

不同农业种植方式对土壤中硝态氮淋失的影响研究^①

徐力刚, 王晓龙, 崔锐, 张奇

(中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008)

摘要: 农田氮素损失是造成农业非点源污染的主要原因之一, 其中由于大量施用氮肥引起的土壤氮素淋溶损失又是农田氮素损失的重要途径。针对农业不同种植条件下氮素损失控制难题, 本文通过田间试验研究集约化种植和常规种植两种土地利用方式下, 土壤硝态氮迁移特征及动态变化规律, 来评估不同农业种植方式对地下水污染的潜在风险。结果表明: 集约化种植区施肥量和灌溉量较大, 硝态氮的淋失浓度明显大于常规种植园, 土壤硝态氮浓度随时间和空间变化也最为显著。集约化种植区的地下水污染程度远远大于常规种植区, 集约化种植葡萄园地下水中的硝态氮含量平均值 11.2 mg/L, 是常规种植区平均值 1.35 mg/L 的 8 倍, 集约化种植区过量施肥增大了土壤硝态氮的淋失风险, 对生态环境构成了潜在的污染威胁。研究结果可为农业集约化种植区防治农业非点源污染和优化田间管理措施提供科学依据。

关键词: 集约化种植区; 常规农业; 硝态氮; 垂向迁移

中图分类号: X171

长期以来, 过量施用氮肥在我国已成为相当普遍的问题, 特别是一些集约化种植体系, 对环境污染的压力日趋严重^[1]。据中国农业科学院土壤肥料研究所调查, 中国氮肥利用率结果仅为 30%~40%^[2], 约 20%~50% 主要以硝态氮形式经土壤淋溶进入地下水, 在大水漫灌或剧烈降雨时, 特别是土壤中氮素超过作物需求量时, 硝态氮淋洗会大量增加, 引起地下水硝酸盐污染^[3]。硝态氮的淋溶被认为是农田氮素损失的主要途径之一^[4]。硝态氮淋失一方面降低了化肥的利用率, 另一方面对地下水和地表水的污染埋下了隐患。因此, 研究硝态氮的迁移转换特征有着非常重要的现实意义。在国内, 早期的研究主要集中在氮素去向及有效利用率研究^[5]。部分研究者^[6]分别对我国北方地区 14 个县、甘肃不同生态区以及滇池流域等地区因施用农用氮肥造成的地下水氮素污染分别进行了调查和研究。20 世纪 70 年代国外就有利用 ¹⁵N 识别污染来源的报道, 同时结合其他的同位素来研究硝酸盐的循环、迁移、混合等过程。McLay 和 Dragten^[7]研究指出, 较严重的地下水硝酸盐污染主要与化肥施用量较高的蔬菜种植有关, 蔬菜种植区的地下水硝酸盐含量明显高于粮食作物种植区或城市区域。国外在对土壤硝态氮淋失已进行了较长时间的研究, 在土壤硝化作用、硝态氮淋失条件、硝态氮移动力学与数学模型以及硝态

氮淋失的防治和对策等方面都进行了系统的研究^[8]。土壤硝态氮迁移转化规律越来越受到国内外学者的广泛关注^[9-11]。不同种植条件下土壤硝态氮的渗漏特征呈现不同变化趋势, 主要受降雨灌溉和施肥量的影响。研究表明, 土壤硝态氮淋失量与降雨量密切相关, 随着雨量增多和雨强增大, 氮素的淋失量和迁移强度也相应增加^[12-13]。这部分硝态氮是很难被作物吸收利用的, 最终只能引起农田氮素的大量淋失, 对土壤及地下水环境造成一定程度的污染^[14]。对于不同的施肥种类, 通常土壤中不同形态氮的淋溶损失强度由大到小依次为: 硝态氮、亚硝态氮、铵态氮、有机氮。渗漏水中氮的浓度与土壤中氮素的淋失量随施肥量的增加而增加^[15]。

农业集约化种植程度高, 施肥频率高, 施肥量大, 这些因素都加重了农田氮素的损失, 也对地下水的污染造成了很大的威胁。为了评估农业集约化种植氮素流失途径及其行为特征, 特别是评估硝态氮淋溶损失对地下水污染的影响程度和范围, 为防治水污染、制定流域最佳管理措施提供科学依据, 本文通过田间定位监测分析, 阐明了硝态氮在土壤中的迁移转化规律, 分析了土壤硝态氮变化趋势, 建立了土壤硝态氮浓度和地下水硝态氮浓度响应关系, 为农业集约化种植区防治农业非点源污染和优化田间管理措施提供了科学

①基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (2012CB417000) 和江苏省科技计划项目 (BK2010023) 资助。

作者简介: 徐力刚 (1976—), 男, 四川仁寿人, 博士, 副研究员, 主要从事土壤水文学和农田面源污染控制技术的研究。E-mail: lgxu@niglas.ac.cn

依据。

1 材料与方法

1.1 研究区的选择

本研究选取江阴市典型农业集约化种植区为研究对象。江阴市 2000 年后农业生产中年化肥使用总量达 56 000 多 t, 农药使用总量达 1 000 多 t, 每亩耕地平均年投入量分别比上世纪 50 年代增加 8 倍和 20 倍。近年来由于人类活动的干扰, 如大量无公害蔬菜基地、花卉基地和水果基地的建设, 农业耕作方式的改变, 化肥使用量的增加等使得地下水硝酸盐的污染问题日益凸显, 地下水硝酸盐污染不仅直接导致部分农田土壤环境质量下降, 而且土壤质量的恶化又直接影响到农产品质量, 最终影响人们的健康和生活质量。本文选取了 3 种不同农业种植条件下的农田为研究对象,

分别为璜土镇葡萄种植园、西石桥镇东支蔬菜基地、西石桥镇常规种植区。在研究区域 3 种不同种植方式采样点, 分布着 3 种不同的水稻土。综合考虑土壤质地和种植作物, 划分 5 个土壤剖面, 布置 3 个地下水观测井, 分别位于葡萄种植园、东支蔬菜基地、常规种植区的实验农田内。3 种土样的分层按照平均分层法分为: 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 总共为 5 层。葡萄种植园和蔬菜基地采用集约化统一管理, 常规种植区按当地农事习惯施肥和灌溉。监测时间从 2008 年 4 月初至 2008 年 10 月底。

1.2 土壤基本性质测定

土壤体积质量(容重)用环刀法测定; 土壤质地用吸管法测定; 土壤基本性质测定和室内实验在中国科学院南京地理与湖泊研究所进行测定。表 1 列出了土壤基本性质的测定结果。

表 1 3 种典型种植区的土壤基本理化特性

Table 1 Basic soil physical and chemical properties of three typical planting areas

试验地点	土层 (cm)	体积质量 (g/cm ³)	黏粒 (%)	粉粒 (%)	砂粒 (%)	全氮 (g/kg)	硝态氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	有机质 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)
葡萄种植园	0~20	1.23	42.6	47.6	9.8	0.67	39.00	3.69	0.81	11.56	160.82
	20~40	1.48	31.6	51.5	16.9	0.68	44.60	3.53	0.82	11.65	108.61
	40~60	1.53	44.7	44.9	10.4	0.72	42.30	2.44	0.85	12.34	96.32
	60~80	1.56	34.1	53.3	12.6	0.79	37.50	3.52	0.94	13.71	111.51
	80~120	1.62	37.5	48.2	14.3	0.43	34.20	3.99	0.58	7.48	79.10
蔬菜基地	0~20	1.31	41.2	52.1	6.7	0.39	10.40	2.86	0.46	6.79	89.91
	20~40	1.46	44.4	49.5	6.1	0.29	4.46	3.25	0.44	5.02	99.32
	40~60	1.55	39.5	57.2	3.3	0.35	2.98	2.97	0.49	6.11	97.61
	60~80	1.69	26.6	67.8	5.6	0.26	4.36	3.04	0.58	4.42	88.52
	80~120	1.72	26.4	67.7	5.9	0.24	1.23	2.60	0.54	4.10	91.62
常规种植区	0~20	1.08	46.8	49.4	3.8	0.56	5.63	2.86	0.87	9.70	147.80
	20~40	1.37	49.3	47.2	3.5	0.47	2.75	3.25	0.82	8.08	146.71
	40~60	1.41	48.4	43.5	8.1	0.57	1.82	2.97	0.71	9.79	153.52
	60~80	1.41	46.2	43.6	10.2	0.37	1.82	3.04	0.56	6.39	132.11
	80~120	1.42	43.6	42.1	14.3	0.29	0.72	2.60	0.53	5.06	126.91

注: 土壤全氮采用凯氏定氮法测定, 土壤硝态氮采用酚二磺酸比色法测定, 土壤铵态氮采用纳氏试剂比色法测定, 土壤全磷测定采用钼锑抗比色法, 土壤有机质测定采用重铬酸钾-硫酸法, 土壤速效钾测定采用乙酸铵浸提-火焰光度法。

1.3 土壤硝态氮运移监测方案

在监测期内, 每隔 15 天在上述每个典型种植区内沿“S”形路线随机选取 5 点, 用土钻按 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 间隔, 分 5 个层次采集 0~100 cm 剖面的土壤样品。采集时在每块样地应多采些混合土样, 剔除土样中含的根茬等杂物, 将每个

种植区的同一层次各样点土样混合均匀后装入密封袋中标记, 随即放入冰盒密封保存。由于每个地区种植的作物不同, 其中葡萄种植园的采样点选在行内两葡萄植株间, 蔬菜基地、常规种植区采样点则选在作物种植的行间。土壤溶液渗滤管是用直径为 3 cm 的塑料离心管制作。在管壁上等距离(1 cm)打直径约 2 mm

的小孔, 外部用 300 目的尼龙布缠裹 3 层后扎紧, 阻止土壤颗粒进入, 离心管上部有橡皮塞封口, 将硬质塑料细管 (直径约 3 mm) 一端穿过橡皮塞插入离心管底部, 别一端露出地表供其抽取滤液。在 3 种农业种植方式农田利用安装 PVC 地下水管取样井的办法设置地下水收集点, 进行浅层地下水位和水质的动态监测, 在作物生长期以一定的时间间隔 (每周) 采集水样。土壤硝态氮采用酚二磺酸比色法测定。将采集后预留的土样风干后过 1 mm 筛, 称取 5 g 土壤样品, 然后加入 1 mol/L KCl 溶液浸提, 震荡 60 min, 过滤后上清液放入 -4℃ 冰箱中保存, 采用连续流动注射分析仪测定浸提液中硝态氮含量。

2 结果与讨论

2.1 土壤剖面硝态氮动态变化与降雨灌溉的响应关系

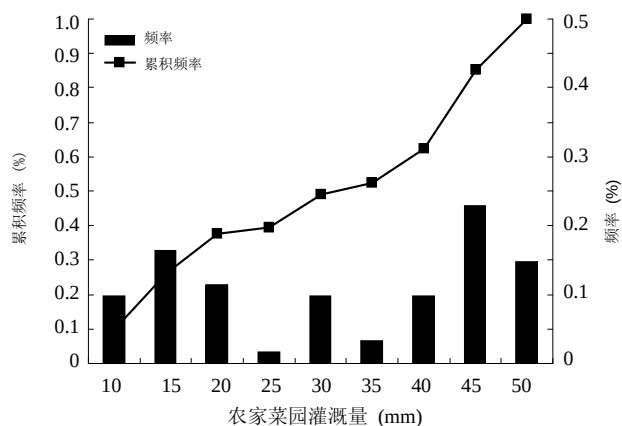
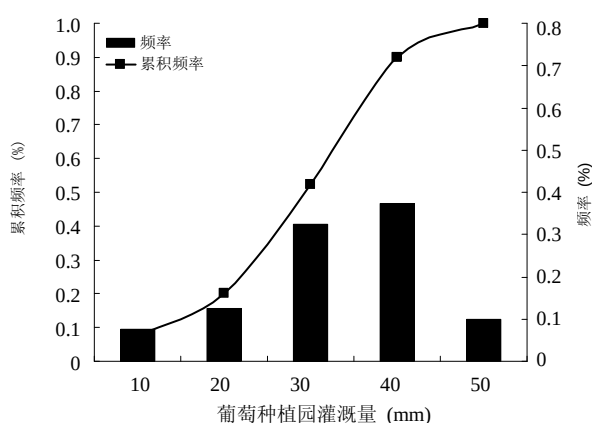


图1 不同农业种植方式灌溉用量频率分布图

Fig. 1 The frequency distributions of irrigation amount under different agricultural cropping patterns

降雨灌溉对两种种植体系硝态氮的渗漏量的影响如图 2 所示, 可以看出降雨和灌溉量和硝态氮的渗漏有着显著的关系: 浓度上, 降雨或灌溉后, 硝态氮随水分运移到土壤下层, 造成硝态氮渗漏浓度增大。灌溉量越大, 硝态氮淋失浓度越高, 灌溉对硝态氮淋失起重要的作用, 这也与 Waddell^[11]的研究基本一致; 时间上, 硝态氮浓度增大时间滞后于降雨或灌溉时间。由此可见, 降雨和灌溉是影响硝态氮渗漏的主要因素。

比较两种种植体系不同时期硝态氮渗漏浓度变化 (图 2), 集约化葡萄种植园灌溉次数明显少于常规种植区, 灌溉量也比较均匀有序, 硝态氮渗漏浓度比较均匀, 在 6 月底产生比较大的突跃, 这主要是由于葡萄花期已过, 进入坐果期, 施入大量硫酸铵作为追肥, 同时 2008 年 6 月底江南地区普降大雨, 进

大多数作物的根系不发达, 属于浅根作物, 对水肥的依赖程度比较高, 因此经常性的灌溉对保证作物的生长起着十分重要的作用, 分次追肥和频繁灌水是传统作物种植中的普遍现象。集约化种植模式, 以灌溉施肥统一化, 操作规范化, 农田劳作机械化等为特点, 表现出区别于常规种植模式的一面, 这种区别反应在硝态氮渗漏过程中, 对地下水环境的治理起着十分重要的作用。集约化种植和常规种植在灌溉体系上存在差异, 比较集约化葡萄种植园和农家常规种植菜园近 5 年灌溉情况如图 1 所示, 集约化种植区灌溉量相对稳定, 主要集中在 30 ~ 40 mm 之间, 在图中表现为灌溉累积频率呈现正态分布。常规种植区灌溉相对随意, 灌溉量在 15 ~ 20 mm, 45 ~ 50 mm 之间, 由于灌溉量的随意性导致灌溉累积频率呈现出离散型分布的特点。

一步推动了硝态氮向土壤深处的淋失。相比而言, 常规种植区的灌溉量比较随意, 硝态氮的渗漏浓度也体现了无序的变化, 其数值远远小于集约化种植区硝态氮的渗漏浓度, 这主要是由灌溉和施肥联合作用的结果。

2.2 土壤中硝态氮垂向迁移特征

3 种不同种植情况下土壤剖面硝态氮迁移特征如图 3 所示: 总体上看, 集约化葡萄种植园土壤硝态氮含量远远大于常规种植区, 对 2008 年 4 月 10 日到 9 月 28 日的土壤表层溶液硝态氮的浓度变化监测显示, 葡萄种植园平均值为 39.69 mg/kg, 蔬菜基地为 6.50 mg/kg, 常规种植区为 5.28 mg/kg。这主要是由于集约化种植区土壤的施肥量过大, 远远大于植物的吸收量, 造成了集约化种植区土壤硝态氮含量过高。

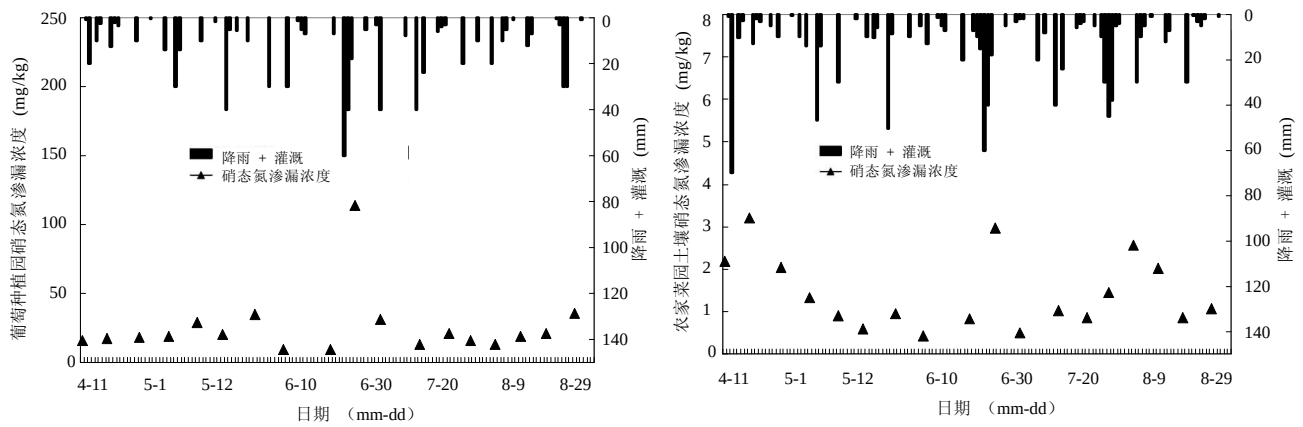
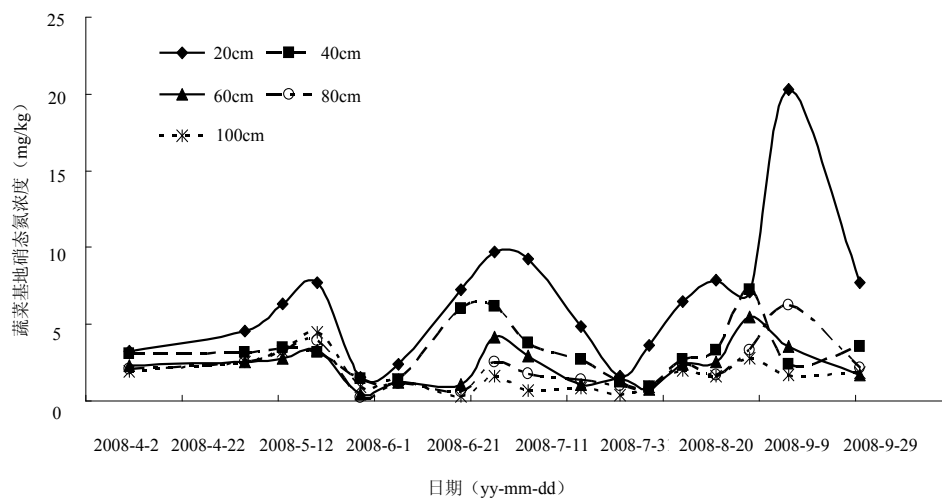
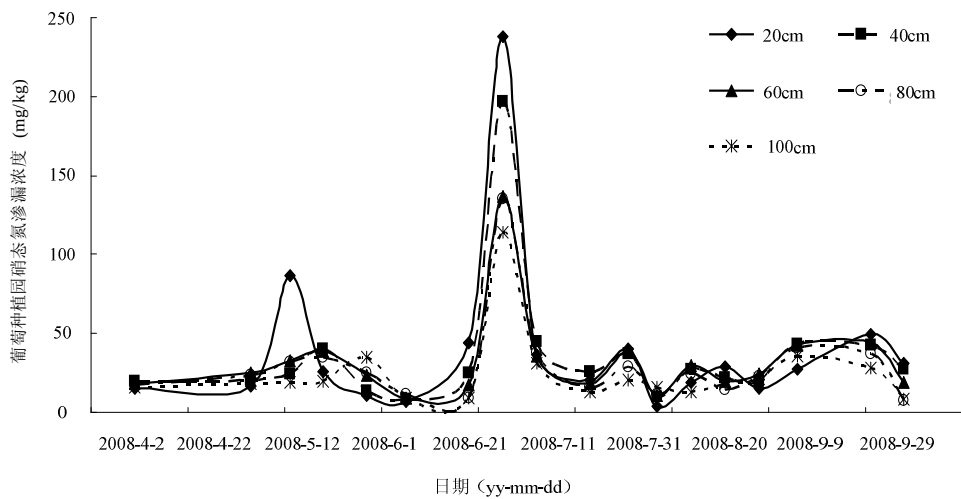


图 2 不同时期土壤硝态氮淋失浓度和降雨灌溉相应关系图

Fig. 2 Relationship between nitrate nitrogen concentration from soil leaching and rainfall plus irrigation in different periods



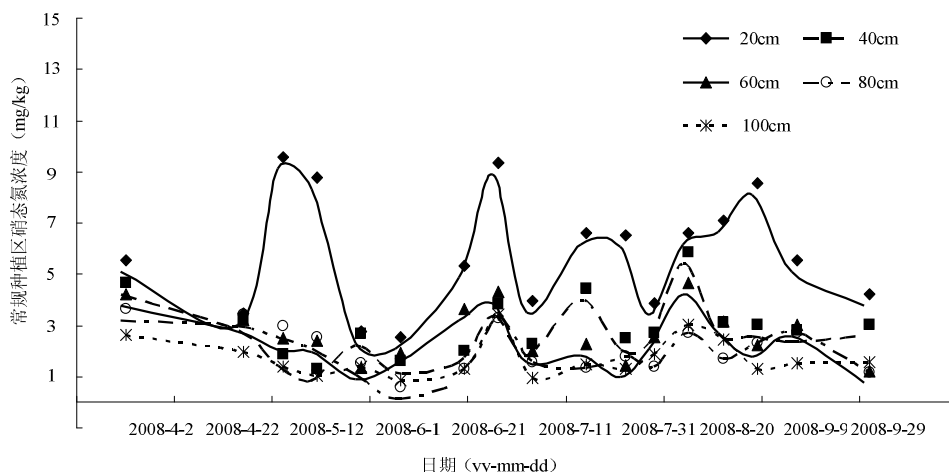


图3 3种植方式下不同剖面土壤硝态氮浓度变化特征

Fig. 3 Dynamic variations of nitrate nitrogen contents in three typical intensive planting areas

分析3种植方式下土壤硝态氮的变化趋势(图3),在5月中旬和6月底,3个地点的硝态氮浓度都同时出现了突跃。分析原因主要是由于施肥和灌溉两方面因素引起的:①5月中旬葡萄种植园施加大量花前肥,为葡萄树开花提供足够营养;蔬菜基地在油菜收获后,施加了大量的有机肥作为底肥准备种植黄瓜;常规种植区也已经收获油菜,增加土壤肥力准备种植大豆。同时施肥量葡萄种植园>蔬菜基地>常规种植区,在图3中表现为葡萄种植园和蔬菜基地两种植条件下硝态氮的突跃明显大于常规种植区中硝态氮的突跃。②5月中旬和6月底的大雨给硝态氮的运移提供了动力,“水随盐走,水去盐存”,大量的土壤水分运动始终是土壤氮素淋溶运移的媒介和驱动力。在图3中可以明显看出高峰过后,土壤剖面从上到下各层之间呈现了溶质运移的现象。在3种不同种植情况下,施肥后硝态氮在层与层之间的相互关系呈现了相同的趋势,当作物生长需氮量大于施氮量时,在降雨或者灌溉的影响下,土壤表层到深层硝态氮浓度都呈现递减的趋势,不同种植方式下,底层土壤硝态氮浓度的峰值都会依次滞后于上层土壤硝态氮浓度。当底层土壤的硝态氮浓度在施肥前后都低于表层土壤的硝态氮浓度时,这说明这段时间处于作物的旺盛生长期,作物吸收氮素的量大于施氮量。

2.3 不同农业种植条件下土壤中硝态氮含量分析

对江阴3种不同种植区土壤硝态氮浓度进行统计分析如表3所示。在3种植方式中,对不同时间相同土壤层的硝态氮浓度加权平均,纵向比较土壤各个

剖面硝态氮浓度,得到3种不同种植方式下土壤硝态氮浓度随空间变化的平均值和标准差如表4所示。集约化葡萄种植园和蔬菜基地的层平均浓度均大于常规种植区硝态氮浓度,分别为常规种植区土层硝态氮层平均浓度的9倍和1.1倍,这主要是由于葡萄种植园和蔬菜基地的施肥量过大引起的。标准差也呈现这种变化规律,葡萄种植园>蔬菜基地>常规种植区,说明集约化种植区土壤剖面每层硝态氮浓度变化幅度也较大。主要是由于:土壤大部分时候处于非饱和条件下,硝态氮在土壤水中移动,主要驱动力是基质势、溶质势和重力势,集约化种植区施肥量大,硝态氮向下迁移过程中受到溶质势的作用比较强,硝态氮运移速度较快,层与层之间硝态氮浓度变化比较显著,这种现象反映在数据的统计学上,便是每层硝态氮浓度的标准差比较大。

2.4 土壤硝态氮含量和地下水硝态氮浓度响应关系

2.4.1 不同种植方式下地下水硝酸盐含量动态变化特征 在实验期间,共采集地下水样21次,对3种不同种植方式下田间地下水硝态氮含量进行测定,结果(图4)显示,集约化种植区(葡萄种植园和蔬菜基地)土壤硝态氮含量大于常规种植区,在降雨或者灌溉后,随水分运移,当土壤层累积了较多的硝态氮后,在长期的降雨或者灌溉的作用下,过多的水分会带着硝态氮逐渐向土壤深层迁移。2008年4月至9月对3种不同种植方式下田间地下水硝态氮含量进行测定表明:地下水中硝态氮含量因作物施氮和灌溉水平不同而表现了不同的上升或者下降趋势(图3),集约

表 3 不同种植方式下各层土壤硝态氮含量平均值和变差系数

Table 3 Averages and variation coefficients of nitrate nitrogen content at each soil layer under different planting patterns

土层 (cm)	葡萄种植园		蔬菜基地		常规种植区	
	均值 (mg/kg)	CV	均值 (mg/kg)	CV	均值 (mg/kg)	CV
0 ~ 20	24.48	0.50	8.06	0.82	7.48	0.57
20 ~ 40	31.52	0.39	2.64	0.73	2.86	0.68
40 ~ 60	28.13	0.41	2.21	0.75	2.41	0.48
60 ~ 80	26.32	0.47	2.49	0.89	1.68	0.49
80 ~ 120	24.46	0.43	1.65	0.91	1.12	0.79

注：土壤样品分析的样本数 $n = 25$ 。

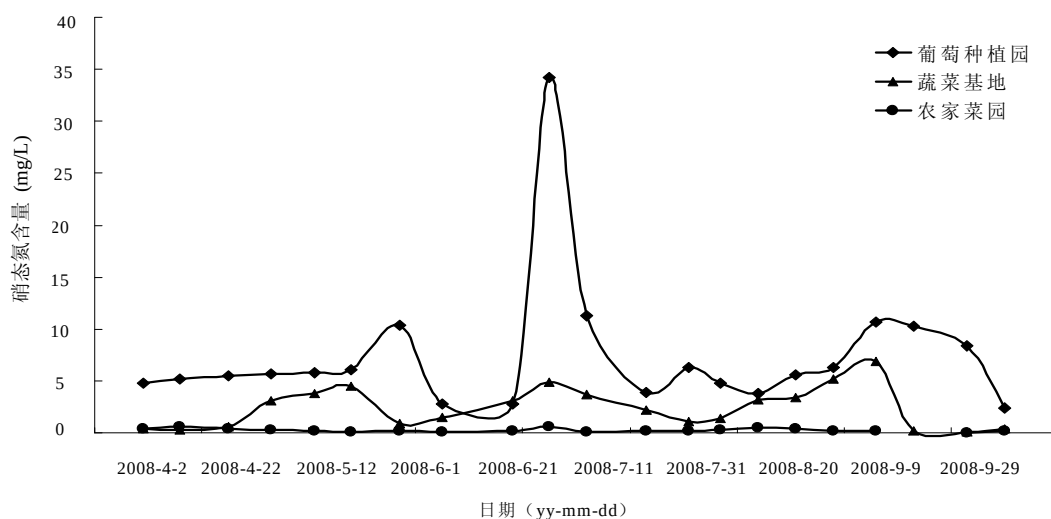


图 4 不同种植方式地下水硝态氮含量对比

Fig. 4 Comparison of nitrate nitrogen contents in groundwater under different planting systems

化葡萄种植园地下水中的硝态氮含量最高值达 34.2 mg/L, 平均值 11.2 mg/L, 是常规种植区平均值 1.35 mg/L 的 8 倍, 蔬菜基地硝态氮含量平均值为 4.12 mg/L, 也达到了常规种植区的 3 倍之多。由此可见, 集约化种植区的地下水污染程度远远大于常规种植区。

2.4.2 土壤中硝态氮含量和地下水硝态氮浓度响应关系 对 3 种不同种植方式氮肥投入量和地下水硝态氮含量相关性分析发现, 随氮肥投入量 (x) 增加, 地下水硝态氮含量 (y) 明显增加, 各个不同种植区相关性方程为:

$$\text{葡萄种植园: } y = 0.1824x - 51.53 \quad r = 0.83$$

$$\text{蔬菜基地: } y = 0.1331x - 72.56 \quad r = 0.69$$

$$\text{常规种植区: } y = 0.1269x - 54.69 \quad r = 0.36$$

由于常规种植区灌溉施肥频繁, 受人为干扰比较大, 所以地下水的硝态氮含量和施氮量的相关性偏低。

每公顷增加 1 kg 氮肥投入量, 硝态氮含量分别增加 0.182 4、0.133 1 和 0.126 9 mg/L。根据地下水的硝态氮含量限值, 利用构建的土壤中硝态氮含量和地下水硝态氮浓度响应关系, 可知当氮肥施氮量达 400 kg/hm² 时, 易造成地下水硝态氮含量超标。而调查表明集约化种植区尤其葡萄种植园氮肥投入量高达 700 ~ 800 kg/hm², 甚至更高, 氮肥不能全部被作物所吸收利用, 在降雨和灌溉的影响下极易淋洗进入地下水, 造成地下水硝态氮含量增加, 葡萄种植区硝态氮含量在雨季最高达到 34.2 mg/L。

3 结论

(1) 降雨灌溉和施肥量是影响土壤硝态氮渗漏的主要因素, 降雨灌溉或者施肥后, 土壤硝态氮的含量都会出现上升趋势, 在水分的推动下, 同时也造成了地下水中硝态氮含量的升高。

(2) 集约化种植区土壤硝态氮浓度随时间变化频率不大, 但是变化幅度较大; 常规种植区土壤硝态氮浓度随时间变化频率略大, 但变化幅度较小。

(3) 集约化种植区地下水中硝态氮含量明显高于常规种植区, 地下水的硝态氮含量和施氮量有着显著相关关系, 集约化种植区的地下水硝态氮污染程度远远大于常规种植区。

参考文献:

- [1] 赵其国. 我国现代农业发展中的若干问题. 土壤学报, 1997, 34(1): 1-9
- [2] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料. 上海: 上海科学技术出版社, 1994: 3-5
- [3] 刘光栋, 吴文良. 高产农田土壤硝态氮淋失与地下水污染动态研究. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 91-93
- [4] 陈效民, 邓建才, 张佳宝. 黄淮海平原主要土类中硝态氮水平运移规律. 环境科学, 2002, 23(5): 96-99
- [5] Donald R, Nielsen J, Macdonald G. Nitrogen in the Environment. New York: Sanfrancisco Landon, 1978, 1: 223-250
- [6] 尉元明, 朱丽霞, 康凤琴. 农业节水灌溉环境影响分析. 中国沙漠, 2004, 24(5): 611-615
- [7] McLay CD, Dragten R. Predicting groundwater nitrate concentration in a region of mixed agricultural land use: A comparison of three approaches. Environ. Pollut., 2001, 115: 191-204
- [8] Zhang MK, Wang LP, He ZL. Spatial and temporal variation of nitrogen exported by runoff from sandy agricultural soils. Journal of Environmental Sciences, 2007, 19(9): 1 086-1 092
- [9] Thorburn PJ, Biggs JS, Weier KL. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. Agric. Ecosyst. Environ., 2003, 94: 49-58
- [10] Md TL. Study on vertical and lateral leaching of nitrate from a wheat field in China. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2006, 30: 59-65
- [11] Waddell JT. Irrigation and nitrogen management impacts on nitrate leaching under potato. J. Environ. Qual. 2000, 29(3): 251-261
- [12] 李保国, 龚元石, 左强. 农田土壤水的动态模拟及应用. 北京: 科学出版社, 2000: 51
- [13] 陈子明, 傅锋明, 姚造华. 北京潮土 $\text{NO}_3\text{-N}$ 在土体中的移动特点及其淋失动态. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 71-79
- [14] 吕殿青, 杨进荣, 马林英. 灌溉对土壤硝态氮淋吸效应影响的研究. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(4): 307-315
- [15] 吕殿青, 同延安, 孙本华. 氮肥施用对环境污染影响的研究. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 8-15
- [16] 王德建, 林静慧, 夏立忠. 太湖地区稻麦轮作农田氮素淋洗特点. 中国生态农业学报, 2001, 9(1): 16-18

Study of Nitrate Nitrogen Leaching Characteristics in Different Agricultural Planted Farmland

XU Li-gang, WANG Xiao-long, CUI Rui, ZHANG Qi

(State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology,
Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Nitrogen loss from farmland is one of the main contributors to agricultural non-point source pollution. Nitrogen leaching loss due to excessive fertilization is the major nitrogen loss. A laboratory experiment and field monitoring were conducted to investigate nitrate nitrogen leaching dynamics under extensively agricultural systems and local management. Results showed that soil nitrate concentration did not change frequently in the intensive planting areas and in the conventional planting areas, but both changing ranges were greater. Monitoring results of field experiment indicated that the difference of groundwater nitrate-nitrogen content in three typical planting areas was distinct; nitrate nitrogen average content of greenhouse vine intensive planting base was the highest among three typical planting areas, being up to 11.2mg/L. However, nitrate nitrogen content of vegetable intensive planting areas and conventional planting farmland were 4.02mg/L and 1.35mg/L respectively. It further suggested that nitrate nitrogen average content in intensive planting areas had large varied amplitude and higher over standard rate, and excessive irrigation and fertilization had caused groundwater environment pollution. The study is also believed to be useful in formulating management strategies for an extensively planting farmland to reduce diffusive pollution from agricultural activities.

Key words: Intensively planting farmland, Conventional agriculture, Nitrate nitrogen, Vertical transport