

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.05.006

三峡库区紫色土柑桔园氮流失控制研究^①

余 涵¹, 王成秋², 谢德体¹

1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 柑桔研究所, 重庆 400712

摘要: 为了研究三峡库区紫色土柑桔园在不同配方施肥, 不同施肥深度和不同耕作方式处理下氮素流失规律及其控制力变化, 以重庆紫色土柑桔园为研究对象, 采用同一氮磷钾配方施肥水平, 2 个施肥深度与 3 种耕作方式组合, 以地面撒施肥与中耕 2 次为对照, 单次计量分析各处理地表径流量、0~40 cm 土层和 40 cm 以下至母岩层侧渗流渗出水量及养分流失量, 并用 SPSS 软件统计分析. 结果表明, 试验园同一耕作方式下, 降雨量越大, 地表径流及侧渗流总量越大; 单次降雨中, 覆盖处理流失水量最大, 其流失量由大到小的顺序是: 覆盖深施肥、覆盖浅施肥、中耕 2 次地面撒施肥、生草深施肥、清耕深施肥、生草浅施肥、清耕浅施肥; 本试验一年中约 1.39%~1.71% 的化肥氮被雨水淋洗出土体并排放到环境中(对照为 1.64%), 各处理 0~40 cm 土层侧渗流氮最大, 其次是 40 cm 以下至母岩层, 地表径流中氮最小, 侧渗流是桔园土壤氮流失的主要途径; 生草深施肥有增加氮流失趋势, 氮肥浅施比深施氮素养分流失量小 10% 以上, 结果表明, 三峡库区紫色土柑桔园地耕作制对柑桔果园氮养分流失有很大影响, 地面撒施肥和生草深施肥有增大氮流失趋势; 氮肥浅施、调节土壤容重等措施可有效控制氮流失.

关键词: 紫色土; 柑桔园; 氮流失; 控制

中图分类号: S158

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)05-0030-08

柑桔是世界上产量最大的水果种类, 全球柑桔面积 866.7 万 hm^2 , 产量 1.24 亿 t. 我国柑桔产量和规模位居世界第一^[1], 柑桔对所需养分吸收的活跃期是每年的 4 月至 10 月, 是施肥和降雨最多的时期. 如果耕作施肥不当极易造成氮、磷和钾养分大量流失, 将造成严重的农业面源污染. 唐浩等^[2]研究认为, 农业面源污染是影响水环境质量的重要污染源, 对水环境的污染贡献率逐年提高, 逐渐成为制约农业可持续发展和实现农村现代化的环境瓶颈, 也是三峡库区农业生态环境的关键问题之一. 相关研究表明, 农业农田径流氮、磷素流失与湖泊水库富营养化现象的发生有着密切的关系^[3-5].

调查统计表明, 三峡水库集水区域柑桔果园超过 33.3 万 hm^2 , 果园的年施肥总量达到 32.5 万 t, 其中 40% 为氮素养分, 有近 1/4 的氮随地表径流和土壤渗漏流入长江将近 3.25 万 t. 三峡库区是我国重要的紫色土农业区^[6-7], 也是我国水土流失最严重的地区之一^[7]. 而紫色土发育时间短, 物理风化强烈, 易发生水土流失^[8-10], 严重的水土流失可携带大量的营养物质进入水体^[11], 造成严重的环境问题. 因此, 为减少柑桔生产中养分流失, 系统研究柑桔果园氮、磷流失发生规律和综合控制关键技术措施急需进行. 众所周知, 影响土地氮流失的原因除了土壤质地^[12]外还与气候变化、施肥程度和耕作方式有关^[13]. 国内外学者对一些流域非点源污染物的流失规律、流失形态和养分流失的效应进行了研究^[14-15], 对柑桔园养分随季节性暴雨的流失特征和机制, 周年性不同土壤层次侧渗流所产生的氮流失规律与控制效应定点定位研究报道少.

① 收稿日期: 2017-03-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671291).

作者简介: 余 涵(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事土壤肥力与生态研究.

通信作者: 谢德体, 教授, 博士研究生导师.

鉴于此,笔者于 2015 年 8 月至 2016 年 8 月,在重庆市北碚区微酸性紫色土甜橙园进行了同一施肥水平、2 种施肥深度与 3 种土壤耕作方式处理,与地面撒施肥与中耕 2 次(中耕 2 次/年)组合为对照,以期探明诸因子对柑桔果园流失水量和氮流失量的影响与控制效果。

1 研究区概况

本试验地设在重庆市北碚区中国农业科学院柑桔研究所甜橙园,属亚热带温暖湿润季风气候.试验区地貌为丘陵坡地,东南向,坡度 15° 左右,2003 年改为等高梯台地,台面坡度 6° ,内高外低.土壤质地主要是粉沙岩和矿质页岩,土壤为紫色土.

2 材料和方法

2.1 试验材料

试验材料为 8 年生枳砧中熟北碚 447 锦橙,栽植株行距为 $3.00\text{ m} \times 4.45\text{ m}$,平均每 667 m^2 栽植 50 株.共试肥料尿素含氮(N 计)46%,过磷酸钙含磷(P_2O_5 计)12%,硫酸钾肥含钾(K_2O 计)50%.

2.2 试验方法

2.2.1 试验设计

汪涛等^[16]研究认为,坡耕地平衡施肥能降低土壤氮素随径流损失,本试验采用同一配方施肥,所有处理施肥量均为氮肥(以 N 计)0.46 kg+磷肥(以 P_2O_5 计)0.368 kg+钾肥(以 K_2O 计)0.552 kg/(株·年)^[17],土壤施肥方式是柑桔园施肥传统且主流的方式,采用穴施、条沟施肥、环状沟施肥,一般施肥深度 10~35 cm 之间,在考虑土壤田间施肥习惯基础上,为了比较不同施肥深度对氮磷流失的影响,因而确定采用 10 cm 和 30 cm 2 种深度的条沟施肥处理,与清耕(5 次/年,深度 5~8 cm)、自然生草和秸秆覆盖 3 种耕作方式相组合,共 6 个试验处理(表 1),其中处理 1,2 的耕作方式为清耕,处理 3,4 的耕作方式为自然生草,处理 5,6 的耕作方式为桔柑覆盖.每处理 3 株柑桔树(即为 1 行),3 次重复,随机区组排列,以该试验园地面撒施肥 1 次(氮肥(以 N 计)0.26 kg+磷肥(以 P_2O_5 计)0.15 kg+钾肥(以 K_2O 计)0.15 kg/(株·年))中耕 2 次作对照,分 3 次施肥.共 21 个径流小区,行间用塑料薄膜隔断至地表以下 50 cm,以防止降雨时水分和氮、磷、钾养分侧渗,每个处理的土坎外壁下方底部修建长 60 cm×宽 50 cm×深 50 cm 集水池 3 个,分别用 70 mm 直径塑料管将地表径流水、地表至 40 cm 土层侧渗流和 40 cm 以下至母岩表面侧渗流接入集水池,降雨产生地表径流和土壤渗出水后计量各自水池中的总集水量,并用 500 mL 纯净水塑料瓶取水样备测.

表 1 试验处理表

处 理	施肥深度	施 肥 量/(kg·株 ⁻¹)		
		2015-08-22	2015-12-25	2016-03-07
处理 1: 清耕浅施肥	10			
处理 2: 清耕深施肥	30			
处理 3: 生草浅施肥	10	尿素 0.45	尿素 0.25	尿素 0.30
处理 4: 生草深施肥	30	过磷酸钙 1.38	过磷酸钙 0.77	过磷酸钙 0.92
处理 5: 覆盖浅施肥	10	硫酸钾 0.50	硫酸钾 0.28	硫酸钾 0.33
处理 6: 覆盖深施肥	30			
对照: 地面撒施	0	尿素 0.56		
		过磷酸钙 1.25		
		硫酸钾 0.30		

2.2.2 试验调查和样品采集与处理

水量调查:调查各处理及对照的降雨产生地表径流、0~40 cm 土层侧渗流和 40 cm 以下母岩土层侧渗出流量.

水样采集: 每次调查水量时, 用木棍搅匀各处理各层次集水池中的水, 用干净塑料瓶从中取水 500 mL, 拧紧瓶盖, 贴好标签, 供测试 pH 值、总氮用。

土壤样品采集与处理: 9 月 20 日, 采集处理和对照树株树冠外围滴水线土表以下 10~30 cm 土层土壤 1 kg, 将土样摊在干净的白瓷盘中, 在阴凉通风处风干, 风干场所无酸、碱等气体及灰尘污染, 风干土样用圆木棒磨碎, 摊在干净的纸上, 平均分成 3 份, 其中一份全部过 2 mm 孔径土壤筛, 磨口玻璃瓶中保存, 供测定土壤 pH 值、碱解氮、有效磷、速效钾等用; 另一份全部过 0.25 mm 孔径土壤筛磨口玻璃瓶中保存, 供测定土壤有机质用; 第三份全部过 0.149 mm 孔径土壤筛, 磨口玻璃瓶中保存, 供测定全氮、全磷、全钾等用。

2.2.3 测试分析

水样测试分析: 水样 pH 值采用电极法测定; 总氮采用消解-蒸馏定氮法测定。

土壤测试分析: 土壤 pH 值的测定按“NYT 1377-2007 土壤 pH 的测定”执行; 土壤有机质测定按“NYT 1121.6-2006 土壤检测 第 6 部分: 土壤有机质的测定”执行; 土壤碱解氮测定按“NYT 1849-2010 酸性土壤铵态氮、有效磷、速效钾的测定联合浸提-比色法”执行; 土壤有效磷测定按“NY/T 1121.7-2006 土壤检测 第 7 部分: 酸性土壤有效磷的测定”执行; 土壤速效钾测定按“NY/T 889-2004 土壤速效钾和缓效钾的测定”执行; 土壤全氮按“LY/T1228-1999 森林土壤全氮的测定”执行; 土壤全磷测定按“LY/T1232-1999 森林土壤全磷的测定”执行; 土壤全钾测定按“LY/T1234-1999 森林土壤全钾的测定”执行; 土壤容重测定按“NYT 1121.4-2006 土壤检测 第 4 部分: 土壤容重的测定”执行。土壤样、水样委托西南大学资源环境学院土壤化学实验室测试分析。

数据统计分析采用方差分析、线性回归、曲线回归、多模型拟合选优以及双重筛选逐步回归分析等统计分析过程均用 SPSS 软件完成。其中双重筛选逐步回归分析中因子入选临界($F_x=2.84$, $F_y=2.89$)采用系统默认值。

3 结果与分析

3.1 试验园土壤理化性质与对氮流失的影响分析

试验园土壤理化性质与氮流失如表 2 所示。结果显示, 清耕浅施肥、清耕深施肥、生草深施肥和覆盖深施肥处理柑桔单株周年氮流失总量与 10~20 cm 土层土壤容重呈极显著线性正相关, 其线性方程为: $Y(\text{氮流失量}) = 64.64 + 51.04x_{(10\sim 20\text{ cm 深土层土壤容重})}$ ($r=0.999$, $r_{0.01}=0.990(n=2)$), 与 40 cm 以下土层土壤容重相关性无统计学意义。本试验土壤 pH 值、土壤有机质、土壤全氮、土壤碱解氮质量浓度等与柑桔单株周年氮流失总量之间相关性无统计学意义。

表 2 试验园土壤理化性与氮流失数据表

	单位	清耕浅施	清耕深施	生草浅施	生草深施	覆盖浅施	覆盖深施	对照
氮流失量	mg/(株·年 ⁻¹)	6 415.69	7 137.72	6 498.23	7 859.20	6 505.50	7 174.27	4 256.48
土壤容重 1	g/cm ³	1.240 2	1.382 3	1.467 8	1.523 0	1.420 3	1.381 3	1.436 9
土壤容重 2	g/cm ³	1.515 2	1.569 3	1.539 7	1.545 8	1.558 3	1.542 3	1.556 2
土壤 pH 值	/	6.2	5.8	5.5	6.2	5.5	5.2	5.4
土壤有机质	g/kg	15.0	15.3	15.9	14.7	15.3	15.4	14.9
土壤全氮	g/kg	0.851	0.884	0.884	0.874	0.949	0.907	0.878
土壤碱解氮	mg/kg	79.6	98.1	80.1	75.6	79.6	82.0	71.2

注: 土壤容重 1 为 10~20 cm 土层土壤容重, 土壤容重 2 为 35~45 cm 土层土壤容重。

3.2 试验园流失水量分析

在周年试验过程中, 首次施肥时间是 2015 年 8 月 22 日, 根据降雨及径流、侧渗流产生情况, 调查流失水量和采集水样各 10 次, 具体观测时间如表 3 所示。

表 3 调查流失水量和采集水样时间表

次 数	时 间	次 数	时 间
第 1 次	2015/09/12	第 6 次	2016/05/06
第 2 次	2015/11/06	第 7 次	2016/06/02
第 3 次	2016/01/08	第 8 次	2016/06/19
第 4 次	2016/03/28	第 9 次	2016/07/15
第 5 次	2016/04/26	第 10 次	2016/08/06

3.2.1 试验处理对流失水量的影响

研究结果显示,同种耕作管理方式条件下,浅施肥处理(411.91~439.12 L/株)比相应的深施肥处理(396.23~410.91 L/株)的地表径流量略大,相应处理单株多流失水量分别是 67.23,66.28,50.52 L/株,但均比对照流失水量少(图 1);不同耕作管理方式对流失水量的影响较大,总体来看,秸秆覆盖各层次流失的水量最大,其次是生草方式和清耕方式,对照(中耕 2 次)流失的水量处于覆盖和生草之间,降雨流失量由大到小的顺序是:覆盖深施肥、覆盖浅施肥、中耕 2 次撒施肥(对照)、生草深施肥、清耕深施肥、生草浅施肥、清耕浅施肥(图 2)。

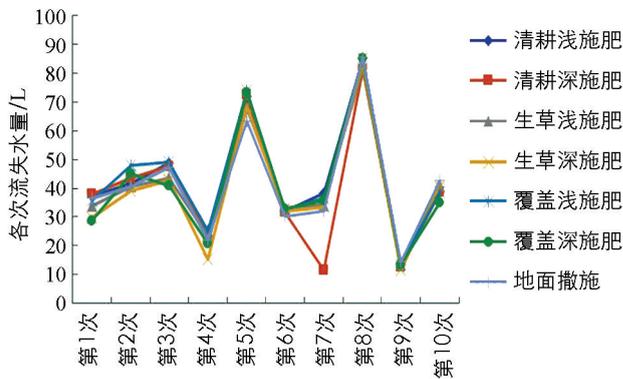


图 1 地表径流各次流失水量

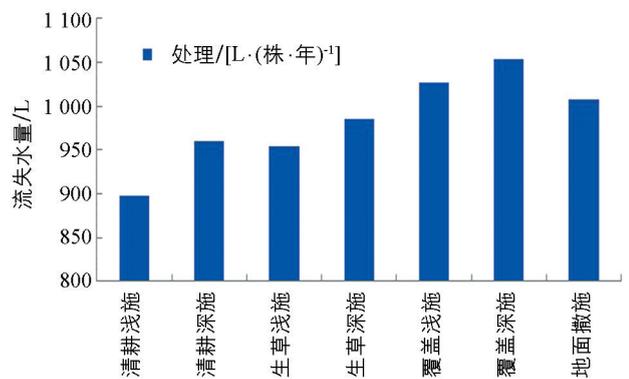


图 2 周年流失水量

3.2.2 不同耕作方式地表径流失水量与降雨量的相关性

试验园柑桔各处理和对照平均单株地表径流流失水量与各次累计降雨量的正相关有或极有统计学意义(表 4).景可等^[18]研究认为,地表径流与降水量和降雨强度密切相关,但不同地区其影响程度不同.在北方特别是黄土高原区,地表径流和土壤侵蚀主要取决于降雨强度,南方地区则主要取决于降雨量,本研究与他们的研究结果一致。

表 4 试验园地表径流流失水量与降雨量的相关分析表

	清耕浅施	清耕深施	生草浅施	生草深施	覆盖浅施	覆盖深施	对照	降雨量
清耕浅施	1							
清耕深施	0.927**	1						
生草浅施	0.994**	0.938**	1					
生草深施	0.990**	0.924**	0.996**	1				
覆盖浅施	0.994**	0.942**	0.992**	0.986**	1			
覆盖深施	0.985**	0.917**	0.987**	0.986**	0.991**	1		
对照	0.986**	0.939**	0.990**	0.987**	0.980**	0.966**	1	
降雨量	0.923**	0.841**	0.919**	0.893**	0.917**	0.896**	0.934**	1

注: * 表示在 5% 的概率水平上相关性有统计学意义; ** 表示在 1% 的概率水平上相关性极有统计学意义。

3.3 试验园氮流失及流失量分析

试验园各处理地表径流氮流失变化趋势总体上不具一致性(图 3).但是,在第 2 次、第 4 次和第 9 次调查中发现,除对照外,其他处理均出现地表径流氮显著高峰值,此与该 3 次降雨频次较为集中存在一定关

系, 地表径流水中氮流失范围是 1.42~11.94 mg/L, 其中以第 9 次覆盖深施肥处理氮流失最高, 第 1 次覆盖浅施肥处理氮流失最低, 10 次观测中, 清耕浅施肥、生草浅施肥、生草深施肥、覆盖深施肥处理和对照分别出现氮流失最大值; 地表径流平均单株柑桔树氮流失总量也出现 3 次高峰值(图 4), 与地表径流氮流失高峰值不同步, 单株柑桔树地表径流氮流失量范围是 152.31~1 407.86 mg, 其中第 5 次生草浅施肥处理氮流失量最大, 第 1 次覆盖浅施肥处理氮流失量最小, 清耕浅施肥、生草浅施肥、清耕深施肥、覆盖深施肥处理和对照氮流失量最大值分别出现. 由此可见, 在施肥量一致的情况下, 不同施肥深度和不同耕作方式对地表径流氮流失和流失量均有较大影响.

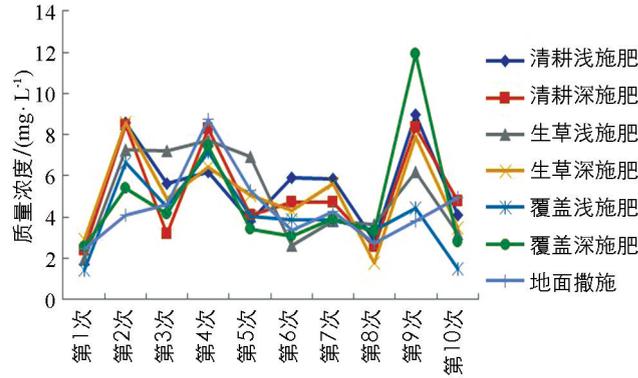


图 3 地表径流氮流失

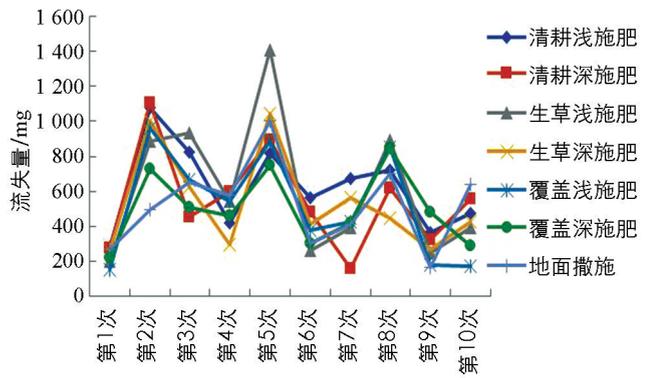


图 4 地表径流单株氮流失量

试验园各处理 0~40 cm 土层侧渗流在第 2 次、第 4 次和第 8 次除生草浅施肥处理和对照外, 其他处理氮流失均出现显著高峰值(图 5). 0~40 cm 土层侧渗流流失水中氮范围是 0.91~18.78 mg/L, 其中以第 8 次覆盖深施肥处理氮流失最高, 第 6 次对照氮流失最低, 清耕浅施肥、清耕深施肥、生草深施肥、覆盖浅施肥、覆盖深施肥处理和对照分别出现氮流失最大值; 0~40 cm 土层侧渗流平均单株柑桔树氮流失总量也出现 3 次显著高峰值(图 6), 分别是第 2 次、第 5 次和第 8 次, 单株柑桔树氮流失量范围是 34.95~3 947.40 mg, 其中第 8 次覆盖深施肥处理氮流失量最大, 第 9 次对照氮流失量最小, 清耕浅施肥、清耕深施肥、生草浅施肥、生草深施肥、覆盖浅施肥和覆盖深施肥处理氮流失量分别出现最大值. 周年试验结果表明, 清耕、生草和秸秆全园覆盖方式下, 全年氮肥深施比氮肥浅施氮素的流失分别多 11.25%, 20.94%, 10.28%.

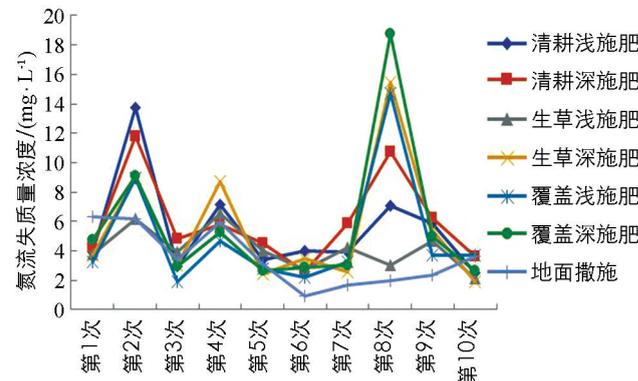


图 5 0~40 cm 土层侧渗流氮流失

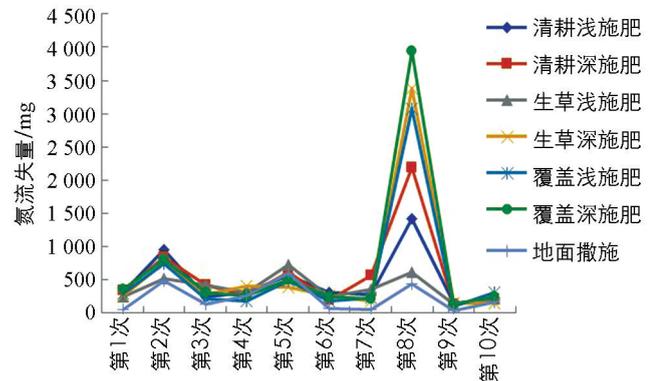


图 6 0~40 cm 土层侧渗流单株氮流失量

试验园各处理 40 cm 以下土层侧渗流氮流失(图 7)仅第 2 次出现氮流失显著高峰值, 40 cm 以下土层侧渗流流失水中氮范围是 1.81~146.51 mg/L, 其变幅较大, 以第 2 次生草深施肥处理氮流失最高, 第 10 次对照氮流失最低, 清耕浅施肥、清耕深施肥、生草浅施肥、生草深施肥和覆盖深施肥处理分别出现氮流失最大值; 40 cm 以下土层侧渗流平均单株柑桔树氮流失总量也出现 3 次高峰值(图 8), 分别是第 2 次、第 5 次和第 8 次, 单株柑桔树流氮流失量范围是 94.36~4 279.91 mg, 其中第 8 次生草浅施肥处理氮流失量最大, 第 7 次生草深施肥处理氮流失量最小, 清耕深施肥、生草浅施肥、生草深施肥和覆盖深施肥处理氮流

失量分别出现最大值.

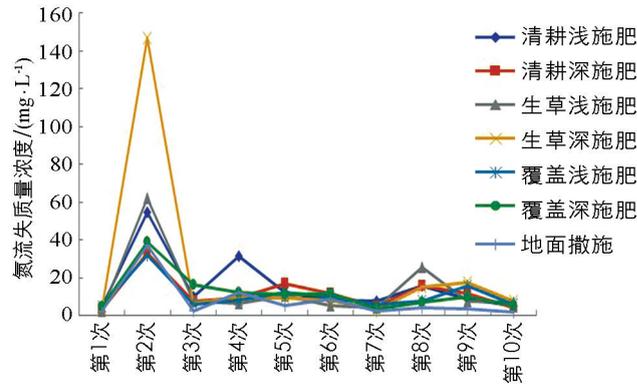


图 7 40 cm 以下土层侧渗流氮流失

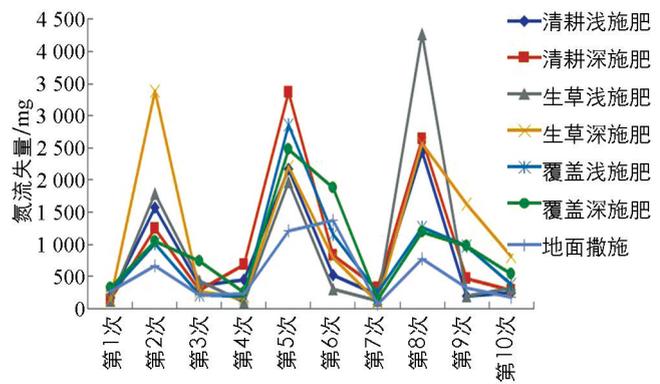


图 8 40 cm 以下土层侧渗流单株氮流失量

试验园各处理单株周年氮流失总量由大到小排列顺序是: 生草深施肥、覆盖深施肥、清耕深施肥、覆盖浅施肥、生草浅施肥、清耕浅施肥、对照, 其氮流失总量分别是 7 859.20, 7 174.27, 7 137.72, 6 505.50, 6 498.23, 6 415.69 和 4 256.48 mg(表 5); 此处仅考虑施肥流失, 则其氮流失系数分别是 1.71%, 1.56%, 1.55%, 1.41%, 1.41%, 1.39% 和 2.84%, 由此可知, 柑桔果园地面撒施氮肥比开沟施肥氮流失量大 66% 以上, 除撒施氮肥外, 浅施肥处理比对应深施肥处理的地表氮流失量大, 但氮肥浅施比深施氮流失量小 3.4%~8.8%, 由此可见, 柑桔果园土壤施肥氮素流失以侧渗流为主, 占总流失量的 67.7%~77.3%, 地表径流只占少部分.

表 5 试验园周年氮流失量表

	地表径流氮流失/ [mg·(株·年) ⁻¹]	0~40 cm 土层氮流失/ [mg·(株·年) ⁻¹]	40 cm 以下土层氮流失/ [mg·(株·年) ⁻¹]	氮总流失/ [mg·(株·年) ⁻¹]	地表径流氮流失/ 氮总流失
清耕浅施	2 071.40	1 566.48	2 777.81	6 415.69	0.323
清耕深施	1 807.87	1 914.56	3 415.29	7 137.72	0.253
生草浅施	2 048.83	1 239.23	3 210.17	6 498.23	0.315
生草深施	1 781.10	2 061.15	4 016.95	7 859.20	0.227
覆盖浅施	1 738.30	1 930.00	2 837.21	6 505.50	0.267
覆盖深施	1 669.50	2 316.53	3 188.19	7 174.27	0.233
对照	1 736.35	756.50	1 763.63	4 256.48	0.408

4 讨论

4.1 施肥深度与耕作管理对流失水量的影响

在同种耕作管理方式条件下, 浅施肥处理比相应的深施肥处理的地表径流量略大, 此与施肥开沟深度相关, 浅施肥开沟深度只有 10 cm, 施肥沟扰动土壤深度浅, 降雨下渗力相对低, 其地表径流量略大, 相反, 深施肥处理施肥沟扰动土壤深度达 35 cm, 降雨下渗力相对高, 地表径流量小, 此与 0~40 cm 土层深施肥处理比相应浅施肥处理侧渗流流失水量大, 及 40 cm 以下至母岩土层深施肥处理侧渗流流失水量显著大于相应浅施肥处理道理一致.

不同耕作管理方式对流失水量的影响较大, 秸秆覆盖各层次流失的水量最大, 此与秸秆覆盖处理增加了土壤有机质, 增强了土壤微生物和土壤动物活性, 同时增大了土壤孔隙度和通透性, 有利于降水下渗. 生草管理具有保蓄水分效能, 对照(中耕 2 次)流失的水量处于覆盖和生草之间, 景可等^[18]研究认为, 地表径流与降水量和降雨强度密切相关, 本研究表现出降雨量大时地表径流量大, 不同耕作方式地表径流量的差异较小, 此与降雨下渗速率随降雨量的增大而降低; 降雨量小时地表径流量小, 不同耕作方式地表径流量的差异较大. 各处理和对照 40 cm 以下土层流失水量与各次累计降雨量呈正相关, 由此表明, 降雨量越大, 柑桔园侧渗流流失水量越大.

4.2 试验园氮流失量

试验各处理地表径流水中氮流失范围是 1.42~11.94 mg/L, 变幅较小, 但浅施肥处理地表氮流失大于深施肥处理; 0~40 cm 土层侧渗流流失水中氮范围是 0.91~18.78 mg/L, 变幅较大; 40 cm 以下土层侧渗流流失水中氮范围是 1.81~146.51 mg/L, 其变幅最大. 0~40 cm 土层和 40 cm 以下土层侧渗流流失水中氮均以深施肥处理大于浅施肥处理, 由此可见, 浅施肥处理氮随地表径流流失的可能性大, 深施肥处理氮随侧渗流流失的可能性大.

试验处理各层次氮流失与氮流失量不同步, 而且变幅很大, 单株柑桔树周年地表径流氮流失量范围是 152.31~1407.86 mg, 0~40 cm 土层侧渗流单株柑桔树流氮流失量范围是 34.95~3947.40 mg, 40 cm 以下土层侧渗流单株柑桔树流氮流失量范围是 94.36~4 279.91 mg, 表现出的总趋势是氮流失量随流失水量的增加而增大, 在果园中修建蓄水池, 每修 1 个, 总蓄水能力 30 m³ 以上, 既能截留降雨, 又能保蓄果园流出的氮等养分, 同时还能保证生态安全, 而且氮肥深施比氮肥浅施氮的流失对应增加 11.25%, 20.94% 和 10.28%, 而柑桔园地面撒施氮肥比开沟施肥氮流失量大 66% 以上, 由此说明, 地面撒施氮肥不可取, 制定施肥方案时应考虑氮肥适当浅施.

5 结 论

1) 三峡库区柑桔园降雨量小时, 不同耕作方式地表径流量的差异大, 降雨量越大, 地表径流量越大, 总径流量增加; 秸秆覆盖处理流失水总量最大, 其次是生草、中耕和清耕.

2) 各试验处理 0~40 cm 土层氮流失最大, 其次是 40 cm 以下至母岩层, 地表径流氮流失最小; 生草深施肥有增加氮流失量的趋势, 侧渗流渗出水带走的氮量大.

3) 三峡库区紫色土柑桔园耕作制对氮素养分流失有影响很大; 全面控制紫色土的氮流失, 应采取控制施肥深度, 调节土壤容重, 果园修建微型蓄水池等措施.

4) 本研究在果园进行, 有很多因素不可控, 降雨频次、时间等因素的影响的影响还需进一步的研究.

参考文献:

- [1] 牛玉珊, 祁春节. 我国柑橘鲜果营销渠道优化探讨——基于交易成本视角的分析 [J]. 价格理论与实践, 2011, (1): 74-75.
- [2] 唐 浩, 熊丽君, 黄沈发, 等. 农业面源污染防治研究现状与展望 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34(S2): 107-112.
- [3] EDWARDS D R, HUTCHENS T K, RHODES R W, et al. Quality of Runoff from Plots with Simulated Grazing [J]. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 2000, 36(5): 1063-1073.
- [4] PERRY C D, VELLIDIS G, LOWRANCE R, et al. Watershed-Scale Water Quality Impacts of Riparian Forest Management [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1999, 125(3): 117-125.
- [5] REIN F A. An Economic Analysis of Vegetative Buffer Strip Implementation. Case Study: Elkhorn Slough, Monterey Bay, California [J]. Coastal Management, 1999, 27(4): 377-390.
- [6] ZHU B, WANG Z H, WANG T, et al. Non-Point-Source Nitrogen and Phosphorus Loadings from a Small Watershed in the Three Gorges Reservoir Area [J]. Journal of Mountain Science, 2012, 9(1): 10-15.
- [7] 牟树森, 青长乐, 段文霞, 等. 紫色土再研究 II—全球性紫色土 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(7): 126-130.
- [8] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上篇) [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [9] 钟秀明, 武雪萍. 我国农田污染与农产品质量安全现状、问题及对策 [J]. 中国农业资源与区划, 2007, 28(5): 27-32.
- [10] 霍洪江, 汪 涛, 魏世强, 等. 三峡库区紫色土坡耕地氮素流失特征及其坡度的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(11): 112-117.
- [11] 王德蕊, 钟成华, 邓春光, 等. 长江三峡库区蓄水前氮磷污染现状初步研究 [J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(1): 124-127.
- [12] 陈风琴, 石辉. 缙云山常绿阔叶林土壤大孔隙与入渗性能关系初探 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 30(2): 350-353.
- [13] ZHAO G J, HÖRMANN G, FOHRER N, et al. Development and Application of a Nitrogen Simulation Model in a Data

Scarce Catchment in South China [J]. *Agricultural Water Management*, 2010, 98(4): 619–631.

- [14] 杨金玲, 张甘霖, 张 华, 等. 丘陵地区流域土地利用对氮素径流输出的影响 [J]. *环境科学*, 2003, 24(1): 16–23.
- [15] SHARPLEY A N, WITHERS P J A. The Environmentally Sound Management of Agricultural Phosphorus [J]. *Fertilizer Research*, 1994, 39(2): 133–146.
- [16] 汪 涛, 朱 波, 武永锋, 等. 不同施肥制度下紫色土坡耕地氮素流失特征 [J]. *水土保持学报*, 2005, 19(5): 65–68.
- [17] 王成秋, 王树良, 邹俊渝, 等. 柑桔营养特性与柑桔专用有机复合肥 [J]. *中国南方果树*, 2000, 29(5): 18–22.
- [18] 景 可, 王万忠, 郑粉莉. *中国土壤侵蚀与环境* [M]. 北京: 科学出版社, 2005.

A Trial for Nitrogen Loss Control in Purple Soil of Citrus Orchards in the Three Gorges Reservoir Area

YU Han¹, WANG Cheng-qiu², XIE De-ti¹

1. *School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;*

2. *Citrus Research Institute, Southwest University, Chongqing 400712, China*

Abstract: In order to explore the characteristics of nitrogen loss in the purple soil of citrus orchards and design control measures for it, an experiment was conducted in a purple-soil citrus orchard in the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing, in which 6 treatments were made with the same NPK level and two fertilizer application depths and three tillage patterns. Surface broadcasting of fertilizers combined with twice tillage was used as the control. The runoff of each treatment, the interflow seeping water and the nutrient loss at 0–40 cm horizon and below were measured, and the data were analyzed with the software SPSS (Statistical Product and Service Solutions). The results showed that both the surface runoff and soil horizon interflow increased with the accumulation of rainfall at the same tillage. In terms of the same rainfall conditions, mulching farming was the major factor for rainfall loss. The descending order of rainfall loss at different fertilization was: mulching + deep fertilization > mulching + superficial fertilization > twice tillage + surface broadcasting fertilization > grassing + deep fertilization > clean tillage + deep fertilization > grassing + superficial fertilization > clean tillage + superficial fertilization. In this experiment, 1.39%–1.71% of fertilizer nitrogen leached from the soil per year. (In the control group the percentage was 1.64%). The descending order of loss of soil nitrogen at different horizon was: 0–40 cm soil horizon > below 40 cm horizon > surface horizon. Generally, interflow was the major factor for soil nitrogen loss and grassing combined with deep fertilization was liable to increasing nitrogen loss. Compared with deep fertilization, shallow fertilization reduced soil nitrogen loss by 10% or more. In conclusion, in the Three Gorges Reservoir Area, the cultivation system is the decisive factor for soil nitrogen loss in purple-soil citrus orchards, surface broadcasting of fertilizers and grassing + deep fertilization can aggravate soil nitrogen loss whereas shallow fertilization and adjusting soil bulk density can contribute to preventing soil nitrogen loss.

Key words: purple soil; citrus orchard; nitrogen loss; control

