

果树和葡萄的 病毒病及 类菌质体病害

〔苏〕 Т.Д. 薇尔杰列夫斯卡娅 著

В.Г. 马里涅斯库

雷增普 赵增仁 译 刘义 陈全 陈建新 校

中国林业出版社

果树和葡萄的病毒病 及类菌质体病害

〔苏〕T.Д.薇尔杰列夫斯卡娅 著
B.Γ.马里涅斯库

雷增普 赵增仁 译
刘义 陈全 陈建新 校

中国林业出版社

(京)新登字033号

ВИРУСНЫЕ И МИКОПЛАЗМЕННЫЕ

заболевания плодовых культур

и винограда

Т.Д.Вердеревская

В.Г.Маринеску

КИШИНЕВ «ШТИНЦА»1985

果树和葡萄的病毒病及类菌质体病害

〔苏〕Т.Д.薇尔杰列夫斯卡娅 著

В.Г.马里涅斯库

雷增普 赵增仁 译 刘义 陈全 陈建新 校

中国林业出版社出版（北京西城区刘海胡同7号）

新华书店北京发行所发行 昌黎县印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 11.25印张 242千字

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数 1—3,500册 定价: 6.00元

ISBN 7-5038-0628-1/S·0286

译 者 的 话

由T. Л. 薇尔杰列夫斯卡娅教授等人所著的《果树和葡萄的病毒病及类菌质体病害》是一本资料丰富,理论与实践相结合的书籍。它对果树病毒病害及其病理学的研究、对果树健壮地生长均有指导意义。作者以自己多年来的研究工作为基础,博取众长,结合各国科学家已发表的800余篇论文(1920—1983年)编撰成书。作者不仅介绍了世界各国果树病毒病害的研究现状,而且对重要病害的病毒种类、形态,理化特性,病害的症状学,流行病学,诊断学,防治方法等均做了全面的介绍,并附有病毒粒子、内含体形态的照片,病害症状照片。本书可供植保工作者,果树栽培工作者,苗圃工作者,以及大专院校有关专业师生参考。

为了便于读者阅读,译者在目录部分的病毒名称之后附上了英文名称(括号内)。

本书的病毒名称,专业术语参照《病毒名称》(科学出版社,1979),《植物病毒图鉴》(日)(保坂康弘等著,梁训生等译,农业出版社,1978),《植物病毒学》(裘维蕃著,农业出版社,1982)等书译出。

本书内容丰富,所涉及的植物病毒学知识面广。由于译者水平所限,错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

译者

1988年8月于北京林业大学

序 言

摩尔达维亚历来是园艺学和葡萄种植业的栽植区。目前在摩尔达维亚栽植着4475000公顷的多年生植物，其中果园为194500公顷、葡萄为253000公顷。

在近20年中，除进一步扩大种植面积外，在园艺和葡萄种植业的发展中，实行部门全面集约化已成为一项基本政策。与此相关，果园和葡萄园中对病虫害的有效防治特别重要，尤其是病毒病害。由于果树和葡萄慢性病经常引起减产，迫使以果树和葡萄种植业为经济收入的许多国家生产无毒栽植材料。

在苏联，该项课题首先在摩尔达维亚苏维埃社会主义共和国提出，并得到成功地解决。在摩尔达维亚研究了侵染果树和葡萄的病毒及类菌质体的种类、分布、经济意义，熟练地运用现代化方法诊断它们，成功地繁育并有计划地取得无毒栽植材料。摩尔达维亚园艺学、葡萄种植业及葡萄酿造业科研所的病毒学技术人员基本上都参加了上述工作的研究。60年代，以М.В. 伏龙芝 (М.В. Фрунзе) 命名的基希涅夫农学院植保教研室的研究生，在Т.Д. 薇尔杰列夫斯卡娅教授的领导下参加了这项工作。

从1978年起，摩尔达维亚科学院园艺学研究所的“Кодру”科学生产联合公司完成了果树及浆果病毒的研究，并制订出防治方法；摩尔达维亚葡萄种植业及葡萄酿造业研究

所的“Внерул”科学生产联合公司完成了葡萄病毒相类似的研究。这些所的病毒学家共同完成了对葡萄病毒的某些重大研究和方法的探讨。

向读者推荐的这本专题学术著作，包括我国及其它国家在果树、葡萄病毒及类菌质体病害方面的主要报道资料，包括摩尔达维亚病毒学家的研究资料。

作者相信，这本专门著作将对指导苗圃专业人员的专家们有所帮助，并促进果树和葡萄在无毒的基础上增加产量，以便顺利地完 成国家生产计划。

目 录

译者的话

序 言

1. 果树病毒病及类菌质体病害的研究现状…………… (1)
2. 核果果树病毒病及类菌质体病害…………… (27)
 - 2.1. 等径易变环斑病毒组——核果果树环斑病的病原物………… (27)
 - 2.1.1. 核果果树坏死环斑病毒(*Prunus necrotic ring spot virus*) 酸樱桃坏死环斑病(28) 甜樱桃坏死环斑病(30) 桃环斑病(31) 桃丛簇病(31) 洋李环斑病(33) 洋李衰退病(33)
 - 2.1.2. 甜樱桃褪绿环斑病毒或洋李矮缩病毒(*Cherry chlorotic ring spot virus*或*prune dwarf virus*)…………… (47)
甜樱桃褪绿环斑病(47) 酸樱桃黄化病(48) 洋李矮缩病(49) 洋李卷叶病(50) 杏流胶病(50) 桃矮化病(51)
 - 2.1.3. 李线纹病毒(*Plum line pattern virus*)…………… (55)
李线纹病(55) 甜樱桃黄花叶病(56) 桃线纹病(56) 杏线纹病(56) 巴旦杏花叶病(57)
 - 2.2. 线虫传多面体病毒组——核果果树病原物…………… (60)
 - 2.2.1. 番茄黑环病毒(*Tomato black ring spot virus*)…………… (63)
桃矮化病(63)
 - 2.2.2. 番茄环斑病毒(*Tomato ring spot virus*)…………… (64)
 - 2.2.3. 草莓潜环病毒(*Strawberry latent ring spot virus*)………… (65)
桃簇生柳叶病 (66)
 - 2.2.4. 甜樱桃卷叶病毒(*Sweet cherry leaf roll virus*)…………… (66)
 - 2.2.5. 甜樱桃銼叶病毒…………… (70)

2.2.5.1. 悬钩子环斑病毒(Raspberry ring spot virus).....	(71)
2.2.5.2. 南芥菜花叶病毒(Arabis mosaic virus).....	(74)
2.2.5.3. 甜樱桃锉叶病毒(Sweet cherry rast leaf virus).....	(75)
2.3. 马铃薯Y病毒组 (Potyvirus).....	(77)
2.3.1. 洋李痘病毒 (Plum pox virus).....	(77)
李痘病(78) 杏痘病(80) 桃痘病(81) 櫻桃李和米拉 別 里李痘病(81)	
2.4. 黄化病毒组 (Closterovirus).....	(90)
2.4.1. 苹果褪绿叶斑病毒(Apple chlorotic leaf spectvirus).....	(91)
洋李裂皮病(93) 洋李伪痘病和洋李杂色条髓 病(93) 杏簇生病(94)	
櫻桃果坏死病(94) 桃绿色陷斑 病(95)	
2.4.2. 侵染核果果树的其它线状病毒.....	(96)
2.5. 核果果树非汁液传播的病毒和类菌质体病害.....	(97)
2.5.1. 甜櫻桃小实 病.....	(97)
2.5.2. 酸櫻桃绿环斑病毒.....	(101)
2.5.3. 皱叶病或匈牙利锉叶病.....	(105)
2.5.4. 甜櫻桃坏死锈斑驳病.....	(106)
2.5.5. 欧洲锈斑驳病.....	(108)
2.5.6. 甜櫻桃叶 斑驳病.....	(110)
2.5.7. 甜櫻桃西部X小实 病.....	(111)
2.5.8. 日本李衰退 病.....	(113)
2.5.9. 桃黄化病.....	(115)
2.5.10. 桃小实病.....	(117)
2.5.11. 桃红缝病.....	(117)
2.5.12. 桃疣子病.....	(118)
2.5.13. 核果果树穴茎病.....	(119)
3. 仁果果树病毒病及类菌质体病 害.....	(124)
3.1. 仁果果树的等径易变环斑病毒组 (Ilarvirus).....	(124)
3.1.1. 苹果花叶病毒(Apple mosaic virus).....	(124)
3.1.2. 图拉苹果花叶病毒 [Apple(Tulare)mosaic virus].....	(129)
3.2. 仁果果树线虫传多面体病毒组 (Nepovirus).....	(130)

3.2.1. 苹果嫁接部坏死病	(130)
3.3. 仁果果树黄化病毒组(Closterovirus)	(132)
3.3.1. 苹果褪绿叶斑病毒(Apple chlorotic leaf spotvirus)	(132)
苹果品种和砧木上的褪绿叶斑病毒(133) 苹果苗斑点病(134) 梨环斑花叶病(134) 苹果果实环斑病(138) 苹果褐环斑病(139) 榲桲环斑花叶病(141)	
3.4. 苹果凹茎病毒(Apple stem grooving virus)	(143)
3.5. 非汁液传播的仁果果树病毒病和类菌质体病害	(147)
3.5.1. 苹果穴茎病毒(Apple stem pitting virus)	(147)
苹果穴茎病(147) 梨脉黄病和梨红斑病(151) 榲桲烟煤色(152) 环斑病苹果绿皱病(153) 梨和榲桲石质麻点病(154)	
3.5.2. 苹果锈果病毒(Apple rough skin virus)	(159)
3.5.3. 苹果北美果疤病毒(Apple scar skin virus)	(161)
3.5.4. 苹果果实绿色凹斑病毒(Apple green dimple virus)	(162)
3.5.5. 苹果小果病	(164)
3.5.6. 苹果鳞皮病	(165)
3.5.7. 苹果树皮坏死病	(165)
3.5.8. 金黄刺苹果树皮病毒性疱疹病	(166)
3.5.9. 梨疱疹病	(167)
3.5.10. 梨粗皮病	(168)
3.5.11. 梨裂皮病	(168)
3.5.12. 梨树皮坏死病	(169)
3.5.13. 梨穴茎病	(171)
3.5.14. 苹果和榲桲的串生病	(171)
3.5.15. 苹果胶木病	(178)
3.5.16. 梨衰退病	(182)
3.5.17. 苹果扁枝病	(184)
3.5.18. 苹果丛簇病	(188)
4. 从果树中分离出的非专化病毒(致病作用未定)	(189)
4.1. 烟草花叶病毒(Tobacco mosaic virus)	(189)
4.2. 黄瓜绿斑驳花叶病毒(Cucumber mosaic green	

mottle virus)	(192)
4.3. 黄瓜花叶病毒(Cucumber mosaic virus)	(193)
4.4. 藜花叶病毒(Sowbane mosaic virus)	(196)
4.5. 烟草坏死病毒(Tobacco necrosis virus)	(198)
4.6. 番茄丛矮病毒(Tomato bushy stunt virus)	(200)
4.7. 香石竹环斑病毒(Carnation ring mottle virus)	(201)
5. 类似病毒病症状的果树病害	(204)
5.1. 类似病毒病症状的果树遗传性病害	(204)
甜樱桃皱叶病(205) 李、櫻桃李和杏的皱叶病(206) 核果果	
树叶杂色病(208) 核果果树其它遗传性叶畸形病(209) 苹果	
叶杂色病(210) 苹果、梨的枝干和果实遗传性畸形病(210)	
5.2. 矿质营养失调引起的非侵染性病害	(211)
苹果丛枝小叶病(211)	
5.3. 由真菌、细菌侵染和昆虫引起的类病毒病症状	(214)
叶斑枯病(214) 枝条丛梗孢日灼病(214) 细菌性叶斑病(214) 昆虫	
和螨类引起的类病毒症状 (215)	
6. 果树病毒病及类菌质体病害的防治方法	(216)
6.1. 果树病毒病及类菌质体病的快速检验法	(217)
6.2. 获得果树无病毒原始材料的方法	(219)
6.3. 用热处理法获得无病毒的原始植物	(223)
6.4. 果树无病毒无性系的培养和繁殖条件	(227)
7. 葡萄病毒病害及类菌质体病害	(230)
7.1. 葡萄线虫传多面体病毒组(Nepovirus)	(244)
7.1.1. 葡萄扇叶病毒(Grapevine fanleaf virus)	(244)
黄花叶病(葡萄侵染性褪绿病)(249) 葡萄缺脉病(251)	
7.1.2. 南芥菜花叶病毒(Arabis mosaic virus)	(253)
7.1.3. 番茄黑环斑病毒(Tomato black ring virus)	(254)
7.1.4. 悬钩子环斑病毒(Raspberry ringspot virus)	(256)
7.1.5. 草莓潜隐环斑病毒(Strawberry latent ring spot virus)	(257)
7.1.6. 番茄环斑病毒(Tomato ringspot virus)	(257)

7.1.7.烟草环斑病毒(Tobacco ringspot virus)	(259)
7.1.8.桃簇生花叶病毒(Peach rosette mosaic virus)	(260)
7.1.9.葡萄铬黄花叶病毒(Grapevine chrome mosaic virus)...	(261)
7.1.10.菊芋意大利潜病毒(Artichoke Italian latent virus) ...	(262)
7.1.11.葡萄保加利亚潜病毒(Grapevine Bulgarian latent virus).....	(263)
7.2.土壤真菌传染的病毒	(264)
7.2.1.烟草坏死病毒(Tobacco necrosis virus)	(264)
7.2.2.番茄丛矮病毒(Tomato bushy stunt virus).....	(265)
7.2.3.马铃薯X病毒(Potato X-virus)	(266)
7.3.蚜虫传病毒	(267)
7.3.1.苜蓿花叶病毒(Alfalfa mosaic virus)	(267)
7.3.2.蚕豆萎蔫病毒(Broad bean wilt virus).....	(268)
7.4.传染介体未确定的病毒	(269)
7.4.1.葡萄布拉迪斯拉发花叶病毒(Grapevine Bratislava mosaic virus).....	(269)
7.4.2. Joannes-Seyve(26-295)杂种病毒 [Joannes-Seyve(26-295) hybrid virus]	(269)
7.4.3.烟草花叶病毒(Tobacco mosaic virus).....	(270)
7.4.4.葵花叶病毒(Sowbane mosaic virus)	(272)
7.4.5.葡萄褪绿花叶病毒(Grapevine chlorotic mosaic virus) (273)	
7.5.病原未分离到的介体未知的病毒病害	(274)
7.5.1.葡萄卷叶病.....	(274)
7.5.2.葡萄星状花叶病.....	(278)
7.5.3.葡萄耳突病.....	(278)
7.5.4.葡萄穴茎病.....	(282)
7.5.5.葡萄大理石状花纹病.....	(287)
7.5.6.葡萄脉坏死病.....	(289)
7.5.7.葡萄脉花叶病.....	(291)
7.5.8.葡萄栓皮病.....	(294)
7.5.9.葡萄黄点病.....	(295)
7.5.10.葡萄夏斑驳病	(296)

7.5.11. 葡萄侵染性褪绿和红叶病	(298)
7.5.12. 葡萄线纹病	(299)
7.5.13. 葡萄Ajinashika病	(299)
7.5.14. 葡萄脉间褪绿病	(300)
7.5.15. Cabernet-Sauvignon 葡萄潜隐病	(301)
7.5.16. 葡萄扁茎病	(302)
7.5.17. 葡萄芽坏死病	(302)
7.6. 类菌质体病害及其相似症状的病害	(303)
7.6.1. 葡萄金黄病	(303)
7.6.2. 葡萄木质褐变病	(305)
7.6.3. 葡萄小叶病	(306)
7.6.4. 葡萄失绿退化病	(306)
7.6.5. 葡萄智利黄化病	(307)
7.6.6. 葡萄侵染性坏死病	(308)
8. 葡萄病毒病和类菌质体病害的防治	(310)
8.1. 获得原始的无病毒材料的方法	(311)
8.1.1. 用选种获得无病毒的无性系	(312)
8.1.2. 用热处理法获得无病毒的葡萄无性系	(314)
8.2. 保存和繁殖无病毒葡萄苗木的条件	(316)
9. 果树和葡萄无毒栽植材料生产的组织	(319)
参考文献	(324)

1. 果树病毒病及类菌质体病害的研究现状

在近25—30年内，果树病毒病害已成为集中研究的对象。

30年代初期，在北美仅知道桃树有5种病害：桃伪形病(Peach phony, Neal, 1920)，桃丛簇病(Peach rosette, Smith, 1891)，桃黄化病(Peach yellows, Smith, 1888)，桃小实病(Peach little peach, Smith, 1891)，桃红缝病(Peach red suture, Bennett, 1926)，还有一种欧洲洋李痘病(Plum pox, Atanasoff, 1932)。其中至少有4种病害(伪形病，丛簇病，桃黄化病及洋李痘病)是危险性病害。1932年又发现了桃花叶病(Peach mosaic, Hutchins, 1932)。

这些病害的流行有时给生产带来毁灭性的打击。在这些病害流行的头十年内，密西根州的别林县桃园种植面积减少到原来的1/12，同一州的杰拉巴列县近30年内桃树株数减少到原来的1/10。在马里兰州，1890—1920年间桃园总面积减少5—50%。在乔治亚州，1929年以前由于桃伪形病的发生伐除100万株以上的桃树。1929—1952年间近200万株的桃树被毁灭。

在西南各州，同时期内由于花叶病的发生近30万株的桃树死亡(Каванг, Рот, 1956)。1939年南加利福尼亚州有1.8万株幼树发生花叶病(根据Маковей, Николаеску的引

文资料, 1970)。

在欧洲, 病毒病给许多国家的李子生产带来严重损失。30年代初期保加利亚有2万株李树发生痘病(Atanasoff, 1932)。在南斯拉夫, 1960年以前注册的病树不少于1100万株(Pobegajlo, 1960)。

在捷克斯洛伐克, 从60年代起研究分布广泛、使李子减产85%的痘病毒。在全国痘病毒所造成的损失达200万克朗(Blattny, Heger, 1965)。捷克斯洛伐克的痘病有上升的趋势, 因为人们习惯地种植绿色·莱茵克芦笛李实生苗, 这个品种因受痘病侵染而死亡。因此嫁接在该品种砧木上的树发生痘病后不结实, 并逐渐死亡。

1970年欧洲已有17个国家发现痘病毒, 这种病害给世界果树生产造成的损失也相应地增长(Kristensen, 1979)。

上述病害的严重为害性是人们研究病害十分关注的主要原因。经济因素是病毒病研究今后发展的主要的决定性的条件。

60—80年代普通病毒学的快速进展是果树病毒研究成功的第二个重要因素。分子生物学快速发展的结果改进了实验室技术、研究方法, 以及我们对于病毒侵入活细胞内机制的认识。

在最近10年内我们试图探讨有关果树病毒病及其病原方面的知识。

30—50年代在果树上曾发现和记载过病毒病害的数量迅速增加。当时不同果树上往往由同一种病毒引起的病害被记载为单独的病害。例如, 曾在桃树(Peach ring spot, Cochran, Hutchins, 1941), 酸樱桃(Sour cherry necrotic ring spot, Moore, Keitt, 1944), 扁桃(Almond calico, Thomas,

Rawlins, 1951), 四倍体甜樱桃 (Cherry rugose mosaic, Thomas, Rawlins, 1939; Cherry lace leaf, Zeller, 1942; Cherry tatter leaf, Hildebrandt, 1944; Cherry mild rugose mosaic, Berkeley, 1950) 上记载的核果果树坏死环斑病毒。

在该时期内一些相同的病毒被多次“发现”，这是由于缺乏相应的方法证实它们为同一种病毒。最初的植物病毒研究者首先进行外部症状的描述，而后通过嫁接、汁液传播或昆虫介体的传播来确定病毒病的传染性。但是，我们知道病毒病的外部症状极易变化。不同毒力的病毒株系，寄主的感病性，病害的发生时期，气候和天气条件的影响使外部症状变化无常。

诊断方法的不完善是该时期果树病毒知识扩大和深入研究相当缓慢的重要原因之一。J. D. Moore, I. S. Boyle, G. W. Keitt (1948) 把酸樱桃坏死环斑病毒接种到黄瓜的子叶上，这一发现是果树病毒知识继续深入研究的最重要前提。

这一发现应用在各个方面。感病的草本寄主范围的研究用来直接诊断汁液传播的果树病毒。同时探讨能区分类似而独立的病毒的指示植物，用它从复合物中分离出单个的病毒。在草本指示植物的汁液中研究病毒的特性，包括抗热性，病毒在植物组织内的浓度，以及体外侵染性保存的时间。许多有才华的研究者发现的草本指示植物，广泛地用在汁液传播病毒的快速诊断上，以及用于无毒苗圃中母本植株的保健研究上。

J. D. Moore, I. S. Boyle, G. W. Keitt 把果树病毒接种到草本指示植物上是另一个重要的成果。该研究能得到纯化的浓缩病毒，并能深入地研究其免疫特性，生物化学特性，形

态学及其结构。

在病果树植株内直接纯化病毒困难很大。

首先，在果树汁液中病毒的纯化同氧化酶的高度活性相关。许多著者注意到病毒侵染的组织和汁液迅速变褐，这同多元酚氧化酶的活跃作用和酚氧化物的累积相关(Diener, 1963; Rubin, Artihovskaja, 1964)。果树内酚的代谢比较强，而在病毒侵染的情况下特别强。由于果树多元酚氧化酶的强烈作用，多元酚呈水解单宁或缩合单宁状态累积，继续氧化为醌。果树组织研碎提出汁液的一瞬间单宁和醌及病毒粒子相结合形成不溶解的复合物。在这种情况下，在初提纯过程中病毒或落到沉淀物内失掉，或常常是同醌结合使病毒失活(Banden, 1954; Hampton, Fulton, 1961)。

其次，用果树直接纯化病毒时，果树汁液的高酸度是最大障碍(Cadman, 1960)。除此之外，许多果树叶片汁液含有大量的戊糖型亲水胶体，因此汁液粘稠，妨碍纯化过程的正常进行。

除了上述的缺欠外，果树组织内病毒含量往往较低。甚至在症状表现显著的病植物内病毒浓度非常低，而且植物组织内病毒分布不平衡。

最后，果树组织内分布着不同病毒的复合体，因此从中获得任何一种病毒的纯制品都很困难。在核果果树环斑病毒血清学研究方面，加拿大的研究者做了大量的复杂工作而未奏效，因由櫻桃花瓣制备的抗原有两种病毒——核果坏死环斑病毒和李矮缩病毒，因而使作者在上述病毒的定名上得出错误的结论(Willison, Weintraub, Tremaine, 1959; Tremaine, Willison, 1961, 1962; Tremaine, Allen, Willison, 1964; Allen, Tremaine, 1965)。

上述的许多困难是能够克服的，把果树上的病毒接种到草本植物上，而后在草本植物汁液中纯化。例如，把核果环斑病毒接种到黄瓜子叶上(Moore, Boyle, Keitt, 1948)，纯化病毒用电镜和血清学(Fulton, 1959)继续进行坏死环斑病毒和李矮缩病毒的鉴别(Fulton, Hamilton, 1960)。把南芥菜花叶病毒接种到黄瓜和矮牵牛上(*Petunia hybrida*) (Cadman, 1960; Hollings, 1963)，在昆诺阿藜(*Chenopodium quinoa*)和烟草(*Nicotiana tabacum*)上纯化樱桃卷叶病毒，可得到纯制品和诊断用的血清(Cropley, 1961; Tomlinson, Walkey, 1967)。

把病毒接种到草本实验植物上是纯化许多果树线状病毒的基本条件：球形病毒接种到*Chenopodium foetidum*和*Nicotiana clevelandii*，在其汁液内病毒被纯化(Kegler, Schmidt, Trifonow, 1964; Kassanis, Sutić, 1965)，苹果褪绿叶斑驳病毒和黑-绿偏土性病毒接种到昆诺阿藜上(*Ch. quinoa*) (Lister, Bancroft, Nadakavukaren, 1965; Sequeira, Cropey, 1968; Saksena, Mink, 1969)。

总之，果树病毒转接到草本指示植物上，是病毒准确鉴定和深入研究的必要阶段。但是，转接往往存在许多困难。把果树组织中的病毒成功地转接到草本植物上时，一些因素阻碍了病毒在果树汁液中的纯化：酶的氧化活性，特别是多元酚氧化酶，单宁，醌，汁液的氧化性，果树组织内病毒的低浓度。必须保护病毒免受这些不良因素的影响，使病毒在果树汁液中保持短时间的稳定。曾用过多种不同的稳定物质防护病毒在组织研碎的瞬间被纯化。常用的稳定物质如下：二乙氨基荒酸钠，它能使多元酚氧化酶钝化，阻断其中的铜离子(Hampton, Fulton, 1961)，尼古丁-硫酸盐(Thung,