

# 桃属植物等位酶遗传变异分析及品种基因型指纹利用

李长林<sup>1,2</sup>, 高 丽<sup>3</sup>, 刘先葆<sup>2</sup>, 颜福花<sup>4</sup>, 蔡礼鸿<sup>1</sup>, 朱更瑞<sup>5</sup>

(1. 华中农业大学 园艺植物生物学教育部重点实验室, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉市林业果树科学研究所, 湖北 武汉 430075;

3. 中国科学院武汉植物园, 湖北 武汉 430074; 4. 浙江省丽水市林业科学研究所, 浙江 丽水 323000; 5. 郑州果树研究所, 河南 郑州)

**摘 要:** 利用不连续双垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳技术, 对国家种质郑州桃资源圃所收集到的 97 份桃(*Amygdalus L.*)材料和 2 份近缘种李(*Prunus salicina L.*)共计 99 份材料进行了等位酶遗传变异分析。结果表明: ①在 11 个酶系统中共检测到 24 个清晰位点和 69 个等位基因, 多态位点为 22 个位点最大等位基因数为 8, 体现出桃资源丰富的遗传多样性。②不同的分类群具有特有等位基因: 如 *Est-2<sup>a</sup>*、*Est-2<sup>f</sup>*、*G6pdh-1<sup>a</sup>*、*Mdh-1<sup>c</sup>*、*Pod-3<sup>b</sup>*、*Pod-3<sup>d</sup>*、*Sod-3<sup>a</sup>*、*Sod-3<sup>b</sup>* 仅存在于普通桃中, *Cat-1<sup>b</sup>*、*Est-2<sup>f</sup>*、*G6pdh-1<sup>b</sup>*、*Me-1<sup>a</sup>* 只存在于山桃中, *Cod-3<sup>c</sup>*、*Est-3<sup>c</sup>*、*Me-1<sup>c</sup>*、*Me-2<sup>b</sup>* 只存在于光核桃, 体现了桃种间的遗传组成差异。③利用 11 个酶系统的 24 个位点的 69 个等位基因所构建的桃品种(株系)等位酶基因型指纹可以将 99 份试材完全区分, 表明等位酶是桃品种鉴定的一种有效工具。

**关键词:** 桃属; 等位酶; 遗传变异; 基因型指纹

中图分类号: S 662.103.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2008)07-0044-06

桃属(*Amygdalus persica L.*)植物隶属于蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae), 世界有 40 多种, 分布于亚洲中部至地中海地区, 栽培品种广泛分布于寒温带、暖温带至亚热带地区。其中我国有 12 种, 主要分布于西部和西北部, 栽培品种全国各地均有。桃是我国原产植物, 已有三千多年的栽培历史, 培育成为数众多的栽培品种, 除作果树外, 又是绿化和美化环境的优良树种。果实除供生食外, 还可制作罐头、桃脯、桃酱及桃干等。桃树的根、叶、花、种仁等均可入药。桃胶可作粘接剂<sup>[1]</sup>。我国不但培育出了大量栽培品种, 而且还从国外引进了多种优良品种进行栽培, 目前保存在桃资源圃的品种有 500 余个, 若包括民间地方品种在内要有 1 000 余个<sup>[2]</sup>, 我国品种极为丰富。对桃种质鉴定、分类和演化研究, 形态学<sup>[3]</sup>、孢粉学<sup>[4]</sup>等方面均取得了一定的研究成果, 但还存在许多分歧, 在技术手段上存在一定的局限性。虽然 RAPD 标记已用于桃资源研究<sup>[5-11]</sup>, 但因 RAPD 的重复性和稳定性问题而存在实际运用的局限性<sup>[12]</sup>。分子标记之间的等位酶是基因变异的一个表达标志, 等位酶分析是研究果树遗传多样性的重要方法<sup>[13-14]</sup>, 迄今为止, 仍是广为采用的分子标记技术之一, 已广泛应用于

果树遗传种质的研究<sup>[15-17]</sup>。近年来, 国内也在板栗(*Castanea*)<sup>[18-19]</sup>、湖北海棠(*Malus hupehensis*)<sup>[20]</sup>、柚(*Citrus gran-dis*)<sup>[21]</sup>、枇杷(*Eriobotrya*)<sup>[22]</sup>等果树上开展了研究, 而桃的研究相对较少。

为了保护我国桃种质资源, 在河南郑州、江苏南京、北京等地建立了国家桃资源圃。该研究拟通过等位酶分子标记技术, 对国家种质郑州桃资源圃所收集到的桃品种和近缘野生物种进行研究, 目的是检测桃的等位酶遗传变异, 并构建桃品种基因型指纹, 为探索桃的遗传多样性、品种鉴定和可持续利用提供基础数据和科学依据, 限于篇幅, 现着重于酶谱变异分析与品种指纹基础数据的提供, 其遗传多样性分析与品种遗传关系等将另文发表。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

该研究所用植物材料, 均采自国家果树种质郑州桃资源圃, 品种名称及其基因型见表 1。

### 1.2 电泳和等位酶染色

以成熟新鲜叶片作为等位酶分析试材, 采用不连续双垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳, 酶液的提取和染色参照王中仁(1996)<sup>[23]</sup>、何忠效等(1999)的方法<sup>[24]</sup>。

供分析了 11 个酶系统: AAT(天冬氨酸转氨酶, E. C. 2.6.1.1)、 $\alpha$ -AMY( $\alpha$ -淀粉酶, E. C. 3.1.1.1)、CAT(过氧化氢酶, E. C. 1.11.1.6)、COD(细胞色素氧化酶)、EST(酯酶, E. C. 3.1.1.-)、GDH(谷氨酸脱氢酶, E. C. 1.4.1.2)、G6PDH(6-磷酸葡萄糖脱氢酶, E. C. 1.1.1.49)、

第一作者简介: 李长林(1979-), 男, 硕士, 现从事果树种质资源研究工作。E-mail: lichanglin79@sina.com。

通讯作者: 蔡礼鸿。E-mail: cailihong@mail.hzau.edu.cn。

基金项目: 武汉市晨光计划资助项目(20035002016-40)。

收稿日期: 2008-02-03

MDH(苹果酸脱氢酶, E. C. 1. 1. 1. 37)、ME(苹果酸酶, E. C. 1. 1. 1. 40)、POD(过氧化物酶, E. C. 1. 11. 1. 7)和SOD(超氧化物歧化酶, E. C. 1. 15. 1. 1)。

1.3 等位酶位点的确定

酶谱的位点和等位基因的确定参照 Weeden and Wendel (1989)<sup>[29]</sup>、王中仁(1996)<sup>[23]</sup>和蔡礼鸿(2005)<sup>[23]</sup>的方法。在对酶谱进行遗传学定义时,对有多个位点的酶,从阳极到阴极,依次用 1, 2…表示各个位点;对每个位点的不同等位基因,从阳极到阴极,用字母 a, b, c…表示。

2 结果与分析

2.1 桃等位酶遗传变异

通过对 23 个酶系统进行筛选,最后选取了 11 个结果较好的酶系统。这些酶系统在桃属植物及外类群的 99 份材料中得到 24 个位点共计 69 个等位基因。等位基因数在桃不同材料上表现出丰富的多样性,兹按不同的酶系统分述如下。

天冬氨酸转氨酶(AAT): 存在于细胞液、质体、线粒体和微粒体中的二聚体酶, 位点数 1~4。在桃属植物上检测到 2 个位点, 其中等位基因 a 为主等位基因; 红叶桃、垂枝桃和甘肃桃为 aa 纯合, 上海水蜜桃及其后代、油桃、山桃和光核桃均为 ab 杂合。

α-淀粉酶(α-AMY): 从带型上看此酶为单体酶, 在桃属中检测到 3 个位点, 其中 α-Amy-1 和 α-Amy-3 表现为纯合, α-Amy-2 表现为杂合。α-Amy-1 有 2 个等位基因, 甘肃桃为 aa 纯合, 硬肉桃中的东王母、传十郎和山桃中的白花山桃为 ab, 剩下的大部分材料为 bb 纯合。α-Amy-2 有 2 个等位基因, 红叶桃、垂枝桃和碧桃为 bb 纯合; 新疆桃、山桃和光核桃为 ab 杂合, 甘肃桃没有此位点, 其余居群无规律。α-Amy-3 有 1 个等位基因, 只有部分材料有此位点。

过氧化氢酶(CAT): 从酶的带型上看, 该酶在试验中表现单体酶的特征, 检测到 1 个位点, 8 个等位基因, 除碧桃的红花碧桃、山桃的红花山桃和光核桃为杂合外, 其余的材料均为纯合位点。

表 1 试验材料及其基因型

分类群及材料名称	等位酶位点与基因型																							
	Aat-1	Amy-1	Amy-2	Amy-3	Cat-1	Cat-1	Cat-2	Cat-3	Cat-4	Est-1	Est-2	Est-3	Gdh-1	Gpdh-1	Mdh-1	Me-1	Me-2	Pod-1	Pod-2	Pat-3	Pod-4	Sad-1	Sad-2	Sod-3
水蜜桃分类群																								
砂子早生 Sunagowase	ab	bb	bb	nn	bb	cc	ab	aa	nn	nn	ad	ab	aa	ee	bc	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	bb
早上海水蜜 Zaoshanghaihuimi	ab	bb	ab	nn	ee	cc	ac	aa	nn	nn	ae	ab	aa	ee	bc	bb	aa	cc	ab	nn	nn	aa	aa	ab
上海水蜜 Shanghaihuimi	ab	bb	bb	nn	dd	bc	ac	aa	nn	ab	ae	ab	aa	dd	bc	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	ab
安农水蜜 Annongshuimi	ab	bb	bb	nn	dd	cc	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	aa	ab	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	ac
贵州水蜜 Guizhoushuimi	ab	bb	ab	nn	cc	cc	ac	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	aa	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab
大久保 okubo	ab	bb	bb	nn	dd	cc	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	nn	nn	aa	aa	aa
春蕾 Chunlei	ab	nn	bb	nn	bb	bc	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	nn	nn	aa	aa	aa
京玉 Jingyu	ab	bb	ab	nn	dd	bc	ab	ae	nn	nn	ad	ab	aa	ee	bc	bb	aa	bc	ab	bb	nn	aa	aa	ab
玉露 Yulu	aa	bb	bb	nn	dd	bc	ab	nn	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	nn	nn	aa	aa	ab
白花 Baihua	aa	nn	bb	aa	dd	cc	ab	aa	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	ab
新白花 Xinbaihua	ab	bb	ab	nn	ee	cc	ab	nn	nn	nn	ad	ab	aa	ee	bc	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	ab
晚白 Wanbai	ab	bb	nn	nn	ee	cc	ab	ae	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab
金花露 Jinhualu	ab	bb	ab	nn	cc	cc	ab	ae	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	aa	nn	aa	nn	aa
早花露 Zohualu	ab	bb	ab	nn	dd	cc	ab	ae	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	nn	nn	aa	aa	ab
雨花露 Yuhualu	ab	nn	bb	nn	cc	cc	ab	ae	nn	nn	cd	ab	aa	dd	bc	bb	aa	bc	ab	nn	nn	aa	aa	nn
长岭早玉露 Changlingzaoyulu	ab	bb	ab	nn	ee	cc	ac	aa	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
上山大玉露 Shangshandayulu	aa	nn	bb	nn	ee	nn	ab	ae	nn	nn	be	ab	aa	ee	bc	bb	aa	bc	ac	ee	nn	aa	nn	nn
霞晖 2 号 Xiahui-2	bb	bb	bb	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	dd	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	aa	ab
蜜桃分类群																								
太原水蜜 Taiyuanshuimi	ab	bb	ab	nn	aa	bc	ab	ae	nn	nn	cd	ab	aa	bb	bb	bb	aa	cc	ab	ae	nn	aa	aa	ab
温州水蜜 Wenzhoushuimi	aa	bb	ab	nn	bb	bc	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	nn	ab
深州水蜜 Shenzhoushuimi	ab	bb	ab	nn	bb	bc	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	ab
深州离核水蜜 Shenzhoulisheshuimi	ab	bb	ab	nn	bb	bc	aa	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	bb
青州红皮蜜桃 Qingzhouhongpimitao	aa	bb	aa	nn	bb	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
青州白皮蜜桃 Qingzhoubaipimitao	aa	nn	bb	aa	dd	nn	ab	ae	aa	nn	ae	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
肥城红里 6 号 Feichenghongli-6	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	ab
园春白 Yuanchunbai	ab	bb	bb	nn	cc	nn	ab	nn	nn	nn	ad	ab	aa	cc	bb	bb	aa	ac	ac	nn	nn	aa	aa	ab
割谷 Gegu	ab	bb	nn	nn	bb	nn	ab	ae	nn	nn	ad	ab	aa	aa	bb	bb	aa	bc	ac	ae	aa	aa	aa	ab
硬肉桃分类群																								
东王母 T bo	ab	ab	aa	nn	cc	cc	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	dd	bb	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	nn
传十郎 Denjuru	ab	ab	ab	nn	dd	cc	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	ee	nn	aa	aa	bb
五月鲜 Wuyuxian	ab	bb	nn	nn	aa	ab	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	aa	aa	aa	bb
红桃 Hongtao	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bd	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab

分类群及材料名称	等位酶位点与基因型																							
	<i>Aca-1</i>	<i>Amy1</i>	<i>Amy2</i>	<i>Amy3</i>	<i>Cat-1</i>	<i>Cal-1</i>	<i>Cal-2</i>	<i>Cal-3</i>	<i>Cal-4</i>	<i>Est-1</i>	<i>Est-2</i>	<i>Est-3</i>	<i>Gdh1</i>	<i>Gpdh1</i>	<i>Mdh-1</i>	<i>Me-1</i>	<i>Me-2</i>	<i>Pod1</i>	<i>Pod2</i>	<i>Pat-3</i>	<i>Pod4</i>	<i>Sad-1</i>	<i>Sad-2</i>	<i>Sod-3</i>
一线红 Yixianhong	ab	bb	aa	nn	bb	nn	ab	ae	aa	nn	ae	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	ab
红鸭嘴 Hongyazui	ab	bb	aa	nn	cc	nn	ab	ae	aa	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
六月雪 Liuyuexue	aa	bb	aa	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
绯桃 Feitao	ab	bb	ab	nn	dd	nn	ab	ae	nn	nn	cc	ab	aa	bb	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	aa	aa
黄肉桃分类群																								
中州白桃 Zhongzhouhaitai	ab	bb	ab	nn	dd	cc	aa	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	nn	ab	nn	nn	aa	aa	ab
扬州40 Yangzhou40	ab	bb	aa	nn	cc	cc	ab	ae	aa	nn	bd	ab	aa	cc	ab	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	ab
金橙 Jincheng	ab	bb	ab	nn	cc	ab	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	bb
氟尔蒂尼 Fuedini	ab	bb	bb	nn	dd	nn	ab	ee	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	ab
氟莱德留卡 Flordarking	ab	bb	ab	nn	aa	nn	ab	ae	aa	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	ae	aa	aa	aa	ab
爱保太(小花) Aibaotai(Xiaohua)	aa	nn	bb	aa	ff	nn	ab	aa	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	nn	nn
早黄金 Zaohuangjin	ab	bb	bb	aa	ee	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	cc	bd	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	ab
大赵黄桃 Dazhuohuangtao	ab	bb	nn	nn	bb	nn	aa	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	aa
大王庄黄桃 Dawangzhuanghuangtao	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ae	aa	nn	bd	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	ab
大高核黄肉桃 Dagehuangroutao	ab	bb	ab	nn	ee	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	aa	bb	aa	bc	ab	ae	nn	aa	aa	ab
黄粘核 Huangnianhe	ab	bb	ab	nn	dd	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ab	ab	nn	aa	aa	ab
火炼金丹 Huolianjindan	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	nn	aa
叶县黄肉桃 Yexianhuangroutao	ab	bb	ab	nn	dd	cc	aa	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	nn	ab	nn	nn	aa	aa	ab
蟠桃分类群																								
撒花红蟠桃 Sahuahongpantao	bb	bb	bb	nn	ff	nn	ab	ae	nn	nn	ab	ab	aa	bb	bc	bb	aa	ac	ac	bc	nn	aa	nn	ab
白芒红蟠桃 Bainanghongpantao	bb	bb	bb	nn	dd	nn	ab	nn	nn	nn	ab	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	nn	ab
陈圃红蟠桃 Chenpuhongpantao	bb	bb	bb	nn	ee	nn	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
玉露蟠桃 Yulupantao	bb	bb	bb	nn	ff	nn	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
奉化蟠桃 Fenghuapantao	ab	bb	bb	nn	ee	nn	ab	bc	nn	nn	ab	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	aa
嘉庆蟠桃 Jiaqingpantao	ab	bb	bb	nn	dd	nn	ab	nn	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	aa
离核蟠桃 Liliepantao	bb	bb	bb	nn	ee	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	ae	aa	aa	aa	ab
晚蟠桃 Wanpantao	ab	bb	bb	nn	dd	nn	ab	nn	nn	nn	ab	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	aa	aa	aa	ab
黄金蟠桃 Huangjinpantao	bb	bb	bb	nn	ee	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	dd	ac	bb	aa	bc	ac	bc	aa	aa	nn	aa
早露蟠桃 Zaolupantao	bb	bb	bb	aa	dd	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	dd	ac	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
瑞蟠4号 Ruipantao-4	bb	bb	ab	nn	aa	nn	ab	nn	nn	nn	ab	ab	aa	dd	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
蟠桃皇后 Pantaohuanghou	ab	bb	ab	aa	ee	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
新红早蟠桃 Xinhongzaopantao	ab	bb	ab	aa	dd	nn	ab	ab	nn	nn	ae	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	bb
124 蟠桃 Pantao124	ab	bb	ab	aa	cc	nn	ab	nn	nn	nn	ab	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	nn	aa
美国蟠桃 Meiguopantao	ab	bb	bb	aa	dd	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	ab
农神蟠桃 Nongshenpantao	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ee	nn	nn	ae	ab	aa	dd	bb	bb	aa	bc	ac	bc	aa	aa	aa	ab
油桃分类群																								
酸李光 Suanliguang	ab	bb	nn	nn	aa	nn	ab	ae	nn	nn	ae	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	aa
丹墨 Danmo	ab	bb	bb	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	ab	ab	aa	ee	bb	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	nn	nn
早红珠 Zaohongzhu	ab	bb	nn	nn	aa	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	ee	bc	bb	aa	bc	ac	bc	nn	aa	aa	nn
中油5号 Zhongyou-5	ab	bb	nn	nn	aa	nn	aa	aa	nn	nn	cd	ab	aa	dd	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	nn	nn
千年红 Qiannianhong	ab	bb	nn	nn	bb	nn	ab	aa	nn	nn	bc	ab	aa	dd	bb	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	ab
曙光 Shuguang	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	dd	aa	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab
早红霞 Zaohongxia	ab	bb	bb	nn	cc	nn	ab	ee	nn	nn	cd	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab
格兰特2号 Gelandante-2	ab	bb	ab	nn	aa	nn	ab	ae	nn	nn	bd	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	nn	nn
五月魁 Wuyuekui	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bd	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	nn	nn
森格鲁 Sengelu	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ee	nn	nn	bc	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	nn
斯蜜 Simi	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	cc	bb	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	nn	nn
草巴特 Caobate	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	cc	bc	bb	aa	bc	ac	ee	nn	aa	aa	nn
五月火 Mayfire	ab	bb	nn	nn	bb	nn	aa	ae	nn	nn	bc	ab	aa	dd	bc	bb	aa	bc	ab	ee	nn	aa	aa	ab
秀峰 Xiufeng	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ae	aa	nn	bc	ab	aa	dd	bb	bb	aa	bc	ab	bc	nn	aa	aa	aa
兴津油桃 Xingjinyoutao	ab	bb	bb	aa	cc	nn	ab	ae	nn	nn	bd	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ac	nn	nn	aa	aa	nn
今井 Imai	ab	bb	ab	nn	dd	nn	aa	ae	nn	nn	bc	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ac	ee	nn	aa	aa	nn
红叶桃分类群																								
单瓣紫桃 Danbanzitao	aa	bb	bb	aa	dd	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	bb	bc	bb	aa	bc	ac	ee	aa	aa	aa	bb
红叶桃 Hongyetao	aa	bb	bb	nn	ff	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	bb	bb	bb	aa	bc	ac	ae	nn	aa	aa	ab
垂桃分类群																								
红垂枝 Hongchuzhi	aa	nn	bb	aa	dd	nn	ab	ae	nn	nn	bc	ab	aa	ee	cc	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	aa	nn
碧桃分类群																								

分类群及材料名称	等位酶位点与基因型																							
	<i>Aca-1</i>	<i>Amy-1</i>	<i>Amy-2</i>	<i>Amy-3</i>	<i>Cat-1</i>	<i>Cal-1</i>	<i>Cal-2</i>	<i>Cod-3</i>	<i>Cat-4</i>	<i>Est-1</i>	<i>Est-2</i>	<i>Est-3</i>	<i>Gdh-1</i>	<i>Gpdh-1</i>	<i>Mdh-1</i>	<i>Me-1</i>	<i>Me-2</i>	<i>Pod-1</i>	<i>Pod-2</i>	<i>Pod-3</i>	<i>Pod-4</i>	<i>Sad-1</i>	<i>Sad-2</i>	<i>Sod-3</i>
五宝桃 Wubatao	aa	nn	bb	nn	ee	nn	ab	aa	nn	nn	cd	ab	aa	aa	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	nn	nn
红花碧桃 Honghualitao	ab	bb	bb	aa	ee	nn	ab	ae	aa	nn	ae	ab	aa	dd	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	aa	ab
白单瓣 Baidanban	aa	nn	bb	nn	dg	nn	ab	ae	nn	nn	ce	aa	aa	aa	bb	bb	aa	bc	ac	ae	aa	aa	aa	aa
寿星桃分类群																								
红寿星 Hongshouxing	aa	bb	bb	aa	dd	nn	ab	ad	nn	nn	bd	ab	aa	aa	bb	bb	aa	ac	ac	ad	aa	aa	aa	nn
粉寿桃 Fenshoutao	aa	nn	bb	aa	dd	nn	ab	ad	nn	nn	cd	ab	aa	dd	cc	bb	aa	ac	ac	ad	nn	aa	aa	nn
新疆桃 <i>Amygdalus ferganensis</i> Kost. et Riad																								
喀什 1 号 Kashi-1	ab	bb	ab	nn	cc	nn	ab	ae	nn	nn	be	bb	aa	ee	bb	bb	aa	ac	ac	ae	aa	aa	aa	nn
喀什 3 号 Kashi-3 山桃 <i>Amygdalus davidiana</i> Carr.	ab	bb	ab	nn	bb	nn	ab	ae	nn	nn	be	bb	aa	dd	bb	bb	aa	ac	ac	ae	nn	aa	aa	nn
Yü 带型山桃 <i>Zhouxingshantao</i>																								
红花山桃 Honghuashantao	ab	bb	ab	nn	ff	ac	nn	aa	nn	nn	be	ab	aa	bb	aa	bb	bb	ac	ab	aa	nn	aa	nn	nn
白花山桃 Baihuashantao	ab	bb	ab	nn	dd	nn	bb	ae	nn	nn	be	ab	aa	cc	bb	ab	aa	bc	ab	aa	aa	aa	aa	nn
白花山碧桃 Baihuashanlitao	ab	ab	ab	aa	gg	nn	ab	ae	nn	nn	bf	bb	aa	cc	bb	bb	aa	nn	ac	ae	nn	aa	aa	nn
陕甘山桃 Shanganshantao	ab	bb	ab	aa	dh	cc	nn	nn	nn	nn	bf	bb	aa	dd	aa	ab	aa	nn	ab	nn	nn	aa	nn	nn
甘肃桃 <i>Amygdalus kansuensis</i> Skeels																								
甘肃桃 Gansutao	aa	aa	nn	nn	aa	ac	nn	nn	nn	nn	be	bb	aa	cc	bb	bb	aa	ac	ab	aa	nn	aa	aa	nn
光核桃 <i>Amygdalus mira</i> Koehne																								
光核桃 Guanghetao	aa	aa	nn	nn	aa	ac	nn	nn	nn	nn	be	bb	aa	cc	bb	bb	aa	ac	ab	aa	nn	aa	aa	nn
李 <i>Prunus salicina</i> Lindl.																								
大石早生 ishiwase	ab	nn	nn	ab	aa	nn	bb	nn	nn	nn	df	nn	aa	ee	cc	ab	nn	nn	bb	nn	nn	aa	aa	nn
秋姬 Qiuji	ab	nn	nn	ab	aa	nn	bb	nn	nn	nn	df	nn	aa	dd	cc	ab	nn	bc	bb	nn	nn	aa	aa	nn

细胞色素氧化酶(COD): 从带型看, COD 在桃属植物中表现单体酶特征, 4 个位点。位点 Cod-1 有 3 个等位基因, 以 c 基因为主, 大部分普通桃具有该位点, 而蟠桃、油桃、红叶桃、垂枝桃、碧桃、寿星桃、新疆桃和光核桃没有此位点。Cod-2 有 3 个等位基因, 以 a 基因为主, 大部分黄肉桃、油桃和蜜桃的基因型是 ab; 硬肉桃、蟠桃、红叶桃、垂枝桃、寿星桃、新疆桃和光核桃的基因型是 ab。位点 Cod-3 有 5 个等位基因, 以 a、e 基因为主。位点 Cod-4 有 1 个等位基因, 仅在 8 份材料中具有该位点。

酯酶(EST): 是分析最为普遍的酶系统之一, 据报道为单体或二聚体酶, 存在于细胞液中, 位点数从 2 到 10 不等。该研究中, EST 有 3 个位点, 位点 Est-1 上有 2 个等位基因, 只有春蕾具有该位点基因型是 ab。Est-2 有 6 个等位基因, 普通桃以 a 基因为主, 新疆桃、甘肃桃和山桃的基因型是 be。位点 Est-3 上有 3 个等位基因, 普通桃、蟠桃、油桃、红叶桃和垂枝桃的基因型是 ab, 新疆桃和甘肃桃的基因型为纯合型 bb, 仅光核桃油 c 等位基因, 基因型为 bc。

谷氨酸脱氢酶(GDH): 该酶在该试验供试材料中只有一个位点, 所有材料的基因型均为 aa 纯合, 即谷氨酸脱氢酶在桃属植物的谱带没有多态性。

6 磷酸葡萄糖脱氢酶(G6PDH): 二聚体, 通常存在于细胞液和质体中。该试验中观察到一个位点, 有 5 个等位基因, 并且都是纯合基因型, c 为主要等位基因。

苹果酸脱氢酶(MDH): 存在于细胞液线粒体和微粒体中的二聚体酶, 位点较多。在研究中易于辨认的位点只有一个 Mdh-1, 该位点上有 4 个等位基因, 以 b 基因

为主。

苹果酸酶(ME): 存在于细胞液的单聚体、二聚体和四聚体酶, 有两个位点。位点 Me-1 有两个等位基因, 除光核桃在该位点无等位基因, 白花山桃的等位基因型是 ab, 剩余的材料全部是纯合基因型 bb。位点 Me-2 有两个等位基因, 全部材料都是纯合基因型, 除红花山桃为 bb 纯合外, 其余全部是 aa 纯合。

过氧化物酶(POD): 是分析最为普遍的酶系统之一, 酶活性强, 显带快, 据报道该酶为单体或二聚体, 存在于细胞液和细胞壁中, 位点数从 2 到 13 不等。在桃属植物上有 4 个位点。其中 Pod-1 位点上有 3 个等位基因, 光核桃无该位点, 剩余的材料全部含有等位基因 a, 红叶桃和油桃的基因型是 bc, 垂枝桃、寿星桃、新疆桃和甘肃桃的基因型是 ac; 位点 Pod-2 上有 3 个等位基因, 全部材料都含有 a 基因, 蟠桃、红叶桃、碧桃、寿星桃和新疆桃的基因型为 ac, 甘肃桃和光核桃的基因型为 ab; 位点 Pod-3 上有 5 个等位基因, e 基因比较普遍, 甘肃桃的基因型是 aa, 碧桃、新疆桃和垂枝桃的基因型是 ae; 位点 Pod-4 上有 1 个等位基因, 仅在少数几个材料中出现。

超氧化物歧化酶(SOD): 存在于细胞液、质体和线粒体的二聚体和四聚体酶。在李属植物及其近缘种上有 3 个位点, 其中 Sod-1 位点上有 1 个等位基因, 该位点上基因型为 aa 纯合; Sod-2 位点上有 1 个等位基因, 除少数几个材料无该位点外, 其余的基因型均为 aa 纯合; Sod-3 位点上有 2 个等位基因, 以 b 等位基因为主, 少数几个材料无该位点。

2.2 桃品种群等位基因频率

研究所用的 99 份桃材料可分为 14 个品种群和 1 个外类群。通过对 11 个酶系统 24 个位点上 69 个等位基因频率进行分析,表明各等位基因在不同品种群中的存在频率分布差异。其中位点最大等位基因数为 8,照等位基因频率小于或等于 0.95 为多态位点的标准,11 个酶系统 24 个位点中的 Gdh 和 Sod-1 为单态位点。部分位点在各种中表现不一;其中 Me-1 和 Me-2 仅在山桃中表现多态性位点,Est-1 仅在水蜜桃中表现为多态位点,Aat-1 在红叶桃、垂枝桃和甘肃桃中表现为单态位点,Amy-1 在蟠桃、油桃、红叶桃、垂枝桃、新疆桃、甘肃桃、光核桃合理中表现为单态位点,Amy-2 在红叶桃、垂枝桃、碧桃、甘肃桃和李中表现为单态位点,Amy-3 在硬肉桃、垂枝桃、新疆桃、甘肃桃和光核桃中表现为单态位点,Cat-1 在垂枝桃、寿星桃、甘肃桃和李中表现为单态位点,Cod-1 在蟠桃、油桃、红叶桃、碧桃、寿星桃、新疆桃、光核桃和李中表现为单态位点,Cod-2 和 Cod-3 在甘肃桃和李中表现为单态位点,Cod-4 在水蜜桃、蟠桃、红叶桃、垂枝桃、寿星桃、新疆桃、甘肃桃、山桃、光核桃和李中表现为单态位点,Est-2 在光核桃、Est-3 在新疆桃、甘肃桃和李中均表现为单态位点,G6pdh 在红叶桃、垂枝桃、甘肃桃和李中表现为单态位点,Mdh-1 在垂枝桃、碧桃、新疆桃、甘肃桃、光核桃和李中表现为单态位点,Pod-4 在水蜜桃、油桃、垂枝桃、甘肃桃、光核桃和李中表现为单态位点,Sod-2 在硬肉桃、红叶桃、垂枝桃、新疆桃、甘肃桃、光核桃合理中表现为单态位点,Sod-3 在垂枝桃、寿星桃、新疆桃、甘肃桃、山桃、光核桃和李中表现为单态位点,在其它中表现为多态位点。

### 2.3 桃品种的等位酶基因型指纹

在分析桃等位酶变异的基础上,将各品种或物种材料的 11 个酶系统 24 个位点的等位酶基因型组合便构成了个品种的基因型指纹,在品种基因型指纹检测中,99 份材料均有自己的基因型指纹,表明等位酶基因型指纹可用作桃品种区分与鉴定的依据。

### 3 讨论

关于桃属植物的表型多样性,据《中国果树志·桃卷》<sup>[35]</sup>的记载,桃树的形态学、生物学、生态学方面的资料非常丰富。如树形有下垂、开张、半开张、直立、扫帚形,不同品种的叶片大小、形状、锯齿、叶基部和先端状况均稍有差异;同一花型中花瓣的大小、形状、色泽各不相同;桃果实的大小差异很大,单果重可从数克到数百克以上;桃核的形状、大小、核面沟纹状况因种类品种而异;桃在中国分布极为广泛,南起广东、台湾,北至吉林延边,西到新疆于田,西南至西藏拉萨等。

我国已经在河南郑州、江苏南京、北京等地建立了 3 个国家桃资源圃,保存在桃资源圃的品种有 500 余个,若包括民间地方品种在内要有 1 000 余个<sup>[2]</sup>,我国品种极

为丰富。目前对桃种质鉴定、分类和演化研究,在形态学<sup>[3]</sup>、孢粉学<sup>[4]</sup>等方面均取得了一定的研究成果,但还存在许多分歧,在技术手段上存在一定的局限性。虽然 RAPD 标记已用于桃资源研究<sup>[5-11]</sup>,但因 RAPD 的重复性和稳定性问题而存在实际运用的局限性<sup>[12]</sup>。

等位酶分析之所以可以从分子水平评价生物的遗传多样性,是因为等位酶分析可以确定等位基因频率或基因型频率,虽然它只是作为一个随机抽样,并不等于整个基因组,但在大多数情况下,它可以作为遗传标记反映整个基因组的遗传变异情况,有了可遗传的变异,进化才会出现,进化的实际过程在一定程度上可以说就是居群遗传结构或基因频率上的变化和积累。等位酶分析在目前仍然是了解居群的基因频率或遗传结构的主要手段<sup>[23]</sup>。

研究在桃属 5 个种 14 个分类群的 11 个酶系统 24 个位点上,共检测到 69 个等位基因。从对桃属的 69 个等位基因进行分析,得到 99 份材料的基因型和各等位基因在不同分类群中的频率分布,有结果分析可知,不同酶系统的同工酶位点数,等位基因数,在桃属不同材料上表现出多样性。就单个位点而言,最大等位基因数为 8,除 2 个为单态位点外,其余均为多态位点。不同的分类群具有特有等位基因:如 *Est-2<sup>a</sup>*、*Est-2<sup>d</sup>*、*G6pdh-1<sup>a</sup>*、*Mdh-1<sup>c</sup>*、*Pod-3<sup>b</sup>*、*Pod-3<sup>l</sup>*、*Sod-3<sup>a</sup>*、*Sod-3<sup>b</sup>* 只存在于普通桃中,*Cod-2<sup>c</sup>*、*Est-1<sup>a</sup>*、*Est-1<sup>b</sup>* 只存在于水蜜桃中,*Mdh-1<sup>d</sup>* 只存在于黄肉桃中,*Cod-4<sup>a</sup>* 只存在于碧桃中,*Cod-3<sup>b</sup>* 只存在于蟠桃中,*Cat-1<sup>b</sup>*、*Est-2<sup>f</sup>*、*G6pdh-1<sup>b</sup>*、*Me-1<sup>a</sup>* 只存在于山桃中,*Cod-3<sup>c</sup>*、*Est-3<sup>c</sup>*、*Me-1<sup>c</sup>*、*Me-2<sup>b</sup>* 只存在于光核桃中。这些分类群特有等位基因的存在,反映了分类群的遗传组成具有差异性,该结果对桃资源的遗传改良具有重要的参考价值。

### 参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会主编. 中国植物志[M]. 83 卷. 北京: 科学出版社, 1986: 8-24.
- [2] 汪祖华, 庄恩及. 中国果树志·桃卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 86-89.
- [3] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [4] 汪祖华, 周建滔. 桃种质的起源演化关系研究—花粉形态分析[J]. 园艺学报, 1990, 17(3): 161-168.
- [5] 程中平, 陈立志, 胡春根. 利用 RAPD 技术对新疆桃分类地位的探讨[J]. 园艺学报, 2001, 28(3): 211-217.
- [6] 程中平, 陈立志, 胡春根, 等. 桃遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(2): 89-99.
- [7] 程中平, 陈立志, 胡春根, 等. 油桃品种的 RAPD 分析[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(3): 63-68.
- [8] 程中平, 陈立志, 胡春根, 等. RAPD 技术在桃种质资源保存中的应用[J]. 中国果树, 2002(3): 5-7.
- [9] 程中平, 黄宏文. 桃不同类群的遗传多样性及其遗传结构的 RAPD 分析[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(1): 27-32.
- [10] 杨新国, 张开春, 秦岭, 等. 桃种质亲缘演化关系的 RAPD 分析[J]. 果

树学报 2001, 18(5): 276-279.

[11] 杨英军, 张开春, 林珂. 常见桃属植物 RAPD 多态性及亲缘关系分析[J]. 河南农业大学学报, 2003, 36(2): 187-190.

[12] 汪小全, 邹喻苹, 张大明, 等. RAPD 应用于遗传多态性和系统学研究中的问题[J]. 植物学报, 1996, 38(12): 954-962.

[13] 王中仁. 植物遗传多样性和系统学研究中的等位酶分析(1)[J]. 生物多样性 1994 2(1): 38-43.

[14] 王中仁. 植物遗传多样性和系统学研究中的等位酶分析(2)[J]. 生物多样性 1994 2(2): 91-95.

[15] Huang H, Dane F, Norton J D. Genetic analysis of 11 polymorphic isozyme loci in chestnut species and characterization of chestnut cultivars by multi-locus allozyme genotypes[J]. J Amer Soc Hort Sci. 1994 119: 840-849.

[16] Huang H, Layne D R, Peterson R N. Isozyme polymorphisms for identification and assessment of genetic variation in cultivated pawpaws [Asimina triloba (L.) Dunal][J]. J Amer Soc Hort Sci. 1997 122: 504-511.

[17] Uzun H İ, Polat İ, Demir S. Identification of Loquat cultivars by fruit, leaf and endosperm isozymes[J]. Acta Hortie. 2003 598: 173-180.

[18] 郎萍, 黄宏文. 栗属中国特有种群群的遗传多样性及地域差异[J]. 植物学报, 1999, 41(1): 651-657.

[19] 暴朝霞, 黄宏文. 板栗主栽品种的遗传多样性及其亲缘关系分析[J]. 园艺学报, 2002 29(1): 13-19.

[20] 康明, 黄宏文. 湖北海棠的等位酶变异和遗传多样性研究[J]. 生物多样性 2002 10(4): 376-385.

[21] 张太平, 彭少麟, 王峰峰, 等. 柚品种的等位酶变异研究[J]. 热带亚热带植物学报 2001, 9(1): 55-62.

[22] 蔡礼鸿, 李作洲, 黄宏文, 等. 枇杷属植物等位酶遗传变异及品种基因型指纹[J]. 武汉植物学研究 2005 23(5): 406-416.

[23] 王中仁. 植物等位酶分析[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[24] 何忠效, 张树正, 电泳[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1999.

[25] Wendel J F, Wenden N F. Visualization and interpretation of plant isozyme[A]. In: Soltis DE, Soltis PS eds. Isozyme in Plant Biology [M]. Oregon: Dioscorides Press. 1989: 5-45.

Genotype Fingerprint of Peach Cultivars and Allozymic Variation in *Amygdalus persica* L.

LI Chang-lin<sup>1,2</sup>, GAO Li<sup>3</sup>, LIU Xian-bao<sup>2</sup>, YAN Fu-hua<sup>4</sup>, CAI Li-hong<sup>1</sup>, ZHU Geng-rui<sup>5</sup>

(1. Huazhong Agricultural University Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Wuhan, Hubei 430070, China; 2. Wuhan Institute of Forestry and Pomology Science, Wuhan, Hubei 430075, China; 3. Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 4. Lishui Institute of Forestry Science, Lishui Zhejiang 323000, China; 5. Zhengzhou Research Institute of Pomology, Zhengzhou, Henan 450000, China)

**Abstract:** Allozymic variation of 97 peach materials and 2 related species plum were investigated using vertical slab polyacrylamide gel electrophoresis. The results showed that: ①Sixty-nine alleles of 24 loci in 11 enzyme systems were detected. 22 loci are polymorphic. The maxium number of alleles in a locus was eight. The result demonstrated a rich genetic diversity in peach germplasm. ②some specific alleles were detected in different outgroup, such as *Est-2<sup>a</sup>*, *Est-2<sup>d</sup>*, *G6pdh-1<sup>a</sup>*, *Mdh-1<sup>c</sup>*, *Pod-3<sup>b</sup>*, *Pod-3<sup>d</sup>*, *Sod-3<sup>a</sup>*, *Sod-3<sup>b</sup>* were only found in *Amygdalus persica* L. and *Cat-1<sup>h</sup>*, *Est-2<sup>f</sup>*, *G6pdh-1<sup>b</sup>*, *Me-1<sup>a</sup>* only in *Amygdalus davidiana* (Carr.) Y, while *Cod-3<sup>c</sup>*, *Est-3<sup>c</sup>*, *Me-1<sup>c</sup>*, *Me-2<sup>b</sup>* occurred in *Amygdalus mira* Koehne. The result also indicated that genetic composition was highly differentiated among different species in genus *Amygdalus* L. ③Based on multi-locos genotype fingerprinting cultivars with 69 alleles at 24 loci, 99 of materials were clear identified, suggesting allozyme was a useful marker for peach cultivars identification.

**Key words:** *Amygdalus persica* L.; Allozyme; Genetic variation; Genotype fringerprint

绿色农产品生产中土壤与施肥要求

生产绿色农产品,除选用优良品种,不使用化学农药而使用生物农药外,其对种植土壤条件和施肥方法也有许多讲究。

1 土壤条件要求

作为生产绿色农产品的农田,要远离有污染、废气、废渣排放的工厂。选择生产基地事先要采集土样,送有关单位化验,检查土壤中农药的残留量及重金属含量,如果超标则不宜作绿色农产品的生产基地。

2 增施有机肥

绿色农产品的产量主要依靠增施有机肥获得,因此要大积大造有机肥。

多积畜禽厩肥。多养畜禽既可增加养殖收入,又可积造优质有机肥。利用杂草、秸秆、河塘泥、动物粪尿,大搞高温堆肥和草塘沤肥。秸秆要加以粉碎,采取降氮、稳磷、增钾的措施,才有利于作用对养分的平衡吸收。

3 增施微量元素肥料

增施微肥可大幅提高农作物产量,同时还可以有效的改善农产品品质,使农产品中微量元素的含量明显增加。但需要注意的是,微肥也切不可多施,超量也会污染土壤、污染作物。

4 灌溉水源要求

水对农产品品质影响也很大。灌水不慎,将会污染农产品,也会污染农田中养殖的鱼蟹一类水产品。