

橘园不同施肥方式 对 N、P、K 在土层中分布的影响

彭良志^{1,2}, 凌丽俐^{1,2}, 淳长品^{1,2}, 江才伦¹, 曹立¹

(1. 中国农业科学院 柑橘研究所 重庆 400712; 2. 国家柑橘工程技术研究中心 重庆 400712)

摘要: 以栽培枳砧纽荷尔脐橙的渗漏池内红壤和紫色土为对象, 研究尿素和磷酸二氢钾撒施、沟施和浇施后 0~50 cm 土层中碱解氮、速效磷和速效钾含量变化。结果表明, 尿素无论采用何种施肥方式, 氮在红壤和紫色土中容易向下迁移; 磷酸二氢钾无论采用何种施肥方式, 磷在红壤中都极易被固定, 各土层中的速效磷含量很低, 对土壤速效磷的提高几乎未起作用, 而在紫色土中磷的固定作用较弱, 撒施后可显著提高土层中速效磷含量, 土壤上层的速效磷含量显著高于下层; 施用磷酸二氢钾使红壤和紫色土中速效钾含量升高, 总体上土壤上层速效钾含量高于土壤下层。另外, 还对柑橘园的适宜施肥方法进行讨论。

关键词: 施肥方法; 红壤; 紫色土; 碱解氮; 速效磷; 速效钾

中图分类号: S153.6⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)05-0956-06

Effects of Different Fertilizer Application Methods on Nitrogen , Phosphorus and Potassium Contents in Soil Layers

PENG Liang-zhi^{1,2}, LING Li-li^{1,2},
CHUN Chang-pin^{1,2}, JIANG Cai-lun¹, CAO Li¹

(1. Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Chongqing 400712, China; 2. National Citrus Engineering Research Center, Chongqing 400712, China)

Abstract: Red soil and purple soil in leakage cement pools planted with Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck) trees on trifoliolate orange [*Poncirus trifoliata*(L.)] rootstock were used to study the effects of fertilizer application methods, including broadcast-application, furrow-application and fertigation, on increasing the concentrations of nitrogen, available phosphorus (AP) and available potassium in 0-50 cm soil layers. When urea was applied by the three application methods, the available nitrogen moved downwards easily in soils. With KH_2PO_4 applied to red soil by the three application methods, the P element was strongly fixed by red soil and the AP concentrations in soil were very low, which had almost no effect on increasing soil AP concentration. However, when KH_2PO_4 was applied to purple soil by broadcast-application, the soil fixation of P element was not strong and the AP concentrations in 0-50 cm purple soil layers increased significantly with the characteristics of high AP concentrations in upper soil layers and low AP concentrations in lower soil

收稿日期: 2010-08-20

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD47B04)

作者简介: 彭良志(1963—), 男, 江西南康人, 研究员。1985年本科毕业于江西农业大学园艺系; 1988年硕士毕业于中国农业科学院研究生院。现为中国农业科学院柑橘研究所副所长, 国家柑橘工程技术研究中心常务副主任, 国家现代柑橘产业技术体系岗位科学家, 柑橘产业技术体系栽培与耕作功能研究室主任。长期从事柑橘栽培与生理研究, 先后主持国家自然科学基金、国家科技攻关计划项目和国家科技支撑计划课题等40多项。5个国家和省市柑橘产业规划的主要完成人之一, 发表论文80余篇, 主编或合编出版专著11本, 获得国家发明专利2项。E-mail: penglz809@163.com。

layers. Soil application of KH_2PO_4 increased available potassium concentrations in the two soils, and the distribution of available potassium concentrations were generally higher in upper soil layers. The suitable fertilizer application method in citrus orchard is discussed, too.

Key words: fertilization method; red soil; purple soil; nitrogen; available phosphorus; available potassium

随着农业的快速发展,施肥已是增加养分投入、保证土壤养分、改良土壤结构、提高作物产量与保证粮食安全的重要举措^[1]。合理的施肥方式是以提高肥料利用效率,增加作物产量,避免增加环境污染负荷为准则。在柑橘栽培管理中,土壤施肥方式主要有挖穴(沟)施肥、浇施和肥料撒施等。在目前农村劳动力数量和质量快速下降的情况下,柑橘园的肥料撒施因具有不易伤根、操作简便和省时省力等优点,被越来越多地使用^[2]。在柑橘施肥方面,很多学者做了大量研究^[3],但多侧重于不同施肥量的研究^[4-5],很少涉及相同施肥量水平下不同施肥方式的比较研究,特别是不同施肥方式对肥料在土层中的分布研究,几乎空白。目前,我国各柑橘产区有机肥施用越来越少,N、P、K等化肥施用比例逐年上升。本文以栽植枳砧纽荷尔脐橙的渗滤池红壤和紫色土为研究对象,采用相同施肥水平,研究不同施肥方式的碱解氮、速效磷和速效钾在不同土层中含量变化,探索施肥方式对N、P、K元素有效性的影响,以期为柑橘生产的肥料合理施用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于2008—2009年在重庆市北碚区西南大学资源环境学院的12个渗滤池中进行,每个渗滤池面积 2 m^2 (宽 1 m ×长 2 m)、深 1 m 。2008年3月,在9个渗滤池中装入从江西省南康市橘园旁取来的第四纪红壤(背景土壤,pH值5.0);在另3个渗滤池中装入取自重庆北碚区橘园旁的沙溪庙组紫色土(背景土壤,pH值7.2);6个月后,每个渗滤池中栽植12株1年生枳砧纽荷尔,行距 0.4 m ,株距 0.3 m 。试验所用肥料为尿素和磷酸二氢钾。

1.2 试验设计

试验设4个处理:(1)红壤池肥料均匀撒施(RF1);(2)红壤池每株挖长 30 cm 、深 10 cm 沟施(RF2);(3)红壤池肥料溶解成总浓度1%的液肥均匀浇施(RF3);(4)紫色土池肥料均匀撒施(PF)。每处理3个渗滤池重复。分别于2009年3月份和7月份进行施肥处理,3月份每株的施肥量为尿素 60 g 、磷酸二氢钾 50 g ;7月份每株的施肥量为3月份的 $2/3$,所有处理的施肥量相同。施肥后第9 d和第17 d取样,测定土壤中碱解氮、速效磷和速效钾含量。

1.3 土壤样品的采集

每次采集土壤样品时,每株树选1个土壤采样点(沟施的植株在施肥沟旁),在采样点上用土钻分别取 $0\sim 5\text{ cm}$ 土层(S1)、 $6\sim 20\text{ cm}$ 土层(S2)、 $21\sim 40\text{ cm}$ 土层(S3)、 $41\sim 50\text{ cm}$ 土层(S4)的土样,剔除根系和石砾等杂物。每个土层由12个采样点采集的土壤混合成1个土壤样品,每个样品3重复(3个渗滤池)。每次土钻取样后留下的取土孔,用预留在池外的同种土壤填满,并作标记,下次取样时避开该位置。土壤样品的制备按国家行业标准NYT890-2004执行。

1.4 指标测定

土壤碱解氮含量的测定为碱解扩散法;速效磷含量的测定为氟化铵盐酸浸提-钼锑抗比色法;速效钾含量的测定为中性乙酸铵浸提-原子发射法^[6]。

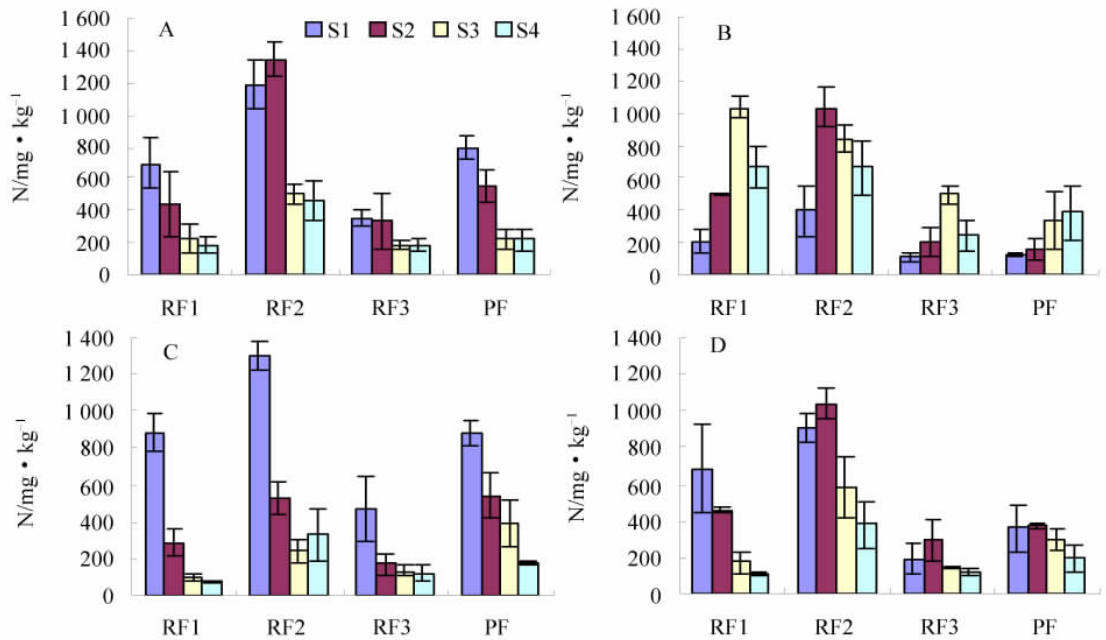
2 结果与分析

2.1 不同施肥方式对不同土层碱解氮含量的影响

2.1.1 春季不同施肥方式对不同土层碱解氮含量的影响 图1-A和图1-B结果显示,3月份施肥后第9 d,各处理不同土层碱解氮含量,由上层土壤到下层土壤呈现明显的递减规律;而到施肥后第17 d,不同土层碱解氮含量则呈现由上到下递增的趋势,尤其是表层土壤(S1)的碱解氮含量显著低于其下方的土层。其原因与氮在土壤中易移动有关,随施肥后时间的推移,在降雨的作用下,氮随水分不断向下层土壤迁移,使上层土壤中碱解氮含量下降、下层逐渐增加。3种施肥方式中,在第9 d时,以浇施的各土层碱解氮含量最低,在各土层中也最均匀,而沟施的各土层碱解氮含量最高。这是因为浇施时肥料均匀

分布在整体土面而下渗,肥料被大量土壤稀释,沟施的肥料因分布范围窄而浓度高。从不同土壤看,同样是撒施,在第 9 d 时,红壤和紫色土中的碱解氮分布基本相同;但到第 17 d 时,紫色土 S1 和 S2 土层中的碱解氮含量显著低于同土层的红壤,这可能与沙溪庙紫色土的沙质特性、肥料更容易随雨水下渗到深层土壤等因素有关。

2.1.2 夏季不同施肥方式对不同土层碱解氮含量的影响 图 1-C 和图 1-D 结果表明,7 月份施肥后第 9 d,各处理的碱解氮含量在土层中的分布特点与 3 月份的处理基本相同。但是,7 月份施肥后第 17 d,各处理的碱解氮在土层中的分布特点仍然与第 9 d 相似,即各土层中的碱解氮含量总体上仍为上层土壤高于下层土壤,主要原因可能是在此期间降雨量小,又未浇水,土壤中的氮下渗移动少。7 月份的施肥处理是在 3 月份施肥处理基础上进行的,已是第 2 次施氮肥,然而,就同一处理的相同土层的碱解氮含量看,7 月份的含量并不显著高于 3 月份,说明 3 月份所施氮到 7 月份时,在 0~50 cm 土层中已所剩无几。



A 为 2009 年春季施肥后第 9 d 取样; B 为 2009 年春季施肥后第 17 d 取样; C 为 2009 年夏季施肥后第 9 d 取样; D 为 2009 年夏季施肥后第 17 d 取样。

A: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 9th day after fertilization; B: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 17th day after fertilization; C: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 9th day after fertilization; D: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 17th day after fertilization. (RF1: broadcasting fertilization in red soil; RF2: shallow furrow fertilization in red soil; RF3: fertigation in red soil; PF: broadcasting fertilization in purple soil.)

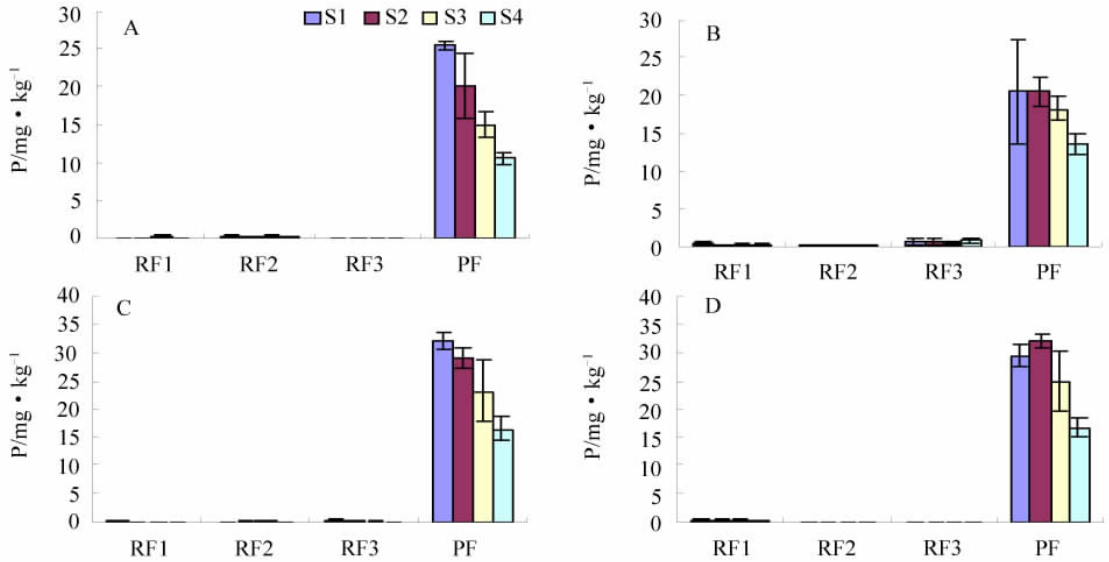
图 1 不同施肥方式的土层碱解氮含量变化

Fig. 1 The changes of available nitrogen concentrations in different soil layers under different fertilization methods

2.2 不同施肥方式对不同土层速效磷含量的影响

2.2.1 春季不同施肥方式对不同土层速效磷含量的影响 各土层速效磷含量分析结果表明(图 2-A, 图 2-B) 在所有红壤池中,无论是采用何种施肥方式,3 月份施肥后各土层中的速效磷含量都很低,各土层中的速效磷含量也无显著差异。施肥后第 9 d 红壤各土层的速效磷含量仅为 0.10~0.27 mg/kg;到施肥后第 17 d 各土层的速效磷略有增加,为 0.17~0.88 mg/kg。但紫色土各土层中的速效磷含量极显著高于红壤,施肥后第 9 d 各土层含量为 10.53~25.43 mg/kg,且由上到下呈明显递减规律;到施肥后第 17 d,上层土壤速效磷有所下降,下层土壤有所上升,说明施用的磷在紫色土中有一定的移动性。红壤中速效磷含量低,主要与磷被土壤固定有关;另外,红壤本身的有效磷含量很低。紫色土速效磷含量高,一是紫色土对施用的磷固定作用较弱,二是紫色土本身有效磷含量较高。

2.2.2 夏季不同施肥方式对土不同层速效磷含量的影响 7 月份施肥后,各处理的速效磷含量在各土层中的分布特点与 3 月份的处理基本相同。



A 为 2009 年春季施肥后第 9 d 取样; B 为 2009 年春季施肥后第 17 d 取样; C 为 2009 年夏季施肥后第 9 d 取样; D 为 2009 年夏季施肥后第 17 d 取样。

A: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 9th day after fertilization; B: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 17th day after fertilization; C: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 9th day after fertilization; D: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 17th day after fertilization. (RF1: broadcasting fertilization in red soil; RF2: shallow furrow fertilization in red soil; RF3: fertigation in red soil; PF: broadcasting fertilization in purple soil.)

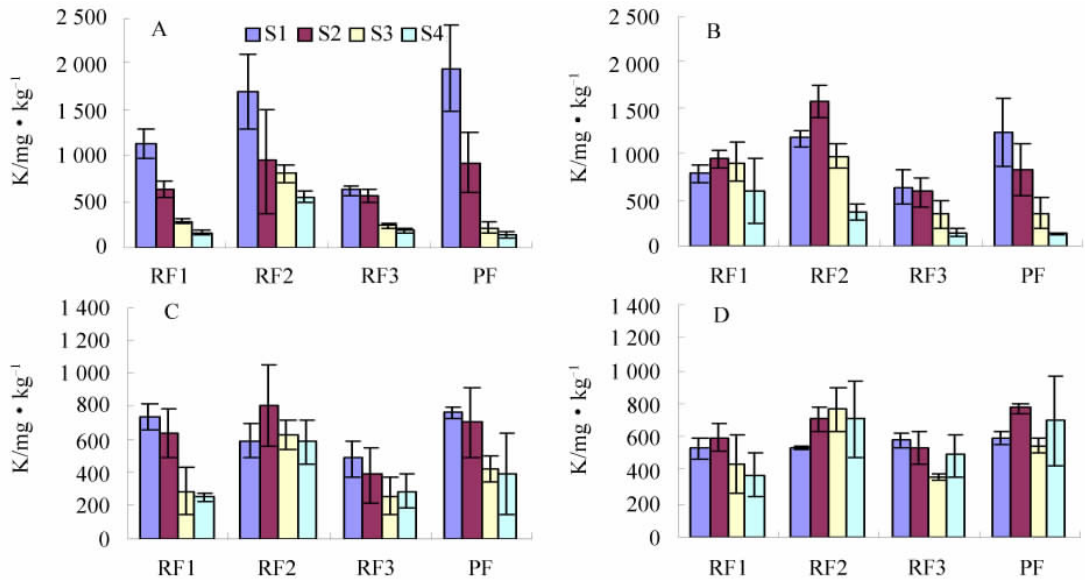
图 2 不同施肥方式的土层速效磷含量变化

Fig. 2 The changes of available phosphorus concentrations in different soil layers under different fertilization methods

2.3 不同施肥方式对不同土层速效钾含量的影响

2.3.1 春季不同施肥方式对不同土层速效钾含量的影响

图 3-A 和图 3-B 结果显示 3 月份施肥后第



A 为 2009 年春季施肥后第 9 d 取样; B 为 2009 年春季施肥后第 17 d 取样; C 为 2009 年夏季施肥后第 9 d 取样; D 为 2009 年夏季施肥后第 17 d 取样。

A: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 9th day after fertilization; B: fertilization in 2009 spring and soil sampled on 17th day after fertilization; C: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 9th day after fertilization; D: fertilization in 2009 summer and soil sampled on 17th day after fertilization. (RF1: broadcasting fertilization in red soil; RF2: shallow furrow fertilization in red soil; RF3: fertigation in red soil; PF: broadcasting fertilization in purple soil.)

图 3 不同施肥方式的土层速效钾含量变化

Fig. 3 The changes of available potassium concentrations in different soil layers under different fertilization methods

9 d,速效钾在所有处理的各土层的含量变化规律与碱解氮相似,由土壤上层到下层呈现明显的递减规律;而到施肥后第17 d,除浇施(RF3)处理外,其余处理的表层(S1)土壤中的速效钾含量显著下降,大多数下层土壤的速效钾含量上升,浇施处理(RF3)各土层的速效钾含量则变化不大。施肥后第17 d,各处理的总体趋势仍然是上层土壤的速效钾含量高于下层土壤,此结果说明,钾在红壤和紫色土中均能向下移动,但移动速度不如氮。

2.3.2 夏季不同施肥方式对不同土层速效钾含量的影响 7月份施肥后第9 d,各处理的速效钾含量在土层中的分布特点与3月份的处理基本相同;施肥后第17 d,除RF3处理外,其余处理的表土层(S1)速效钾含量下降,多数处理的S1土层速效钾含量低于S2土层;与施肥后第9 d相比,第17 d时,绝大多数S2、S3和S4土层的速效钾含量上升,但总体趋势仍然是上土层的速效钾含量高于下土层(图3-C、图3-D)。7月份的施肥处理也是在3月份施肥基础上进行的,是第2次施钾肥,但同一处理的相同土层的速效钾含量在7月份并不比3月份高,说明3月份所施钾肥到7月份时,在0~50 cm土层中所剩无几,这与7月份碱解氮含量的变化很相似。3月份所施的氮肥和钾肥除一部分被柑橘吸收利用外,更多的可能是下渗到了50 cm以下土层,因为4—6月为重庆的雨季,这段时间土壤处于高度湿润状态。

3 讨论

尿素在土壤中需转化为碳酸氢铵才能被作物吸收利用,由于碳酸氢铵易挥发,导致大量的氮素损失^[7-8];若其施在碱性土壤上,氮素的损失更快更多^[7];汪远品等报道,在沙性土中尿素采用浇施的肥效损失达30%以上^[9]。本试验将尿素分别撒施于红壤土和紫色土,虽然第9 d时0~20 cm土层(S1、S2)的碱解氮含量为紫色土显著高于红壤,但是第17 d时0~20 cm土层碱解氮含量为紫色土显著低于红壤,此结果也证明尿素在碱性土壤(紫色土pH值7.2)中更容易损失。不过,除挥发损失外,本试验所用沙溪庙紫色土属沙质土,对氮的吸附作用弱,易随土壤水分下渗损失也是重要原因。因此,柑橘生产上的尿素撒施应少撒多次,特别是紫色土果园更应如此,以提高利用率。石岩等研究施肥深度对旱地小麦氮素利用的结果显示,较深层次(20~40 cm)施肥可提高利用率^[10]。在本试验结果中,以红壤浅沟施肥(RF2)在土层中的碱解氮含量最高,除了浅沟施肥因肥料相对集中而使含量较高外,浅沟施肥的氮素挥发损失较少也是重要原因。但浅沟施肥能否提高柑橘对尿素的利用率还有待研究,因为浅沟所施尿素毕竟只分布在有限土壤范围,仅部分根系可参与吸收,与撒施和浇施尿素的大范围分布有很大不同。另外,浇施处理的碱解氮在土壤中分布较均匀,由于浇施的土壤湿润范围大,也应更有利于柑橘吸收。

磷素易被红壤中活性铁、铝等固结,磷的迁移率很小,在土壤溶液中的溶解度是其在土壤中运动的限制因素^[11]。可溶性磷化合物施入土壤后,大部分很快变成不溶性磷^[12];磷的扩散距离随磷肥施用量增加而线性增加^[13]。本试验结果显示,在红壤中,磷酸二氢钾无论是撒施、沟施还是浇施,各土层的有效磷含量都很低,且土层之间无显著差异,主要应与红壤中大量的铁、铝对磷的固定有关,另外与磷酸二氢钾施用量较小也有较大关系,在施用量较小时扩散很少。而在紫色土上撒施磷酸二氢钾后,磷含量从上土层到下土层呈梯度分布,且各土层磷含量极显著高于红壤,可见紫色土对磷的固定作用远没有红壤强烈。此结果说明,在红壤中施用磷酸二氢钾,其中的磷对柑橘基本没有作用,但在沙溪庙紫色土中有一定作用。因此,目前生产上少数红壤柑橘园采用土壤施用磷酸二氢钾的做法是不合理的。

土壤中的钾可分为水溶态、交换态、非交换态和矿物态钾,对作物而言,水溶性钾和交换性钾称为速效钾,非交换性钾称为缓效钾,矿物钾称为无效钾^[14],各种形态钾之间可以相互转化,并处于一个动态平衡体系中。钾在土壤中的移动性较大,施用钾肥可提高土壤中的供钾容量(EUF-K),而且在25~75 cm的土层中EUF-K含量与表土中一样高^[15];土壤钾素向下层迁移受施肥方式及作物生长的影响,表层土壤积累的钾素越多向下迁移的量也越多^[16]。本试验结果表明,无论采用何种施肥方式,钾素在红壤和紫色土中都能向下迁移,即使撒施在地面,仍然可以被柑橘吸收利用。因此,柑橘生产上可以采用钾肥撒施方式。

参考文献:

[1] 华南农业大学. 果树栽培学各论[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 1995.

[2] 彭良志, 刘生, 淳长品, 等. 滴灌柑橘园肥料撒施对土壤pH值的影响[J]. 中国南方果树, 2005, 34(4): 1-5.

- [3]李卫东 贺建华, 黄国林 等. 不同施肥方式对柑橘树生长及生理特性的影响[J]. 湖南农业科学, 2005(6): 36-38.
- [4]覃光明. 几种施肥配方对温州蜜柑品质及产量的影响[J]. 中国南方果树, 1999 28(2): 19-20.
- [5]陈守一 彭玉基, 杨再英. 柑橘果实膨大期增进果实品质的氮磷钾平衡施肥研究[J]. 广西园艺, 35(4): 3-4.
- [6]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [7]方同军. 尿素地面撒施不科学[J]. 农家参谋, 1997(11): 12.
- [8]李玉梅 李三明. 林果土壤肥科学[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1998.
- [9]汪远品 何腾兵. 水稻土中尿素损失的初步研究[J]. 贵州农业科学, 1989(5): 10-13.
- [10]石岩 位东斌, 于振文 等. 施肥深度对旱地小麦氮素利用及产量的影响[J]. 2001, 15(3): 180-183.
- [11]史吉平, 张夫道 林葆. 长期施用氮磷钾化肥和有机肥对土壤氮磷钾养分的影响[J]. 土壤肥料, 1998(1): 7-10.
- [12]Lewis E T, Racz G J. Phosphorus movement in some calcareous and noncalcareous soils[J]. Can J Soil Sci, 1969 49: 305-312.
- [13]Elrashidi M A, Alva A K, Huang Y F. Accumulation and downward transport of phosphorus in Florida soils and relationship to water quality[J]. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis, 2001 32(19/20): 3099-3119.
- [14]黄绍文 金继运. 土壤钾形态及其植物有效性研究进展[J]. 土壤肥料, 1995(5): 23-29.
- [15]Mercik S, Nemeth K. Effects of 60-year N, P, K and Ca fertilization on EUF-nutrient fractions in the soil and on yields of rye and potato crops[J]. Plant and Soil, 1985 83(1): 151-159.
- [16]于杰 孙丽 胡永红. 长期定位施肥条件下淮北潮土钾素的变化研究[J]. 江苏农业科学, 2004(6): 157-160.

(上接第 955 页)

- [11]张志华, 洪葵. 核酸序列直接分析在真菌鉴定方面的应用[J]. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(2): 39-43.
- [12]Martin K J, Rygielwicz P T. Fungal-specific PCR primers developed for analysis of the ITS region of environmental DNA extracts[J]. BMC Microbiology, 2005 5: 28.
- [13]Kumar S, Tamura K. MEGA3: Integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment[J]. Briefings in Bioinformatics, 2004 5: 150-163.
- [14]王子迎 王源超. 中国和美国大豆疫霉群体遗传结构的 ISSR 分析[J]. 生物多样性, 2007, 15(3): 215-223.
- [15]魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [16]谢丽华 徐焰平. 茶树品种、叶片生育期和茶叶化学成分对内生真菌的影响[J]. 菌物研究, 2006 3(4): 35-41.
- [17]Peres N A, Harakava R. Comparison of molecular procedures for detection and identification of *Guignardia citricarpa* and *G. mangiferae*. Plant Disease, 2007 91(5): 525-531.
- [18]Everett K R, Rees-George J. Reclassification of an isolate of *Guignardia citricarpa* from New Zealand as *Guignardia mangiferae* by sequence analysis[J]. Plant Pathology, 55: 194-199.
- [19]陈雪芬. 中国农业百科全书——植物病理学卷[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 81-82.