧栽培技术培训会资料汇编》中美国康奈尔大学陈来亮、Terence Rodinson、Ralph Christy、Stephen Hoying 等教授讲课内容。本书的“自然农法”和“EM 技术(农法)”部分, 得到了中国农业大学、中国 EM (益恩木) 技术发明人李维炯、倪永珍两位教授的大力支持, 在此一并致谢!

该书系统介绍了矮砧苹果的优势与前景, 矮化自根砧与中间砧区别及矮化自根砧苗木培育、果园建立、整形修剪、土肥水管理、病虫害防治等方面的技术。可作为基层果业科技推广人员和苹果专业大户、苹果家庭农场、农民专业合作社、苹果产业化企业技术员的阅读资料和职业果农培训教材。

该书在国家苹果产业技术体系 (CARS-28)、陕西省科技厅资源统筹重大项目 (2015KTZDNY02-07)、杨凌示范区科技示范推广提升项目、西北农林科技大学科技推广等项目成果的基础上编著而成。由于时间较短, 作者水平有限, 书中不妥之处, 敬请批评指正!

编著者

2016 年 11 月

目 录

前言

一、国内外矮砧苹果发展现状

- | | |
|---------------------|---|
| 1. 国外矮砧苹果发展现状 | 1 |
| 2. 国内矮砧苹果发展现状 | 5 |

二、自根砧与中间砧区别及未来发展模式

- | | |
|---------------------------|----|
| 1. 苹果矮化苗木培育过程的区别 | 10 |
| 2. 矮砧与乔砧在标准化管理方面的区别 | 11 |
| 3. 美国提出未来苹果发展模式 | 12 |
| 4. 目前苹果市场分析及发展对策 | 19 |

三、自根砧主要优缺点及苗木培育

- | | |
|---------------------------|----|
| 1. 主要优点 | 22 |
| 2. 主要缺点 | 25 |
| 3. 目前适合培育自根砧的主要矮化砧木 | 25 |
| 4. 建立砧木压条圃 | 26 |
| 5. 建立大苗繁殖圃 | 28 |
| 6. 采穗圃建设 | 29 |
| 7. 苹果矮化自根砧苗木标准 | 29 |

四、果园建立及综合管理

- | | |
|----------------------------|----|
| 1. 不同区域自根砧幼树生长结果情况调查 | 31 |
|----------------------------|----|

2. 八县(市区)自根砧冻害调查分析	36
3. 美国高纺锤形苹果种植支撑系统介绍	40
4. 建园技术	44
5. 栽植后综合管理	48

五、整形与修剪

1. 国内外苹果整形与修剪技术现状	53
2. 矮砧果园常见树形比较	55
3. 高纺锤形树形(系统)	56
4. 建立高密度苹果果园的常见错误	64
5. 整形修剪的主要方法	70

六、土肥水管理

1. 嘎拉/M26 苹果树优质高产的营养需求	76
2. 苹果树氮素供求关系与氮肥施用	81
3. 果园精准灌溉管理	86
4. 华圣和海升案例	90

七、病虫害防治

1. 主要病害防治	92
2. 主要虫害防治	97

附录 EM (益恩木) 技术应用研究

一、EM (益恩木) 有效微生物的研究与应用	103
二、生态农业的新话题: 关于 EM	109
三、EM (益恩木) 菌群与土壤的改良和修复	114
四、EM (益恩木) 技术——有益于人类的生物技术	120
五、EM (益恩木) 在自然农法和可持续农业中的作用	127

目 录

六、EM（益恩木）技术在日本的应用	131
七、EM（益恩木）技术在苹果栽培中的应用	136
八、EM（益恩木）微生物菌剂在嘎拉苹果树喷布效果初报 ...	142
主要参考文献	147

一、国内外矮砧苹果发展现状

1. 国外矮砧苹果发展现状

有关苹果矮化栽培 1472 年法国人 Champier 在叙述法国诺曼底的苹果时提到过乐园苹果。至于道生苹果 1519 年始见于文献。当时欧洲各国对乐园苹果和道生苹果的名称应用很混乱,直到 1872 年英国园艺学会首先提出对其进行分类研究。1912 年英国东茂林试验站的 Hatton 将其定名为营养系砧木,以后选出了 EM 系砧木,1972 年英国东茂林试验站站长 Perlira 提议将 EM 改为 M,同时推动了世界尤其是欧洲苹果矮化砧木的选育和应用。

据中国农业大学韩振海长期研究报道,苹果产业发达国家广泛采用矮化密植栽培,目前世界苹果主产国新建果园基本上全部应用无性系矮化砧木,已占苹果总面积的 90%以上。欧洲苹果生产 100%采用矮化密植栽培(表 1)。苹果生产选用的矮化砧木主要为

表 1 2012 年世界苹果栽培发达国家矮化密植比例

(韩振海, 2015)

区域	总面积 (万公顷)	矮化密植面积 (万公顷)	矮化密植所占比重 (%)
美国	13.27	9.29	70
欧洲	105.05	105	100
日本	3.74	2.24	60
韩国	3.07	2.46	80
大洋洲	3.08	2.77	90

注:数据来源 2013 年联合国粮农组织统计数据库。

M9 及其优系 T337, 而且 M9 和 T337 是目前欧洲、大洋洲及韩国正在积极推广的矮化砧木类型, 应用比例仍在逐渐增大。日本生产上主要应用 M26, 前几年选育出了 JM 系列苹果矮化砧木, 目前正在积极推广。美国地域辽阔, 所采用砧木类型比较丰富, M9、B9 和 M26 应用较广 (表 2)。西方国家苹果矮化砧木的利用方式均为自根砧。综合分析世界苹果产业发展的趋势, 认为采用矮化自根砧实现矮化密植是当今及未来我国苹果产业发展的重要趋势。

表 2 世界苹果栽培发达国家矮化砧木应用比例

(韩振海, 2015)

(单位: %)

区域	M26	B9	T337	M9	JM	MM106	其他
美国	20	20		30		9	21
欧洲		3	40	50			7
日本	50			6.7	25	15	3.3
韩国	30			50			20
大洋洲				50		50	

20 世纪 60 年代欧美国开始推广苹果无毒化栽培。英国于 1965 年制订出无病毒苗木计划, 并完成了苹果无毒化的普及工作。到 1982 年, 美国已全部推行苹果无病毒栽培。荷兰从 20 世纪 60 年开始研究苹果病毒, 目前无病毒苹果园占苹果栽培总面积的 80% 以上, 并向许多国家出口无病毒苹果苗木。到目前为止, 法国、意大利、加拿大、德国、波兰等国家也相继实现了苹果无毒化栽培。目前我国无病毒栽培面积不足总面积的 2%, 实生砧木传毒率高。加快我国果树无毒化栽培进程势在必行。

(1) 英国 东茂林试验站从 1929 年开始利用 M 系和各种砧木杂交, 从中选育出一些矮化极好的优良砧木。如 1959 年发表的 M26 为 M16 $\times$ M9, 属于半矮化砧, 1974 年发表的 M27 为 M13 $\times$ M9, 属于矮化砧。20 世纪 80 年代推出的 3426, 其亲本为 M7 $\times$ M9, 属于极矮化砧, 十年生嫁接树的高度不足 60 厘米。从 1940

年开始东茂林试验站和朗阿试验站共同进行了脱病毒研究，提供了 M9EMLA、M26EMLA、M27EMLA 及 MM 系的 104、106、111 无病毒砧木供应生产。英国目前在生产上应用的营养系砧木为 MM106、M9、M26、M27 和 MM111，并且以自根砧应用为主，中间砧很少。

(2) 法国 对苹果营养系砧木的应用较广泛，全国已有 95% 以上的苹果树为 M 系的矮化砧和半矮化砧。在 20 世纪 80 年代 M9 约占 30%、M2 约占 40%、M5 约占 15%，其他还有 M4、M26、MM106 等。目前，法国新建果园几乎全部采用 M9 系列的矮化自根砧，栽植密度较高（2 500~3 500 株/公顷）。建园时选用质量好的粗壮苗木。整形方式是中轴形、疏层形、细长纺锤形等整形方式的技术结合，可称之为“高纺锤形”。先进的果园管理技术实现了苹果的高产、优质。栽植后第二年的平均产量为 10 吨/公顷；第三年可达到 25~30 吨/公顷；四年以后将增至 40~50 吨/公顷。

(3) 意大利 20 世纪 80 年代苹果主产区已有 20% 以上利用 M4、M2、MM106 等半矮化砧，约 5% 用 M9 矮化砧，M26 半矮化砧也在试用中。进入 90 年代，苹果树以 3 300~4 000 株/公顷的高密度栽植，且都使用矮化 M9 自根砧木无性繁殖的苗木。通常选择两年生的优质、强壮、分枝能力强的大苗直接栽植。一个果园的生产寿命约为 15 年。采用先进技术的果园，每公顷可获得高达 50 吨的优质果。地理条件优越、实践经验丰富的果农产量普遍可超过 60 吨/公顷。

(4) 荷兰 是欧洲应用矮化砧较普遍的国家之一。由于利用矮化砧使苹果生产一跃成为主要出口国之一。在 20 世纪 80 年代，全国约有 70% 以上的苹果树是用 M 系砧木嫁接的，主要推广 M9、M1、M2、M4、M7 等砧木。并大量向世界各国出口自根砧 M9-T337 大苗。

(5) 波兰 利用 M9 和普通安托诺夫卡杂交选育出 P 系抗寒砧木。几个较现代化的果园最近已经开始进口西欧的 M9 矮化砧木嫁接的有分枝的苗木，栽植密度提高到 1 800~2 500 株/公顷。如今

的高密度果园生产量可达到 30~40 吨/公顷。目前推广砧木主要有 M9、T337、B9 等, 其中 M9 占 80% 以上。波兰苹果发展情况见表 3。

表 3 波兰苹果栽植密度

(Andre J. A. Przybyl, 2006)

年份	株行距 (米)	密度 (株/公顷)	砧木	初始结果 年限	产量 (吨/公顷)
1919—1950	10×10	100	乔化砧	8~10	10~15
	10×8	125			
1951—1970	8×6	208	乔化砧	6~8	20~25
	7×5	285			
1971—1980	6×4	416	乔化砧及矮化中间砧 M7、MM106	5~6	25~30
	5×3.5	571			
1981—1990	4×2.5	1 000	矮化中间砧 B9、P2 M26、M9	4~5	30~40
	3.5×1.5	1 905			
	3×1	3 333			
1991—1998	3.5×1.2	2 380	矮化中间砧及自根砧 M9、M26、P60、 P16、P22、P59	3~4	30~50
	3×1	3 333			
	3×0.8	4 166			
	2.5×0.4	10 000			
	(3+1) ×1	5 000			
1999 至今	(3+1+1) ×1	6 000	矮化自根砧 M9、M9 - T337、 P16、P22、P60、P50	2~3	40~70
	3.5×1.2	2 380			
	3.5×1	2 857			
	3.5×0.8	3 571			

(6) 美国 对矮化砧选育十分重视, 康奈尔大学杰尼瓦试验站以抗病虫为目标选育出 CG 系砧木, 如 CG10、CG26、CG47、CG80、CG23、CG57; 密歇根州立大学选育出 MAC1 系列砧木, 如 MAC1、MAC9、MAC10、MAC25、MAC39、MAC46 等; 农

业部研究中心选育出 USD 系列砧木, 如 USD1225、USD312、USD316、USD323、USD329、USD1256、USD1263 等。美国在 1960 年之前, 苹果栽植密度是 100 株/公顷, 1960—1980 年为 600 株/公顷, 1980 年之后每公顷为 1 500 株以上。在 20 世纪 80 年代初, 美国苹果生产区利用的矮化砧栽培苹果在西部地区约占 70%, 东部地区约占 30%。现在美国新建苹果园基本上都采用矮化自根砧, 其中 M9 系列占 60%, B9 占 20%, M26 占 10%。其他砧木, 包括 CG 等占 10%。树形主要为高纺锤形。栽后第 2 年结果, 第 4~5 年 667 米² 产量 4~5 吨。栽植密度见表 4。

表 4 美国苹果栽植体系

(Robinson, 2014)

体系	密度 (株/公顷)	株行距 (米)	砧木
瘦塔形	840	2.4×4.9	M26、G30、G202
直立干形	1 538	1.5×4.2	M9、Nic29、G16
细长直立干形	2 244	1.2×3.6	M9、Nic29、G16
细长纺锤形	3 262	0.9×3.3	M9、T337、B9
高纺锤形	5 382	0.6×3.0	M9、T337、B9

2. 国内矮砧苹果发展现状

我国在 20 世纪 40 年代, 西北农学院曾引进过矮化砧木, 但材料未保存下来。1951 年原华北农科所又从丹麦引进了 M 系矮化砧, 随后北京植物园从波兰也引进了矮化砧木。以后又引进了英国的 MM 系、波兰的 P 系、原苏联的 B 系、美国的 CG 系、加拿大的 O 系和瑞典的 A 系等。利用引进材料进行杂交, 各地相继选出了许多矮化砧木, 这些砧木主要有辽砧 2 号、SH 系、GM256、77-34、63-2-19、Y-1 等。

1973 年 5 月, 郑州果树研究所根据中国农业科学院下达的任务, 组织全国 19 省 (自治区、直辖市) 38 个有关单位成立矮化苹

果协作网,在渤海湾、黄河故道、秦岭北麓、黄土高原中部与南部及鄂西北等苹果产区,重点对国外广泛采用的 M 系、MM 系苹果矮化砧进行繁殖和利用研究。全国共引进国外矮化砧 11 个系统 42 个型号的无性系砧木,建立了 10 个种质资源圃。到 1987 年,全国发展矮砧苹果园 1 万多公顷,但基本均是中间砧。2006 年,全国苹果种植面积将近 190 万公顷,其中矮砧密植果园面积 8.74 万公顷,仅占苹果栽培总面积的 4.6%。到 2008 年全国苹果种植面积将近 200 万公顷,矮砧密植果园面积已达到 14.83 万公顷,占苹果栽培总面积的 7.44% 左右(表 5)。2013 年全国苹果栽培总面积 227.22 万公顷,其中矮化密植面积达 25.34 万公顷,占比 11.15%。虽然除河南、陕西、辽宁三省外,其他苹果主产省矮化密植占比不足 10%,但近年新定植苹果矮砧密植园占比达 65% 以上。

表 5 全国苹果主产省份苹果园矮化密植情况统计

(韩振海, 2015)

区域	2006 年		2008 年		2013 年	
	面积 (万公顷)	比例 (%)	面积 (万公顷)	比例 (%)	面积 (万公顷)	比例 (%)
全国	189.88	4.60	199.22	7.44	227.22	11.15
陕西	46.22	8.65	53.09	13.91	66.52	20.04
山东	31.11	0.61	27.63	4.08	30.34	9.43
甘肃	20.74	0.62	24.65	1.33	29.02	3.04
河北	25.31	0.79	24.38	1.43	23.74	2.35
河南	16.77	21.88	17.33	24.66	17.67	25.13
山西	16.6	1.16	14.82	2.56	15.41	3.10
辽宁	10.91	1.19	11.4	3.50	15.50	13.15
其他	24.22	1.03	25.94	2.23	29.02	2.58

目前我国应用最多的矮化砧木是 M26 (表 6), 占比达 82.81%; 其次是 SH 系、GM256, 占比分别为 6.46% 和 4.89%; 其他砧木

如 M9、T337、MM106、CG80 等也有应用，但占比较少。我国苹果矮化砧木基本上采用矮化中间砧，而矮化自根砧应用极少。山东省矮化中间砧苹果面积占全省矮砧苹果总面积的 98.77%。陕西矮化中间砧应用面积也占苹果矮砧栽培面积的 98% 以上。目前，河南省矮砧密植园已占全省苹果栽培面积的 1/4，居全国首位，其中矮化自根砧应用比例亦为全国最高。

表 6 我国苹果主产省份矮化砧木主栽品种及占矮化栽培面积的比例 (%)

区域	M26	SH	GM256	M9	其他
全国	82.81	6.46	4.89		5.84
陕西	92.71	2.0		3.0	2.29
甘肃	66.67	23.33		10.0	
山东	95.72	1.21		1.71	1.37
河北	15.0	70.0	10.0		5.0
河南	90.0	8.0		1.0	1.0
山西	10.0	85.0			5.0
辽宁			80.0		20.0
北京		100			

我国已发现苹果病毒 39 种，目前生产上危害较严重的有苹果褪绿叶斑病毒 (ACLSV)、苹果茎沟病毒 (ASGV)、苹果茎痘病毒 (ASPV) 和苹果锈果类病毒 (ASSVd)。对我国 8 个苹果主产省、50 个果园的 2 144 个样品检测结果，果园病毒侵染率达 100%；ASGV、ACLSV 和 ASPV 的发生率分别为 94.80%、59.33% 和 64.72%；混合侵染率为 59.05%。我国广泛应用苹果实生砧木，即使矮化中间砧也几乎全部以实生苗作基础，以前人们普遍认为苹果砧木种子不传播病毒。近年研究发现，生产上常用的苹果种子山定子、八棱海棠和平邑甜茶实生苗检测到苹果锈果类病毒的株率分别为 30%、26.7% 和 100%；楸子实生苗带毒率 73.3%，苹果茎痘病毒、苹果褪绿叶斑病毒、苹果锈果类病毒复合侵染率

53.3%。可见通过种子播种,培育的乔砧或矮化中间砧苗木,无法实现无病毒苗木,只有通过组培及压条培育自根砧苗圃,才能从根本上解决无病毒的问题。

自 20 世纪 80 年代,我国苹果生产多采用乔砧密植,苹果生产园的更新周期一般为 15~25 年,平均 20 年。2013 年我国苹果种植面积 225.3 万公顷(2013 中国农村统计年鉴),按照年均更新 5%测算,“十三五”期间每年将有 11.3 万公顷老果园需要更新。预期“十三五”期间即使不增加苹果种植面积,每年将有 15 万公顷以上的苹果园达到更新年限。如果按苹果园更新面积的 40%改建为矮砧密植园,即每年需要建设 6 万公顷以上的矮砧密植苹果园,按每公顷定植 1 500 株苗计算,“十三五”期间苹果产业每年将需要优质无病毒矮化自根砧苗 0.9 亿株。

当前,我国苹果苗木生产主要集中在渤海湾和黄土高原两大优势地区,苹果苗木生产量较大的省份有山东、陕西、山西、河北、辽宁等,苹果苗木年生产总量超过 1 亿株。但是当前我国苹果苗木以实生砧乔化苗为主,约占苗木总产量的 70%以上,而且矮砧苗木又以矮化中间砧苗为主。陕西省千阳县有海升、华圣、大地丰泰、汇源等公司通过压条繁育自根砧苗,估计年产量不足 2 000 万株,难以满足市场需求。

由于苹果脱毒检测技术及无病毒苗木繁育技术普及不够,我国苹果无病毒苗木生产尚存在许多问题,市售脱毒苗,并非真正的无病毒苗。因此,国内现有的优质无病毒矮化自根砧苗供应能力极低,根本谈不上满足未来苹果产业需求。

西方国家苹果无毒矮化自根砧苗久已商业化生产,苗木生产技术成熟。但欧洲国家苹果无病毒矮化自根砧苗木出口总量为 2 000 万株/年,相当于我国“十三五”年需求量的 11%。由于中国和美国、日本等国家的苗木交易市场尚未开放,每年能从欧洲进口的苹果苗木不超过 200 万株。并且,除去检疫检验的难度,欧美国家生产的无病毒矮化自根砧苗,运到我国价格昂贵,每株成本 60~80 元,远超我国苹果产业投资能力。因此,我国苹果优质无病毒苗木

现有自给能力极低，依赖进口明显不具备可行性。“十三五”期间，亟待建立和应用低成本、高效率的苹果无病毒矮化自根砧良种繁育技术。

从 2012 年开始，陕西海升果业、陕西华圣果业、千阳大地丰泰、陕西枫丹百丽、北京汇源等公司，在千阳建立自根砧苹果园 0.4 万公顷，建立自根砧苗圃 0.02 万公顷。其中自根砧富士、嘎拉栽植当年开花，第二年结果，第四年每 667 米² 产量 3~4 吨。早果、丰产、优质、省工、省力特点明显。