

果园生草对氮素表层累积及径流损失的影响

毕明浩^{1,2}, 梁斌^{1,2}, 董静³, 李俊良^{1,2}

(1. 青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛 266109;

2. 山东省水肥一体化工程技术研究中心, 山东 青岛 266109; 3. 寿光市农业局, 山东 寿光 262700)

摘要: 为了正确认识生草覆盖对果园面源污染的防控作用和推进生态果园建设, 采用模拟试验的方法, 研究了果园生草覆盖、生草刈割和清耕 3 种管理措施对氮素表层累积及其流失特性的影响。结果表明: 鼠茅草大量腐解时期(9月)生草覆盖处理土壤表层(0—1 cm)矿质氮含量分别是生草刈割和清耕处理的 2.6 倍和 4.5 倍, 与此同时, 果园生草覆盖处理径流液中矿质氮浓度相比刈割和清耕处理分别提高 42.6% 和 20.9%; 与清耕相比, 生草覆盖使降雨地表径流量显著降低 88.3%~98.7%, 渗漏量增加 42.1%~97.6%。综合 3 次降雨, 生草覆盖使矿质氮的径流损失比清耕降低 90%, 并且增加深层(25 cm)渗漏 89.6%。综上所述, 虽然果园生草覆盖增加快速降解时期矿质态氮表层累积数量, 但减少径流水损失效果显著, 进而明显减少氮素径流损失, 提高果园土壤的保水保肥能力, 对解决坡地果园面源污染问题意义重大。

关键词: 径流; 果园生草; 氮素流失; 面源污染

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)03-0102-04

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2017.03.018

Effects of Cover Crop (*Vulpia myuros*) on the Accumulation and Runoff Loss of Nitrogen in Orchard

BI Minghao^{1,2}, LIANG Bin^{1,2}, DONG Jing³, LI Junliang^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Qingdao Agriculture University, Qingdao, Shandong 266109;

2. Shandong Engineering Research Center for Integrated Management of Water and Fertilizer,

Qingdao, Shandong 266109; 3. Shouguang Agricultural Bureau, Shouguang, Shandong 262700)

Abstract: In order to correctly understand the control effect of grass cover on non-point source pollution and promote the construction of ecological orchard, a research was carried out to study the effects of cover crop (*Vulpia myuros*) on the accumulation and runoff loss of nitrogen. Three management modes, including grass cover on soil surface until withering (Cov), grass removed (Rem), and cleaning tillage as control (Cle). The results showed that the content of mineral nitrogen in the soil surface (0—1 cm) of the Cov treatment was 2.6 and 4.5 times as high as that of the Rem and Cle treatments when the withered grass degraded quickly (in September), respectively. At the same time, the Cov treatment increased the concentration of mineral nitrogen in the runoff by 42.6% and 20.9%, respectively. The Cov treatment decreased the rain runoff by 88.3%—98.7%, and increased the rain leakage by 42.1%—97.6% when compared with the Cle treatment. The results of three rainfall events showed that the runoff loss of mineral nitrogen was 90% lower than that of the clean tillage, and deep layer (25 cm) leakage was increased by 89.6%. In conclusion, planting grass and covering it on the soil surface in orchard is an advantageous management to prevent non-point source pollution by reducing nitrogen loss through runoff.

Keywords: runoff; orchard grass; nitrogen loss; non-point pollution

我国果树栽培面积超过 870 万 hm^2 , 产量超过 7 200 万 t, 是我国农业产业结构的重要组成部分^[1]。果园多建在丘陵或坡地, 而且大多数果园依旧采用清耕制^[2]。当降雨量较大时, 雨水冲击地表, 来不及下渗的雨水形成地表径流, 将土壤中的可溶性养分带入

河流、湖泊中, 造成水土流失和面源污染^[3-5]。果园生草是欧美等发达国家普遍推行的果园可持续发展土壤管理模式, 在减少水土流失, 提高土壤有机质等方面取得了良好的生态及经济效益^[6]。大量研究表明, 生草可减少氮素的淋溶损失^[7-8], 这一方面是因为生

草作物对水分的吸收,减少了水分向下的运移;另一方面是因为生草作物的吸收和微生物的固持使氮素大多集中在土壤表层。虽然果园生草能够减少水土流失,但是在土壤表层氮素累积的情况下,氮素随径流损失是否减少还缺乏研究。

近年来人们发现,鼠茅草(*Vulpia myuros*)有作为果园生草的潜在优势^[9-11]。鼠茅草是越年生禾本科植物,秋季发芽,春季生长旺盛,株高可达60 cm,于6月枯萎倒伏,不需要人工刈割,留下的种子秋季又可萌发,一年播种,多年受益。因此,本研究选择鼠茅草作为生草作物,采用人工模拟降雨的方法,从生草果园土壤表层氮素积累和氮素径流损失2个方面入手,通过这2方面研究,为合理培肥果园土壤,保护环境提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于山东胶州,属于南温带亚湿润气候大区鲁淮气候区,四季分明,年平均气温12℃,6—8月为降雨集中期,平均降雨量695.6 mm。供试土壤(0—20 cm)采于基地10年生苹果园,试验之前一直采用清耕的措施处理果园杂草。土壤pH值6.03,碱解氮110 mg/kg,速效钾124 mg/kg,速效磷40 mg/kg,有机质13.1 g/kg。

1.2 试验设计

采用模拟降雨试验的方法研究氮素径流和渗漏损失,于2015年9月份采集果园0—20 cm原状土壤,分块装入模拟栽培槽中(长155 cm、宽30 cm、深20 cm),栽培槽底采用4目的带孔钢板,为了防止土壤从栽培槽底部损失,在装土前铺2层100目的筛网,栽培槽一端和底部留有出水口,出水口接水桶以收集雨水。模拟降雨时将栽培槽一端架起,使坡度为4.8°。试验设3个处理,分别为:(1)生草处理,人工种植鼠茅草;(2)刈割处理,人工种植鼠茅草,在鼠茅草枯萎后(7月上旬)刈割,仅留下地表以上1 cm;(3)清耕处理,不种植鼠茅草,并定期清除其他杂草。每个处理重复3次。模拟降雨设计:在鼠茅草生长季结束后1 a之内进行3次模

拟降雨试验,模拟降雨时间分别为2015年7月27日、2015年9月23日、2016年3月18日,即鼠茅草生长旺盛,枯萎和萌芽时期。用喷壶进行模拟降雨,3次模拟降雨量分别为50,85,75 mm。在模拟降雨之前采集0—1 cm土层土壤样品,降雨过程中收集径流雨水和渗漏到25 cm土层以下的渗漏水。

1.3 测定指标和方法

分别测定土壤样品(0—1 cm)、径流和渗漏水中的矿质氮、可溶性总氮。土壤样品用0.5 mol/L硫酸钾溶液浸提,水土比10:1,浸提液过滤后用AA3型流动分析仪测定土壤硝态氮和铵态氮;可溶性总氮采用碱性过硫酸钾氧化—紫外分光光度法测定^[12]。可溶性有机氮=可溶性总氮-(硝态氮+铵态氮)。

1.4 数据分析

数据采用DPS 7.05进行显著性分析,用Excel处理数据,用Origin 9.0作图。

2 结果与分析

2.1 生草对果园土壤氮素表层累积的影响

2.1.1 生草对果园土壤矿质氮表层累积的影响 不同生草措施显著影响果园土壤表层(0—1 cm)矿质氮含量。第1次采样时,刈割处理的矿质氮含量为137.4 mg/kg,是清耕处理和生草处理土壤矿质氮的2.0,1.4倍(图1);第2次采样时生草、刈割和清耕处理土壤表层矿质氮含量分别为155.7,59.3,34.4 mg/kg,生草处理土壤矿质氮是刈割和清耕处理的2.6,4.5倍;第3次采样时生草处理和清耕处理矿质态氮差异不大,分别为43.9,56.0 mg/kg,二者显著低于刈割处理。

2.1.2 生草对果园土壤可溶性有机氮表层累积的影响 土壤表层可溶性有机氮含量为18.1~49.9 mg/kg(图1)。第1次采样时,各处理果园土壤可溶性有机氮含量差异不显著,可溶性有机氮含量为38~46 mg/kg。第2次采样时,生草处理果园土壤可溶性有机氮的含量显著减少,依次比刈割和清耕处理减少51.8%,55.5%。第3次采样时,生草处理果园土壤可溶性有机氮含量依次比刈割和清耕处理减少26.7%,26.1%。

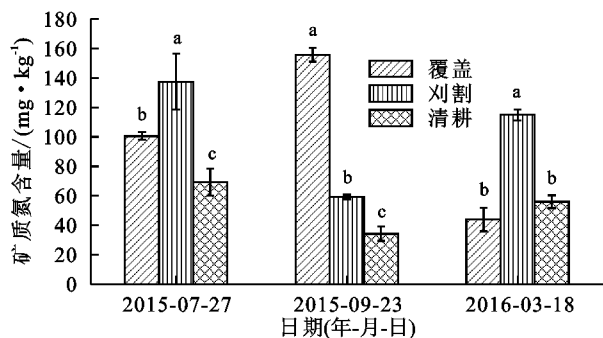
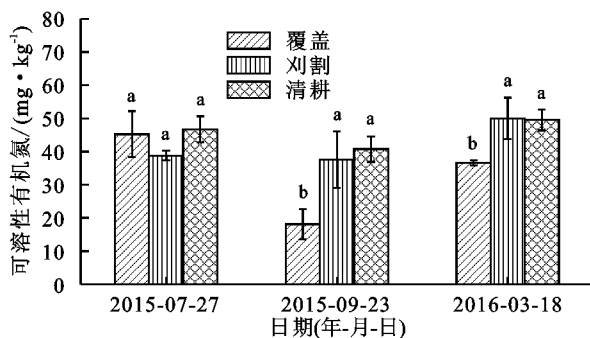


图1 不同处理果园土壤表层(0—1 cm)矿质氮和可溶性有机氮含量



2.2 生草对果园径流特征的影响

2.2.1 生草对果园径流量的影响 生草对于减少雨

水地表径流作用显著。由表1可知,清耕处理地表径流量最大,3次模拟降雨试验径流量分别为5.20,

7.03,21.29 mm,占降雨量的 8.2%~24.45%(图 2),其次是刈割,生草处理的地表径流量最少,3 次径流量分别仅为 0.08,0.82,0 mm,仅占降雨量的 0.9%以下。3 次降雨各处理下渗量分别为 15.21~21.58,14.98~29.57,1.08~22.13 mm,分别占降雨量的 30.8%~42.6%,17.5%~33.2%,1.24%~37.2%。

表 1 不同处理径流和渗漏水量 单位:mm

处理	地表径流			渗漏		
	2015-07-27	2015-09-23	2016-03-18	2015-07-27	2015-09-23	2016-03-18
清耕	5.20±0.53a	7.03±0.76a	21.29±3.51a	15.21±2.02b	14.98±2.63b	1.08±0.23c
刈割	0.37±0.04b	3.52±0.59b	11.22±1.34b	20.03±3.31ab	17.96±3.06b	8.67±1.11b
生草	0.08±0.007c	0.82±0.17c	0	21.58±1.84a	29.57±2.39a	22.13±3.18a

注:同列不同字母表示差异显著($p<0.05$)。下同。

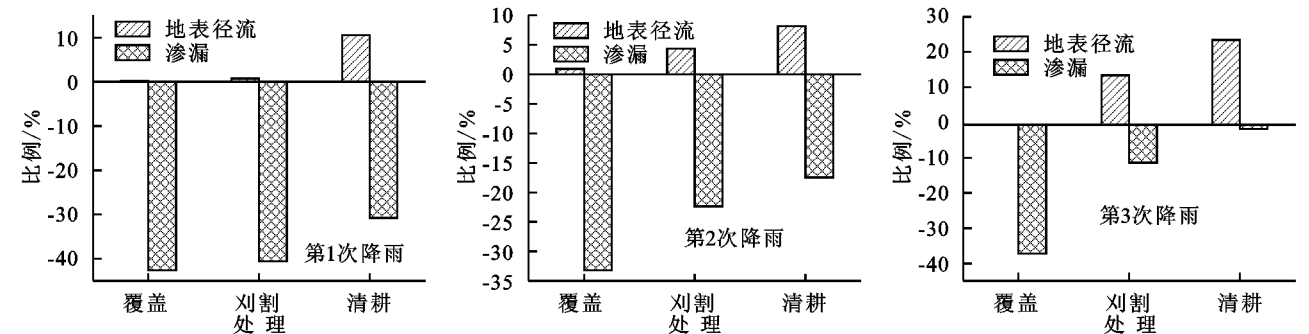


图 2 不同处理 3 次降雨径流比例

2.2.2 生草对果园地表径流和氮素流失浓度的影响 第 1 次降雨时,径流液中矿质氮浓度和可溶性有机氮浓度分别为 89.6~119.0 mg/L 和 76.0~87.4 mg/L (表 2),下渗液中二者分别为 93.1~101.8 mg/L 和 103.7~119.7 mg/L,各处理地表径流和渗漏水中矿质氮、可溶性有机氮浓度无显著差异。第 2 次降雨时,生草处理径流液和下渗液矿质态氮浓度分别为 137.3, 75.3 mg/L,较清耕处理显著提高 42.6%,19.9%;生草处理径流液和下渗液可溶性有机氮浓度分别为 57.0,53.8 mg/L,较清耕处理显著减少 32.0%, 13.4%。第 3 次降雨时,生草处理未产生地表径流,

下渗液矿质氮、可溶性有机氮浓度分别为 44.0,68.3 mg/L,较清耕处理显著减少 58.1%,31.8%,与刈割处理间差异不显著。

2.2.3 生草对果园地表径流和渗漏氮素流失总量的影响 生草处理 3 次降雨矿质氮的径流损失总量最小,仅为 2.4 kg/hm²,与刈割和清耕处理相比显著减少 81.7%和 90.0%(图 3),而渗漏损失总量最大,与刈割和清耕处理相比显著增加 41.4%和 117.1%。生草处理 3 次降雨可溶性有机氮径流损失总量最小,与刈割和清耕处理相比显著减少 65.3%和 86.8%,渗漏损失总量最大,与刈割和清耕处理相比显著增加 35.5%和 201.1%。

表 2 不同处理地表径流和渗漏氮素流失浓度 单位:mg/L

类别	处理	矿质氮			可溶性有机氮		
		2015-07-27	2015-09-23	2016-03-18	2015-07-27	2015-09-23	2016-03-18
地表径流液	清耕	119.0±2.5a	96.3±3.4c	54.9±6.0a	87.4±3.4a	83.8±5.0a	70.7±3.1a
	刈割	89.6±11.6a	113.6±8.0b	53.6±3.2a	80.6±7.3a	73.2±2.8b	74.0±5.8a
	覆盖	98.9±8.7a	137.3±6a	—	76.0±8.3a	57.0±3.1c	—
渗漏液	清耕	101.8±10.5a	62.8±2.5b	104.9±29.7a	116.9±29.1a	61.1±1.4ab	91.6±8.8a
	刈割	95.2±2.1a	63.6±6.5ab	87.5±18.5ab	103.7±13.4a	62.1±2.6a	62.5±6.4b
	覆盖	93.1±3.7a	75.3±3.7a	44.0±2.7b	119.7±21.3a	53.8±3.3b	68.3±3.1b

注:“—”表示未检出。

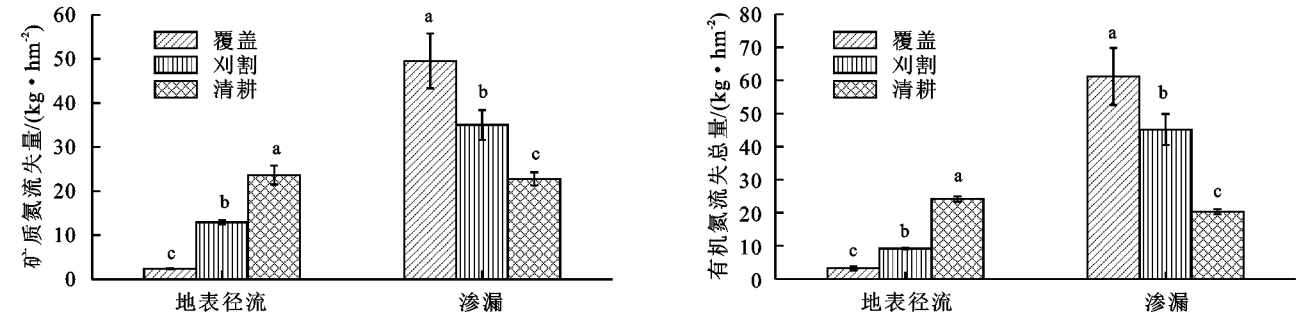


图 3 不同处理矿质氮和可溶性有机氮地表径流和渗漏流失总量

3 讨论

鼠茅草每年地上部干物质积累量可达 15 t/hm²,成熟枯萎时地上部氮含量为 1.4%,每年覆盖于土壤表层的全氮量达 140~280 kg/hm²^[13];另外,鼠茅草根浅,多集中在 0—10 cm 土层,根系残留也增加氮素在土壤表层的累积;生草果园大多采用免耕方式,免耕使有机物料的归还集中在土壤表层,从而显著提高表层(0—5 cm)土壤养分含量^[14]。每年 6—8 月,鼠茅草枯萎倒伏,覆盖于地表并开始腐烂,杨洪晓等^[15]研究表明,覆埋 10 cm 深的鼠茅草历经 80 d 大约腐解 30%,氮、磷和钾等养分的释放主要集中在前 20 d 或 40 d。与其他木本或硬质草本植物相比^[16],鼠茅草的腐解是一个比较快的过程。本研究中,在温度较高的 9 月生草处理果园土壤表层(0—1 cm)矿质氮含量有明显提高,是其他处理的 2.6~4.5 倍,同样的生草处理氮素径流损失浓度较其他处理也有明显提高,这与上述研究结果保持一致。而生草处理可溶性有机氮在 9 月出现明显降低,原因可能是当土壤中氮素的转化途径以矿化—固定—转运途径占主导地位时,植物和微生物会竞争矿质氮,相反,当以直接吸收占主导地位时,土壤微生物会直接吸收有机态氮,进而减少了与植物对矿质氮的竞争吸收,使有机态氮降低。当土壤氮素利用方式转变时,则出现矿质氮降低,有机氮升高的现象,这也说明了在鼠茅草生长旺盛时期,生草覆盖处理土壤表层矿质氮含量低于刈草处理的问题。

张亚丽等^[17]研究发现,生草对矿质氮地表流失有“双重效应”,除了增加土壤表层氮素的累积,使径流中养分浓度高于清耕以外,还会不同程度的减少地表径流量,这 2 种效应共同决定了土壤矿质氮素的地表流失量。本研究中,生草处理减流作用非常显著,3 次试验径流量仅为 0.08,0.82,0.00 mm,与前者研究相符。戴全厚等^[18]指出生草可以减少雨滴动能,通过阻截减少径流动能,增加水流的滞留时间,从而增加入渗量,植物根系纵横交错,网络住周围土壤,增加土壤抗蚀性。

4 结论

(1)种植鼠茅草可提高土壤肥力,种植鼠茅草处理的土壤表层(0—1 cm)矿质氮含量达到生草刈割和清耕处理的 2.6,4.5 倍,径流液矿质氮浓度增加 20.9%~42.6%。

(2)地表径流是果园面源污染的主要途径,种植鼠茅草可减少 97.4%的地表径流量和 89.6%的地表径流矿质氮损失,在丘陵地区和目前普遍推行的起垄栽培的平原地区防治水土流失的作用很大。

参考文献:

- [1] 李绍华.世界果树生产状况及提高我国果品市场竞争力对策[J].中国农业大学学报,2003,8(1):7-13.
- [2] 辛培刚.论我国落叶果树生产结构的调整与优化[J].落叶果树,2000(6):3-6.
- [3] 高小叶,张兴兴,朱建国,等.生草栽培对果园面源污染的控制:三种牧草的比较研究[J].草业学报,2015,24(2):49-54.
- [4] 李发林,郑玉茹,郑涛,等.果园带状生草对果园面源污染的控制效果[J].水土保持学报,2013,27(3):82-89.
- [5] 郑海金,胡建民,黄鹏飞,等.红壤坡耕地地表径流与壤中流氮磷流失比较[J].水土保持学报,2014,28(6):42-45.
- [6] 寇建村,杨文权,韩明玉,等.我国果园生草研究进展[J].草业科学,2010,27(7):154-159.
- [7] Restovich S B, Andriulo A E, Portela S I. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics [J]. Field Crop Research, 2012, 128(2): 62-70.
- [8] Salmerón M, Isla R, Caverro J. Effect of winter cover crop species and planting methods on maize yield and N availability under irrigated Mediterranean conditions[J]. Field Crop Research, 2011, 123(2): 89-99.
- [9] 梁斌,董静,隋方功,等.果园土壤中鼠茅草的降解特性及其对氮素供应的影响[J].草业学报,2016,25(3):245-250.
- [10] Kato-Noguchi H, Yamamoto M, Tamura K, et al. Isolation and identification of potent allelopathic substances in raitail fescue[J]. Plant Growth Regulation, 2010, 60(2): 127-131.
- [11] Gál A, Vyn T J, Michéli E, et al. Soil carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard plowing overestimated with tilled-zone sampling depths[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 96(1/2): 42-51.
- [12] 杨绒,赵满兴,周建斌.过硫酸钾氧化法测定溶液中全氮含量的影响条件研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(12):107-111.
- [13] 吕鹏超,隋方功,梁斌,等.不同覆盖方式鼠茅草养分吸收规律[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2015,32(2):137-140.
- [14] 徐春阳,沈其荣,冉炜,等.长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J].土壤学报,2002,39(1):89-95.
- [15] 杨洪晓,周美华,李俊良,等.温带果园护土生草鼠茅草的腐解和养分释放[J].草业学报,2015,25(4):208-213.
- [16] 宋日,吴春胜.东北草原植物残体腐解动态研究[J].草业学报,2002,11(2):105-108.
- [17] 张亚丽,李怀恩,张兴昌,等.牧草覆盖对坡面土壤矿质氮素流失的影响[J].应用生态学报,2006,17(12):2297-2301.
- [18] 戴全厚,喻理飞,薛筵,等.植被控制水土流失机理及功能研究[J].水土保持研究,2008,15(2):32-35.