

渭北旱塬苹果园土壤矿质氮累积与分布研究

冉 伟¹, 谢永生^{2,3}, 郝明德²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 西安理工大学, 陕西 西安 710048)

摘 要: 对渭北旱塬 6~37 龄苹果园土壤剖面中硝态氮和铵态氮的含量进行了分析测定, 以了解不同树龄, 不同剖面深度土壤矿质氮累积与分布状况。结果表明, 不同种植年限苹果园 0~400 cm 剖面土体中, 氮态氮的含量和分布保持相对稳定; 硝态氮含量和分布变化显著, 含量在 0.31~195.32 mg/kg 之间, 土体剖面硝态氮的累积量呈显著增加的趋势, 累积层出现在 40~260 cm 土层, 最高含量出现在 15 龄果园的 100~120 cm 土层中, 其值为 195.32 mg/kg。土壤剖面累积大量的硝态氮, 可能会造成潜在的环境问题。

关键词: 渭北旱塬; 苹果园; 矿质氮; 累积与分布

中图分类号: S 158.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 03-0157-04

渭北旱塬是我国苹果优生区之一, 经过 20 多年的发展, 苹果栽植面积达 42.6 万 hm^2 , 产量 600 万 t, 已成为陕西省发展最快、效益最好的一大支柱产业, 带动了全省经济的发展^[1,2]。但近年来这一地区在肥料的施用方面存在的问题较多, 偏施氮肥, 磷、钾肥施用较少, 影响了果实的品质和产量。调查所选区域果园氮肥施用量在 400~1 200 kg/hm^2 , 超过国外苹果园施肥用量的数倍^[3]。氮肥进入土壤后除部分被植物吸收和土壤固定外, 其余大部分转化成土壤矿质氮^[4~9]。土壤剖面中矿质氮含量和分布是植物、施肥、土壤、降雨等环境条件影响下土壤中氮素转化和移动等过程的综合表现。硝态氮的淋失是农田生态系统中氮素损失的重要途径之一。由于硝态氮淋失造成的氮肥利用率降低及其对地下水水质等环境污染已引起人们高度重视^[9~13]。旱地农田氮素以硝态氮的形式在土壤中淋溶累积方面已有相关报道^[14,3]。但在果园方面的相关研究较少。本文主要针对渭北旱塬不同种植年限苹果园土壤矿质氮分布与累积进行了研究, 为渭北旱塬优质苹果生产推荐施肥和果业可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验区位于陕西长武中国科学院农业生态试验站站区塬地上, 东经 107°40'30"~107°42'30", 北纬 35°12'~35°16', 地势平坦, 土层深厚, 无灌溉条件, 属渭北旱原。塬面海拔 1 220 m, 属暖温带半湿润

大陆性季风气候。年均气温 9.3℃, 无霜期 171 d, 多年平均降雨量 578.5 mm, $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温 3 029℃, 年日照时数为 2 230 h, 日照率 51%, 年辐射总量为 4 837 kJ/cm^2 。试验地土壤为黑垆土, 土层深厚, 达 50~60 m, 质地为轻壤—中壤质, 垒结疏松, 降雨的入渗深度最大可达 300 cm, 田间持水量 21%~24%, 萎蔫湿度 9%~12%。苹果园主要依靠天然降水, 采用放射性一点状的方式进行施肥。

1.2 采样时间和方法

于 2006 年 9 月下旬至 10 月上旬, 即在果树采果后进行采样。在塬面上选择土壤质地相同、施肥习惯基本相同的不同树龄的苹果园(6、10、15、20、26、37 龄) 作为采样区域。土壤样品采用人工打土钻的方法采集, 0~400 cm 每 20 cm 为一层, 每个果园选择 3 株果树作为采样对象, 在每株果树周围距果树 120 cm 处、避开施肥点打土钻采取土壤样品, 每株果树周围采 3 钻, 同层土样进行混合。

1.3 测定方法

烘干法测定土壤含水量。0~400 cm 土壤各风干样品用 1 mol/L KCl 溶液提取硝态氮和铵态氮, 采用双通道流动注射分析仪(FOSS TECA TOR, FI A star 5000) 测定土壤剖面的硝态氮、铵态氮含量。以下式计算出土壤剖面不同层内硝态氮、铵态氮累积量:

$$A = h \times d \times p \times 10 / 100$$

式中: A 为硝态氮、铵态氮累积量(kg/hm^2), d 为土壤容重(g/cm^3), h 为土层厚度(cm), p 为硝态氮、

收稿日期: 2007-08-07

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD15B01-1); 中国科学院农业项目(ksex 1-yw -N-15-04)

作者简介: 冉 伟(1982-), 男, 陕西安康人, 硕士研究生, 主要从事果园生态系统方面的研究。E-mail: ranwei -2002 @163.com.

通讯作者: 谢永生, E-mail: yshxie. @ms iswc ac.cn.

铵态氮浓度 (mg/kg)。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限苹果园土壤剖面矿质氮累积与分布状况

土壤矿质氮主要包括铵态氮和硝态氮。随着果龄的增长,在 0~400cm 土层内,不同种植年限苹果园矿质氮在土壤剖面中分布特征极为明显,并且都发生了不同程度的累积。在土壤剖面中,10 龄果园矿质氮含量较高。其原因是 10 龄果园铵态氮的含量和硝态氮的累积含量都相对较高,分别为 597.87 kg/hm²、704.24 kg/hm²,导致矿质氮的总累积量也

相对较高,达到 1 302.11kg/hm² 水平,平均含量为 65.11 mg/kg(表 1);其它的(6、15、20、26、37 龄)果园也累积了大量的矿质氮,累积总量基本呈现逐渐增加趋势。6 龄果园累积量最小,为 732.46kg/hm²,37 龄果园累积量最大,为 1 482.32 kg/hm²。土壤剖面矿质氮的累积、分布与施肥和土壤矿物组成有关,当氮肥的使用量增加时,硝态氮的含量就会高;当土壤中有利于铵态氮累积的土壤矿物高时,铵态氮的含量就会升高,当这两方面都高时,土壤中的矿质氮含量就会增加。不同的施肥方法、种类,不同的土壤矿物组成及其它的土壤环境因子均可影响土壤矿质氮的分布和累积。

表 1 土壤剖面各层矿质氮的累积含量(kg/hm²)
Table 1 Accumulated amount of mineral N in soil profile

土层深度 Depth (cm)	6 龄果园 6year orchard	10 龄果园 10year orchard	15 龄果园 15year orchard	20 龄果园 20year orchard	26 龄果园 26year orchard	37 龄果园 37year orchard
0~100	299.94	505.10	515.60	340.95	269.820	216.87
100~200	202.20	480.29	523.89	426.10	637.20	799.23
200~300	122.48	162.65	109.89	130.79	181.27	347.92
300~400	107.84	154.07	108.13	114.43	118.67	118.30
0~400	732.46	1302.11	1257.51	1012.27	1206.96	1482.32

2.2 不同种植年限苹果园土壤剖面 NH₄⁺-N 分布状况

在 0~400cm 土层内,不同种植年限苹果园土壤剖面中各土层铵态氮的分布较为均匀(表 2)。10 龄果园土壤剖面的铵态氮含量最高为 32.48 mg/kg,最低为 27.54 mg/kg,平均为 30±2.48 mg/kg,

且变化幅度较小;其它不同果龄(6、10、15、20、26、37 龄)的果园土层铵态氮分布也相对稳定,但含量相对较低,在 20±4.32 mg/kg 水平,最高含量为 24.32 mg/kg,最低含量为 17.28 mg/kg。一般来说,土壤铵态氮的含量受矿物组成影响较大,其含量水平比较稳定,受施肥影响影响较小。

表 2 土壤剖面各层铵态氮的累积含量(kg/hm²)
Table 2 Accumulated amount of NH₄⁺-N in soil profile

项目 Items	6 龄果园 6year orchard	10 龄果园 10year orchard	15 龄果园 15year orchard	20 龄果园 20year orchard	26 龄果园 26year orchard	37 龄果园 37year orchard
0~100cm	104.36	146.95	110.61	109.99	118.67	108.54
100~200cm	105.25	147.50	109.58	106.49	121.30	116.97
200~300cm	99.98	150.15	97.85	94.13	116.22	114.96
300~400cm	106.24	153.27	106.13	112.63	115.27	115.90
0~400cm	415.83	597.87	424.17	423.24	471.46	456.37
0~400cm 最高值 ³⁾ (mg/kg) Max value	23.72	32.48	23.96	24.32	24.16	24.12
0~400cm 最低值 ³⁾ (mg/kg) Min value	17.28	27.54	17.82	17.88	21.85	19.02
0~400cm 平均值 ³⁾ (mg/kg) Mean value	20.79	29.89	21.21	21.16	23.57	22.82

2.3 不同种植年限苹果园土壤剖面 NO₃⁻-N 含量的分布现状

不同种植年限的 6 个苹果园,硝态氮在 0~4 m

土壤剖面上都发生呈抛物线线形分布,并且都发生了硝态氮的淋溶累积现象。随着土层剖面深度加深,硝态氮含量呈现增大的趋势,并且在剖面上都有

一个累积峰(图 1)。在 0~400 cm 土壤剖面中,硝态氮平均含量为 $35.04 \pm 19.21 \text{ mg/kg}$, 变化幅度较大,最高达到 195.32 mg/kg ,最低仅为 0.31 mg/kg 。

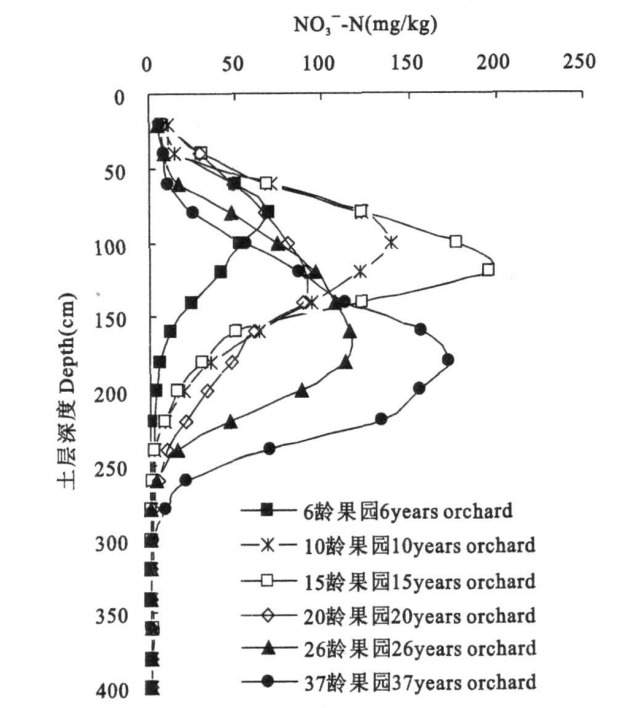


图 1 不同果龄土壤剖面硝态氮分布
Fig. 1 Vertical distribution of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in different apple age
不同种植年限果园之间的土壤剖面硝态氮含量

与分布特征差异极为明显。在土壤剖面中,15 龄和 37 龄果园的测试土样中土壤硝态氮含量较高,0~400 cm 土壤土层硝态氮平均含量分别为 41.67 mg/kg 、 51.3 mg/kg ;其它各果园(6、10、20、26 龄)土壤剖面的硝态氮含量相对较低,其平均值分别为 15.83 、 35.21 、 29.45 、 36.78 mg/kg 。土壤剖面硝态氮的分布趋势与施肥量之间存在着显著的相关性,当氮肥的施用量大时,硝态氮的含量高,向下淋失的量也高。不同的施肥方法,肥料种类以及其他的环 境因子均可影响土壤硝态氮的剖面分布。

2.4 不同种植年限苹果园土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积

在果业生产中,长期连续施用氮肥,硝态氮会在土壤深层发生严重累积,并且都有一个累积峰。随着树龄的增长,0~400 cm 不同年限果园土壤剖面硝态氮的累积除 15 龄果园外,其它的(6、10、20、26、37 龄)果园基本呈现依次增加趋势,说明氮素肥料在土壤中随着果龄的增加在不断积累。15 龄苹果园由于是果树生长旺期,连年施肥量都很高,据实际调查计算年施氮量约 $1\,000 \text{ kg/hm}^2$ 。其 0~4 m 土壤剖面累计硝态氮总量达到 833.34 mg/kg ,剖面硝态氮含量峰值达到 195.32 mg/kg ,出现在 100~120 cm 深度(表 3)。由此反映了果园投入的大量肥料,不但造成氮肥在土壤中大量剩余与累积,而且有可能对土体环境造成严重污染。

表 3 土壤剖面各层硝态氮的累积含量(kg/hm^2)						
Table 3 Accumulated amount of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ in soil profile						
项目 Items	6 龄果园 6 year orchard	10 龄果园 10 year orchard	15 龄果园 15 year orchard	20 龄果园 20 year orchard	26 龄果园 26 year orchard	37 龄果园 37 year orchard
0~100 cm	195.58	358.15	404.99	230.96	151.15	108.33
100~200 cm	96.95	332.79	414.31	319.61	515.90	682.26
200~300 cm	22.50	12.50	12.04	36.66	65.05	232.96
300~400 cm	1.60	0.80	2.00	1.80	3.40	2.40
0~400 cm	316.63	704.24	833.34	589.03	735.5	1025.95
峰值(mg/kg) Peak value	69.20	140.00	195.32	89.75	105.01	171.79
峰值土层(cm) Soil layer for peak value	60~80	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180

随着果龄的增长,硝态氮累积的量和峰值出现的土层深度在增加。其中 37 龄果园在 0~4 m 的土壤剖面上累积的硝态氮总量最多,达 $1\,025.95 \text{ kg/hm}^2$,峰值出现的土层最深,在 160~180 cm 深度(表 3)。其原因是 37 龄果园是连栽果园,连年施肥量一直都较高,年施氮量约为 950 kg/hm^2 。累积量

不断增加的同时,在入渗水流等作用下使硝态氮不断向土壤更深层迁移。这是因为土壤上层剩余的氮素向土体深层迁移累积是一个长期的过程,是年复一年过剩氮素在降水入渗等作用下不断积累的结果。6~37 龄苹果园土壤硝态氮累积峰依次出现在 60~80、80~100、100~120、120~140、140~160、

160~180 cm 土层。从研究结果看,苹果园土壤硝态氮累积有可能发生在 3m 以上,但硝态氮被淋洗到更深土层的可能性不大(图 1)。

所选果园硝态氮含量的平均值为 700.78 kg/hm²,说明苹果园土壤深层累积大量硝态氮。研究发现这些累积的氮素主要是被苹果树吸收利用,其次通过硝化反硝化损失。但剖面硝态氮大量累积,说明果园肥料投入量远远超过果树的利用量,大量硝态氮能否被果树大量吸收利用,及利用程度如何,有待进一步深入研究。

3 结 论

渭北旱塬不同种植年限果园土壤剖面(0~400 cm)中,铵态氮含量较低,并且各土层分布相对均匀。

渭北旱塬长期不平衡或过量施用氮肥,硝态氮在土壤剖面中发生了深层累积。其累积数量、深度与氮肥投入量、果园施肥方法和土壤水分循环平衡三方面密切相关。硝态氮的累积量是随果园果龄的增加而增长,在土壤深层累积的深度通常在 100~200 cm,严重时可能超过 200 cm。

果园土壤深层硝态氮的大量积累有可能会造成潜在的环境问题,尤其是对生态环境以及果品品质的影响应值得进一步关注。因此,如何通过合理施肥,科学调控,最大限度地减轻硝态氮的累积,已成为今后迫切需要解决的问题。

参 考 文 献:

- [1] 赵政阳,戴军,王雷存.陕西苹果产业现状及国际竞争力分析[J].西北农业学报,2002,11(4):108-111.
- [2] 李丙智,刘建海,张林森,等.不同时间套袋对渭北旱塬红富士苹果品质的影响[J].西北林学院学报,2005,20(2):118-120.
- [3] William R R, Gordon V J. Improving nitrogen use efficiency for cereal production[J]. Agronomy Journal, 1999,91(3):357-363.
- [4] 崔玉亭.化肥与生态环境保护[M].北京:化学工业出版社,2000.
- [5] 郭胜利,张文菊,党庭辉,等.干旱半干旱地区农田土壤 NO₃⁻-N 深层累积及其影响因素[J].地球科学进展,2003,18(4):584-591.
- [6] 刘宏斌,李志宏,张云贵,等.北京市农田硝态氮的分布与累积特征[J].中国农业科学,2004,37(5):692-698.
- [7] 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.
- [8] 刘晓宏,田梅霞,郝明德.黄土旱塬区长期轮作施肥土壤剖面硝态氮的分布与积累[J].土壤与肥料,2001(1):9-12.
- [9] 朱兆良.土壤氮素的转化和移动的研究近况[J].土壤学进展,1979,2(1):16.
- [10] 郭胜利,党庭辉,郝明德.黄土高原沟壑区不同施肥条件下土壤剖面中矿质氮的分布特征[J].干旱地区农业研究,2000,18(1):22-27.
- [11] 郭胜利,党庭辉,郝明德.黄土高原沟壑区沟坡地土壤剖面中矿质氮的分布特征[J].水土保持通报,2003,17(2):31-33.
- [12] 党庭辉,郭胜利,郝明德.黄土旱塬长期施肥下硝态氮深层累积的定量研究[J].水土保持通报,2003,17(1):58-60.
- [13] 刘侯俊,巨晓棠,同延安,等.陕西省主要果树的施肥现状及其存在问题[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):37-44.
- [14] 巨晓棠,张福锁.中国北方土壤硝态氮的累积及其环境影响[J].生态环境,2003,12(1):24-28.

Mineral N accumulation and distribution of apple orchard soil on the Weibei dryland

RAN Wei¹, XIE Yong sheng², HAO Ming de²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Resources, Yangling, Shanxi 712100, China;

3. Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The content of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N was determined in the soil profile of 6 to 37 age apple orchard on the Weibei dryland. The results showed that the content and distribution of NH₄⁺-N maintain relatively stable in the depths of 0~400 cm soil profile with different planting years. The content and distribution of nitrate nitrogen varied significantly, and the content of nitrate nitrogen was 0.31~195.32 mg/kg. The accumulation of nitrate nitrogen increased significantly, which was located in 40~260 cm depths, and the maximum nitrate N content was 195.32 mg/kg in 100~120 cm depths of 15 age orchard. Large accumulation of nitrate N in the soil profile might lead to potential environmental pollution.

Keywords: Weibei dryland; apple orchard; mineral N; accumulation and distribution