

王 红,张瑞芳,李爱永,等. 不同种植条件下片麻岩新成土壤硝态氮分布特征[J]. 江苏农业科学,2014,42(2):292 – 294.

# 不同种植条件下片麻岩新成土壤硝态氮分布特征

王 红<sup>1</sup>, 张瑞芳<sup>1</sup>, 李爱永<sup>2</sup>, 李正楠<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学山区研究所/国家北方山区农业工程技术研究中心,河北保定 071001; 2. 河北省顺平县农业局,河北顺平 072250)

**摘要:**以片麻岩新成土壤为研究对象,选取不施肥休闲地、不施肥乔木地、施肥灌木地、施肥蔬菜地、施肥谷子地、施肥花生地等 6 种土壤剖面进行取样(按 20 cm 间隔取样,取样到基岩层),研究  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的分布特征。结果表明,不同种植条件的片麻岩新成土壤  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量和累积量均有差异,土壤剖面纵向  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量也存在显著差异。土壤剖面硝态氮平均值介于 0.23 mg/kg 至 18.9 mg/kg 之间,变化幅度较大。除金银木(灌木)地外,其他 3 个施肥地块在垂直方向上整体表现为:随着土层深度的增加,硝态氮含量先降低后增加,在接近基岩的土壤疏松层含量最高。片麻岩新成土壤疏松层硝态氮累积量在不同种植条件下差异显著,整体表现为种植乔木地 < 种植灌木地  $\approx$  休闲地 < 种植谷子地 < 种植花生地 < 种植蔬菜地。片麻岩新成土壤区,为避免发生面源污染,不适宜种植需肥量较大的蔬菜,在控制施肥量的基础上,更适合种植乔、灌木。

**关键词:**片麻岩;新成土壤;土地利用方式;土壤硝态氮

**中图分类号:** S153.6<sup>+</sup>1    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002 – 1302(2014)02 – 0292 – 03

片麻岩是一种古老的变质岩,极易破碎,在我国许多片麻岩地区,利用爆破岩石,人工加速岩石的物理风化过程,使古老的片麻岩在外力作用下变成了能够生长作物的疏松的粗骨土。在疏松的粗骨土上种植作物,培肥土壤等人类活动,人为加快了土壤的形成过程。这些土壤的形成在一定程度上缓解了人地矛盾问题,减少了水土流失,使山区脆弱的生态环境得到修复。同时,各种氮肥以不同的用量被施入土壤中,不同程度地增加了农业面源污染的发生危险。

在过去的几百年中,人类活动已经向全球陆地氮循环中输入了大量的氮素,过量施用氮肥导致氮肥利用率低和一系列严重的环境污染问题<sup>[1-2]</sup>。目前我国绝大多数的高产田,每季作物施氮量普遍超过 250 kg/hm<sup>2</sup>,氮肥施用量远远超出了国际标准。北方旱地长期大量施用氮肥,造成土壤剖面中氮素的大量积累<sup>[3-4]</sup>,并逐渐成为威胁生态环境的“化学定时炸弹”<sup>[5]</sup>。国外早在 20 世纪 60 年代就开始在干旱地区开展土壤中氮的转化和利用问题,针对作物施肥及利用低效问题而进行了研究<sup>[6-7]</sup>。近些年来,农田氮素问题一直也是国内研究的热门课题,郭胜利<sup>[8]</sup>等综述了干旱半干旱农田硝态氮累积与影响因素,吴金水<sup>[9]</sup>等对半干旱区农田土壤无机氮累积与迁移机理进行了研究,认为作物利用限制了农田土壤硝态氮向深层迁移。叶灵,巨晓棠等认为农村地下水  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  主要源于地表  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  的淋溶,过量氮肥的施用是地下水  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  污染的主要原因<sup>[10-11]</sup>。

国内外针对氮素施用、运移、硝态氮累积、淋失等研究很多,主要集中在平原农田、蔬菜地,针对片麻岩新成土壤的氮素运移研究很少。本研究通过调查不同种植条件下的长期定

位试验地,分析土壤剖面中硝态氮分布特征以及氮素的累积特征,为降低片麻岩新成土壤氮素淋溶风险以及新成土壤合理种植与施用氮肥提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区选择

本研究选取河北省太行山区的唐县、易县两个县的片麻岩丘陵区作为研究对象,通过调查长期定位试验地块的土壤硝态氮分布,分析不同开垦培肥年限的片麻岩新成土壤硝态氮分布状况。

研究区从 20 世纪 80 年代末开始,在片麻岩丘陵区进行了大规模的人工爆破整地、修整梯田等工程。在修建梯田后,该区多栽植果树,部分地区种植灌木、粮食作物、经济作物等,在栽培过程中进行了不同程度的培肥。本研究选择 6 种不同农业种植条件下的片麻岩新成土壤为研究对象,分别为爆破成土后 20 年末施肥休闲地、连续培肥 20 年的金银木地、种植核桃树 15 年末施肥地、培肥 10 年的白菜地、培肥 5 年的花生地、开发培肥 1 年谷子地。为消除微地貌条件对研究结果的影响,取样点全部选取坡度、坡向一致的第一阶梯梯田进行取样,取样点的土壤开发、种植、培肥历史见表 1。每块地取 3 个样点,按 20 cm 间隔分层取样,取土到基岩层为止,分别测定硝态氮含量。取样时间为 2011 年 10 月下旬。

表 1 不同片麻岩新成土壤开垦利用历史及种植的作物

土地利用类型	植物种类	开垦年限(年)	年肥料投入量(kg/hm <sup>2</sup> )			疏松层厚度(cm)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
休闲	杂草	20	未施肥			80
种植灌木	金银木	20	60			60
种植乔木	核桃树	15	未施肥			60
种植蔬菜	白菜	10	250	100	100	80
种植花生	花生	5	120	75	75	100
种植谷子	谷子	1	120	20	20	60

收稿日期:2013 – 06 – 18

基金项目:河北省自然科学基金(编号:C2009000565)。

作者简介:王 红(1976—),女,河北定州人,副研究员,主要从事退化山地土壤治理及生态恢复方面的研究。E – mail: wanghong@hebau. edu. cn。

调查点片麻岩新开垦土壤剖面不同土层土壤容重均值如表 2 所示。

表 2 不同土层土壤容重

土层深度 (cm)	土壤容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
0 ~ 20	1.52
20 ~ 40	1.71
40 ~ 60	1.89
60 ~ 80	1.93
80 ~ 100	2.11

## 1.2 样品采集分析

用土钻随机采集土壤样品,样品采集后用塑料袋密封,立即带回实验室在  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  的冰箱中保存,分析土壤  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量。

$\text{NO}_3^- - \text{N}$  的测定:采集的新鲜土样过 5 mm 筛后,称取 12.00 g 的土样于 180 mL 的塑料瓶中,加入 100 mL 浓度为 0.01 mol/L 的氯化钙溶液,振荡 1 h 后过滤,滤液稀释后采用连续流动分析仪法测定滤液中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量。

## 1.3 统计与计算

土壤硝态氮积累量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) = 土层厚度 (cm)  $\times$  土壤容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  $\times$  土壤硝态氮含量 ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) / 10;

试验数据用 Excel 进行处理,方差分析用 SPSS18.0 中的 Duncan's 法进行差异性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤剖面硝态氮分布

图 1 显示,6 种植植条件下,片麻岩新成土壤剖面中硝态氮的含量为 0.23 ~ 18.9 mg/kg,变化幅度较大,最大值出现在白菜地土壤剖面的表层,最小值出现在核桃树地 20 ~ 40 cm 土层。

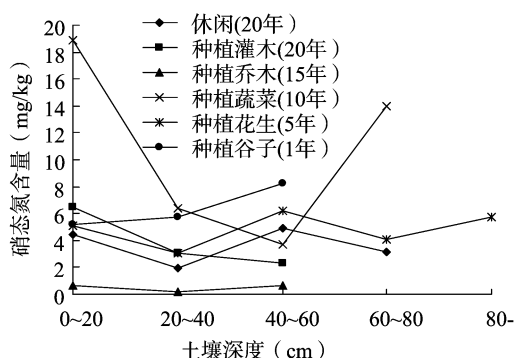


图 1 不同种植条件下片麻岩新成土壤剖面硝态氮分布

开垦 20 年的片麻岩新成土壤休闲地,硝态氮含量为表层较高,20 ~ 40 cm 土层中较低,40 ~ 60 cm 土层中又有所升高,土壤中硝态氮含量整体处于较低水平。种植金银木 20 年的片麻岩新成土壤,随着土壤深度的增加,硝态氮含量显著降低。种植核桃树 15 年的片麻岩新成土壤,土壤剖面中硝态氮含量整体较低,仅为 0.23 ~ 0.66 mg/kg,远低于休闲地和种植金银木的土壤。开垦种植 10 年蔬菜的片麻岩新成土壤,土壤剖面中硝态氮含量整体偏高,其中表层含量最高,达到 18.91 mg/kg,随着土层深度的增加,硝态氮含量逐渐降低,40 ~ 60 cm 土层最低,硝态氮含量为 3.74 mg/kg,60 ~ 80 cm

处硝态氮含量又升高到 13.98 mg/kg。开垦种植花生 5 年的土壤,土壤剖面中硝态氮含量为 3.1 ~ 6.2 mg/kg,土壤剖面上下土层间变化较小,在 40 ~ 60 cm 土层中硝态氮含量稍高于表层,向下又有降低的趋势。开垦培肥 1 年种植谷子的土壤,土层中硝态氮含量随着深度的增加而增加的趋势十分明显,说明培肥 1 年的土壤,年施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>,硝态氮已经淋溶到 60 cm 土层,并已经到基岩层。

在沙性土壤中,硝态氮更容易向下层土壤迁移累积。片麻岩新开垦土壤为质地较粗的粗骨土,土壤孔隙度高、透水性好,因而硝态氮更容易向下层迁移。本研究调查的 6 种植植条件,土壤疏松层厚度仅为 60 ~ 100 cm,因而土壤剖面中累积的硝态氮极有可能已经淋溶到基岩层,进而对地下水产生污染。种植蔬菜处理土壤剖面中硝态氮含量最高,而土层厚度仅为 80 cm,因而进入基岩影响环境的风险最大。

0 ~ 20 cm 土层,不同种植条件下的片麻岩新成土壤硝态氮含量在 0.66 mg/kg 至 18.91 mg/kg 之间。乔木地表层土壤硝态氮含量最低,且与其他 5 个处理差异显著;种植蔬菜含量最高,与其他 5 个处理间差异达显著水平。具体表现为:种植乔木地 < 休闲地 < 种植灌木地 < 种植花生地 < 种植谷子地 < 种植蔬菜地。休闲地、种植灌木地、种植花生地、种植谷子地间差异不显著。

20 ~ 40 cm 土层,不同种植条件下的片麻岩新成土壤硝态氮含量为 0.23 ~ 6.35 mg/kg。种植乔木处理土壤硝态氮含量最低,与休闲地间差异不显著,显著低于其他 4 个处理。种植蔬菜含量最高,与种植谷子处理间差异不显著,显著高于其他 4 个处理。具体表现为:种植乔木 < 休闲地 < 种植灌木地 < 种植花生地 < 种植谷子地 < 种植蔬菜地。

40 ~ 60 cm 土层,不同种植条件下的片麻岩新成土壤硝态氮含量为 0.64 ~ 8.21 mg/kg。种植乔木处理土壤硝态氮含量最低,显著低于其他 5 个处理。种植谷子含量最高,显著高于其他 5 个处理。具体表现为:种植乔木地 < 种植灌木地 < 种植蔬菜地 < 休闲地 < 种植花生地 < 种植谷子地。

各土层硝态氮含量整体表现为 20 ~ 40 cm 土层含量最低。除种植灌木和休闲地处理外,其他处理均在疏松层的最底层硝态氮含量出现升高趋势,其中种植蔬菜处理升最为明显。这是由于疏松层的底层与坚硬的基岩接触,硝酸盐淋溶到此层后需要顺着基岩裂隙进入基岩层,相对疏松层淋溶难度增加,因而在此处发生累积。

### 2.2 不同种植条件下硝态氮的累积

由表 3 可以看出,不同种植条件下,0 ~ 60 cm 土层硝态氮累积量种植乔木地最低,只有 5.21 kg/hm<sup>2</sup>,显著低于其他 5 个处理硝态氮累积量;种植蔬菜累积量最高,达到 83.21 kg/hm<sup>2</sup>,显著高于其他 5 个处理。具体表现为:种植乔木地 < 休闲地 < 种植灌木地 < 种植花生地 < 种植谷子地 < 种植蔬菜地。

疏松层硝态氮累积量仍表现为种植乔木地累积量最低,种植蔬菜处理类累积量最高,且与其他处理之间差异显著。具体表现为:种植乔木 < 种植灌木地  $\approx$  休闲地 < 种植谷子地 < 种植花生地 < 种植蔬菜地。种植深根植物如乔木、灌木后土壤疏松层硝态氮累积量低于休闲地,土壤养分有欠缺迹象。种植谷子 1 年后土壤疏松层硝态氮累积量稍高于休闲

表 3 不同种植条件下的片麻岩新成土壤硝态氮含量

种植条件 (处理)	硝态氮含量(mg/kg)			0~60 cm 硝态氮累积量 (kg/hm <sup>2</sup> )	疏松层 硝态氮累积量 (kg/hm <sup>2</sup> )
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm		
休闲地,20 年	4.43±0.42ab	1.94±0.10ab	4.87±0.49cd	38.51b	50.63ac
灌木地,20 年	6.49±0.74b	3.09±0.41b	2.27±0.54b	38.89b	38.88a
乔木地,15 年	0.66±0.12a	0.23±0.11a	0.64±0.24a	5.21a	5.21b
蔬菜地,10 年	18.91±6.45c	6.35±2.52c	3.74±1.53bc	83.21c	137.17e
花生地,5 年	5.10±1.25ab	3.09±0.84b	6.19±0.89d	49.47b	89.57d
谷子地,1 年	5.20±1.42ab	5.72±0.71c	8.21±1.01e	66.40d	66.40c

注:不同字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

20 年土壤,但差异不显著,说明培肥 1 年后土壤中硝态氮没有产生显著累积。

3 讨论

开垦 20 年未施肥休闲地,土壤中硝态氮没有产生明显累积,这与张丽娟等得出的裸地休闲会导致氮素的淋失<sup>[12]</sup>的结果存在差异,主要原因可能是由于试验区休闲地为新成土壤,土壤自身养分含量很低,且从未进行过培肥。

高亚军等的研究结果显示:不论是春玉米还是冬小麦,当生育期施氮量大于 225 kg/hm<sup>2</sup> 时 0~2 m 土层均有明显的硝态氮累积,施氮量高的累积量较高<sup>[13]</sup>,孙美等认为硝态氮有随土壤深度的增加呈降低的趋势<sup>[14]</sup>。樊军等<sup>[15]</sup>在渭北旱塬旱地苹果园的研究结果显示,高投入与高产出经营方式导致了土壤深层累积了大量的硝态氮,累积层在 40~260 cm;在农田土壤中的研究结果显示,硝态氮主要累积层在 100 cm 以下土层中<sup>[16]</sup>。本研究中,由于种植核桃的土壤 20 年没有进行培肥,土壤养分含量极低,土壤中硝态氮没有产生累积,显著低于休闲地。种植金银木的处理,施肥量仅为 60 kg/hm<sup>2</sup>,土壤硝态氮含量也没有产生累积,疏松层硝态氮累积量低于休闲地。施肥量控制在 60 kg/hm<sup>2</sup> 时,片麻岩新开垦土壤种植乔木、灌木,既可以培肥土壤,同时也不会对生态环境产生面源污染的危险。在施肥量大于 120 kg/hm<sup>2</sup> 时,种植蔬菜、花生、谷子等农作物,可导致土壤疏松层硝态氮累积。4 个施肥片麻岩新成土壤地块硝态氮含量表现为随土层深度增加而先降低后升高的趋势。

汪智军等在岩溶地区的研究发现,不同土壤剖面硝态氮含量为耕地土>灌丛土>退耕还林土>草地土>林地土,其含量均随深度增加而升高,具有累积效应<sup>[17]</sup>。

综合分析不同培肥年限,栽植不同植物的土壤氮素状况可以看出,在片麻岩区爆破新成土壤,种植需肥量较大的蔬菜极易导致土壤中硝态氮的累积与淋失;在控制施肥量的基础上,更适合种植果树或其他乔灌木,既能人为加快土壤形成进程,有能防止氮素淋溶造成的农业面源污染问题。

参考文献:

[1]陈新平,张福锁. 小麦-玉米轮作体系养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006.

[2]Zhang W L,Tian Z X,Zhang N,et al. Nitrate pollution of groundwater applied to maize grown on a calcareous fluvio-aquic soil in North China[J]. Pedosphere,1996,2:171-178.

[3]赵俊晔,于振文. 不同土壤肥力条件下施氮量对小麦氮肥利用和土壤硝态氮含量的影响[J]. 生态学报,2006,26(3):815-822.

[4]孟建,李雁鸣,党红凯. 施氮量对冬小麦氮素吸收利用、土壤中硝态氮积累和籽粒产量的影响[J]. 河北农业大学学报,2007,30(2):1-5.

[5]龚子同,黄标. 关于土壤中“化学定时炸弹”及其触爆因素的探讨[J]. 地球科学进展,1998,13(2):184-191.

[6]Viets F G. Fertilizers and the efficient use of water[J]. Advances in Agronomy,1962,14:223-264.

[7]Brown P L. Water use and soil water depletion by dry land wheat as effected by nitrogen fertilization[J]. Agronomy Journal,1971,63:43-46.

[8]郭胜利,张文菊,党廷辉,等. 干旱半干旱地区农田土壤 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 深层积累及其影响因素[J]. 地球科学进展,2003,18(4):584-591.

[9]吴金水,郭胜利,党廷辉. 半干旱区农田土壤无机氮积累与迁移机理[J]. 生态学报,2003,23(10):2041-2049.

[10]叶灵,巨晓棠,刘楠,等. 华北平原不同农田类型土壤硝态氮累积及其对地下水的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(2):165-168,178.

[11]张永春,孙丽,李庆康,等. 试论农业的清洁生产及其施肥技术[J]. 江苏农业科学,2003(2):71-74.

[12]张丽娟,巨晓棠,吉艳芝,等. 夏季休闲与种植对华北潮土剖面残留硝态氮[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):312-320.

[13]高亚军,李生秀,李世清,等. 施肥与灌水对硝态氮在土壤中残留的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(6):61-64.

[14]孙美,蒙格平,张晓琳,等. 集约化种植区硝态氮在土壤剖面中的分布与累积特征[J]. 环境科学学报,2012,32(4):902-908.

[15]樊军,邵明安,郝明德,等. 渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J]. 应用生态学报,2004,15(7):1213-1216.

[16]樊军,邵明安,郝明德,等. 黄土旱源源面生态系统土壤硝酸盐累积分布特征[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(1):8-12.

[17]汪智军,梁轩,袁道先. 岩溶流域不同土壤剖面溶解性碳氮分布和淋失特征[J]. 水土保持学报,2010,24(6):83-87,93.