

太湖地区稻麦高产的氮肥适宜用量 及其对地下水的影响*

王德建 林静慧 孙瑞娟 夏立忠 连 纲

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要 通过田间定位试验与土壤渗漏仪(Lysimeter)模拟试验,研究太湖地区稻麦生产中氮肥过量施用带来氮肥利用率低与环境污染问题,探讨本区稻麦高产与减少氮肥淋洗的适宜氮肥用量。初步试验结果表明,氮肥适宜用量随着稻麦产量的提高而增加,本区两种主要土壤水稻、小麦高产的氮肥适宜用量(以 N 计)分别为 225~270 kg hm⁻²与 180~225 kg hm⁻²;适宜的氮肥用量使单位面积的有效穗数和每穗的结实颖花数均高,因而产量高。氮素的淋洗以 NO₃-N 为主,主要发生在麦季与泡田插秧初期,其含量随着施氮量的增加而增加,每 hm² 施 N 225 kg 的模拟试验,麦季渗漏液的 NO₃-N 浓度在 5.4~21.3 mg L⁻¹,有 60% 的样次超过污染标准(NO₃-N 10 mg L⁻¹);田间试验,麦季施 N 量在 270~315 kg hm⁻² 范围内,地下水 NO₃-N 浓度在 1.9~11.0 mg L⁻¹,有 20% 的样次接近,10% 的样次超过污染标准。长期 NO₃-N 渗漏累积,势必对地下水构成潜在威胁。

关键词 太湖地区, 稻麦高产, 氮肥用量, 硝态氮淋洗

中图分类号 S147.2

施肥是提高作物产量的重要措施,但是近年来化肥的过量施用带来的肥效降低,氮、磷流失对水环境的污染已引起人们的关注^[1-3]。太湖地区是我国农业高产、稳产的地区之一,集约化程度高,化肥用量也很高。有关该区氮肥的适宜用量,80 年代初研究认为稻、麦氮肥适宜用量均为 135 kg hm⁻²^[4-6]。但是近年来由于高产品种的应用和栽培技术的改进,水稻产量有了很大的提高,原有的氮肥用量标准不能满足水稻丰产的需求。由于缺少相应的化肥用量试验,生产上出现了片面施用氮肥,使氮、磷、钾肥施用不平衡的问题。以太湖地区的苏州市为例,1998 年水稻平均施氮量为 N 270~300 kg hm⁻²,而遍布全市的高产示范方水稻平均施氮量则高达 366 kg hm⁻²。有关本区稻、麦高产的化肥适宜用量,以及高氮投入对水环境影响的定位研究很少。本研究通过定位田间试验和模拟试验,探求该区稻麦高产与环境友好的氮磷钾肥适宜用量。本文介绍氮肥对稻、麦产量与地下水的影响,有关磷、钾肥适宜用量,以及农田养分平衡状况将在另文讨论。

1 试验设计与研究方法

1.1 供试土壤

试验以太湖平原地区有代表性的普通铁渗水耕人为土(黄泥土)和普通筒育水耕人为土(乌栅土)作为供试土壤,分别在常熟市谢桥镇明晶村(以下简称谢桥)和常熟市辛庄镇中国科学院常熟农业生态站(以下简称生态站)上进行。两种土壤的基本性状如表 1,其中黄泥土速效肥力较高,乌栅土潜在肥力较高。

1.2 试验设计

田间试验。乌栅土试验设 N1PK、N2PK、N3PK、N4PK、N5PK、N6PK 与 CK 共 7 个处理,其水稻(小麦)氮肥用量分别为 N: 0(0)、180(135)、225(180)、270(225)、315(270)、360(315) kg hm⁻²,磷肥用量为

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1999011802)、中国科学院区域开发前期研究项目(区域 IV-9905)资助

表 1 供试土壤的基本性状

Table 1 Some basic properties of soils used for field experiments

土壤 Soils	pH (H ₂ O)	有机质 O. M g kg ⁻¹	全氮 Total N g kg ⁻¹	全磷 Total P g kg ⁻¹	缓效钾 Slowly release K mg kg ⁻¹	速效氮 Rapidly available N mg kg ⁻¹	速效磷 Rapldly available P mg kg ⁻¹	速效钾 Rapldly available K mg kg ⁻¹	代换量 CEC (cmol kg ⁻¹)
普通铁渗水耕人为土	5.5	27.8	1.81	0.668	226	14.2	6.8	72.1	15.0
普通筒育水耕人为土	7.3	35.0	2.09	0.934	410	12.4	5.0	121.3	17.7

P 26(39) kg hm⁻², 钾肥用量为 K 94 kg hm⁻², CK 为无肥区, 试验重复 4 次, 随机区组排列, 小区面积为 32.5 m²。黄泥土试验不设 N1PK 处理, 其余同乌栅土试验, 试验重复 3 次, 小区面积为 30 m²。肥料运筹: 氮肥(尿素、碳铵)的 50% 作基肥, 20% 作分蘖肥, 30% 作穗肥; 磷肥(过磷酸钙)全部作基肥; 钾肥(氯化钾)50% 作基肥, 50% 作拔节肥。试验从 1998 年 6 月植稻时开始, 为了研究田间条件下氮素的淋洗特点, 于 2000 年 6 月在乌栅土试验小区内埋设了 60 cm 深的渗漏液采集管。

模拟试验: 为了研究化肥在土体中的淋洗情况, 在生态站布置了土壤渗漏模拟试验。试验设 CK、N1P1K1、N2P2K2、N3P3K3、N2P2K2+ S(秸秆)共 5 个处理, 水稻氮、磷、钾与秸秆用量(N-P-K-S)分别为, 0-0-0、225-19.6-74.7、300-26.2-99.6、375-32.7-124.5、300-26.2-99.6-2250 kg hm⁻²; 小麦分别为, 0-0-0、150-26.2-49.8、225-39.3-74.7、300-52.4-99.6、225-39.3-74.7-2250 kg hm⁻²。土壤渗漏仪为长×宽×深(2 m×2 m×1 m)的有底水泥池, 在池中按黄泥土的发生层次填装土壤, 分别在 20 cm、60 cm、80 cm 深的土层中安置 15 cm×10 cm 的渗漏液采集盒, 通过侧向管收集盒中的渗漏液。试验始于 1997 年 6 月植稻。

1.3 供试作物品种

谢桥试验的水稻品种为“武运粳 7 号”、小麦为“苏麦 5 号”; 生态站的试验, 1998 年水稻为“武育粳 5 号”、小麦为“宁麦 8 号”, 1999 年播种时改为与谢桥试验相同的稻麦品种。水稻通常在 6 月中旬插秧, 10 月下旬收获; 小麦通常在 10 月下旬播种, 6 月初收获。

1.4 样品采集与测定方法

水稻试验每个处理选定 3 个 5 穴稻株, 小麦选定 3 块 50 cm×50 cm 地块, 作为苗情、考种的样方; 稻季渗漏液每 15 d 采集 1 次, 从 2001 年起增加了稻季泡田与施肥后的采样频度, 分别在 2、4、6、8、10 d 采集样品, 麦季有渗漏液即采; 所采水样经处理后, 立即分析 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 以及总氮的含量; NH₄⁺-N 分析用靛酚蓝比色法^[7], NO₃⁻-N 分析用紫外分光光度法^[8], 总 N 测定用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法^[9]。

2 结果与讨论

2.1 氮肥用量对水稻生长的影响

2.1.1 氮肥用量对水稻产量的影响 3~4 年的田间试验结果表明(表 2), 水稻高产的氮肥适宜用量是随着产量的增加而增加。对于黄泥土, 1998 年水稻产量在 8500~9000 kg hm⁻² 水平, 以 N270 处理的产量接近最高值, 施氮量超过 N270 处理的, 产量有增有减, 但均没有显著差异; 1999 年由于水稻生长后期多阴雨, 产量在 7000~7200 kg hm⁻² 水平, 虽然仍以 N270 处理的产量最高, 但施氮量超过 N180 后, 水稻产量就没有显著差异; 2000 年产量在 7600~8000 kg hm⁻² 水平, 以 N270 为高产的转折点, 施氮量超过 N225 时, 产量就没有显著差异。由此看来, 黄泥土上水稻氮肥适宜用量在 270 kg hm⁻² 左右。对于乌栅土, 水稻总体产量比黄泥土低, 4 年中有 3 年以 N270 处理产量最高, 其中 1998、2001 年氮肥用量超过 N180 时, 产量增加很少, 因此 N 氮肥适宜用量大致在 N 225~270 kg hm⁻² 范围内。此外, 无肥与无氮处理的产量差异不显著, 表明在 NPK 三要素中, 氮肥对水稻产量的影响最大。

表 2 1998~2001 年田间试验不同施氮水平的水稻产量(kg hm^{-2})

Table 2 Rice yield in field experiments under different rate of N applied from 1998 to 2001

处理 Treat.	普通铁渗水耕人为土 Hydromorphic paddy soil			普通筒育水耕人为土 Gleyed paddy soil			
	1998年	1999年	2000年	1998年	1999年	2000年	2001年
CK	7852 c ¹⁾	4311 b	5810 c	6222 c	3595 d	4092 c	4055 e
N0	—	—	—	6483 c	4117 c	4227 c	4988 d
N180	8478 b	7000 a	7254 b	7926 ab	6319 b	5973 b	6987 ab
N225	8684 b	7178 a	7620 ab	8064 ab	6554 b	6272 b	7089 ab
N270	9051 a	7223 a	7910 a	8288 a	7091 a	6388 ab	7221 a
N315	8786 ab	7000 a	7756 a	7811 b	6728 ab	6413 ab	6795 b
N360	9084 a	7067 a	8044 a	8065 ab	6882 ab	6671 a	6318 c

1) 在同一列内带相同字母的平均值之间无显著差异($P=0.05$, 新复极差测验)

2.1.2 氮肥用量对水稻群体质量的影响 水稻产量是由穗数、每穗粒数与粒重三要素构成的。1997年在乌栅土上的高产施肥试验表明(表3),随着氮肥用量的增加,高峰苗亦增多,但成穗率下降。当施氮量从N225增加到N300时,高峰苗从每 hm^2 334.2万株增加到355.5万株,成穗率则由86.9%下降到84.9%,而当施氮量增加到N338时,成穗率仅为78.2%,施氮量超过N263时有效穗数相差很小;同时,随着氮肥用量的增加,每穗的总颖花数增加了,但是结实颖花数下降了,在4个处理中,以N300处理的结实颖花数最多。由于N300处理的有效穗数与每穗的结实颖花数最为协调,因而产量最高,为10361 kg hm^{-2} ,分别比N225、N263、N338处理增产11.6%、4.4%、2.9%。方差分析表明,氮肥用量超过N263时水稻产量没有显著差异。

表 3 氮肥用量对水稻产量构成的影响

Table 3 Effect of different fertilizer N rate applied on composition of rice ear gain

处 理 Treat ment	高峰苗	成穗数	成穗率	总颖花 Glumes of ear	结实颖花 Grains of ear	结实率 Setting percentage	产 量 Grain yield (kg hm^{-2})
	Maxi. of seeding (10^4 株 hm^{-2})	Amount of earl earing tiller (10^4 穗 hm^{-2})	Percentage of earbearing till (%)				
N225	334.2	290.4	86.9	123.8	117.7	95.1	9162 b ¹⁾
N263	345.6	299.4	86.6	127.7	120.9	94.7	9909 a
N300	355.5	301.7	84.9	134.6	128.1	95.4	10361 a
N338	385.4	301.5	78.2	133.3	126.5	94.9	10064 a

1) 在同一列内带相同字母的平均值之间无显著差异($P=0.05$, 新复极差测验)

2.2 氮肥用量对小麦产量的影响

在不同氮肥用量的处理中,黄泥土的小麦产量,以N225处理的最高,施氮量高于或低于N225的均呈下降趋势,2年的平均产量,N135、N180比N225处理的分别低14%、12%,N270、N315比N225处理的分别低11%与8%。而乌栅土的小麦产量,则以N180处理为高,但不同年份有所差异,1999年氮肥用量超过135 kg hm^{-2} ,2000年施氮量超过180 kg hm^{-2} 时,再增加氮肥用量对小麦产量没有显著的影响(表4);CK与N0处理的小麦产量差异不大,表明小麦产量主要对氮响应。综合两年的试验结果,黄泥土上小麦

的适宜施氮量为 $N225 \text{ kg hm}^{-2}$, 乌栅土上小麦的适宜施氮量为 $N 180 \text{ kg hm}^{-2}$ 。黄泥土的小麦适宜施氮量标准比乌栅土高, 除了两种土壤的肥力特性差异外, 乌栅土地区地下水位高, 小麦易受渍害, 而限制了产量的提高, 也是重要的因素。

表 4 田间试验不同施氮水平的小麦产量(kg hm^{-2})

Table 4 Wheat yield of field experiments under different rate of N applied

处理 Treat ment	普通铁渗水耕人为土 Hydromorphic paddy soil		普通筒育水耕人为土 Gleyed paddy soil	
	1999 年	2000 年	1999 年	2000 年
CK	3768 c ¹⁾	3993 c	1371 b	1310 d
N0	—	—	1671 b	1676 c
N135	5183 b	5258 b	4526 a	4572 b
N180	5265 b	5328 b	4696 a	4944 a
N225	6020 a	6063 a	4451 a	4819 a
N270	5258 b	5472 b	4633 a	4994 a
N315	5391 b	5738 ab	4826 a	4868 a

1) 在同一列内带相同字母的平均值之间无显著差异($P=0.05$, 新复极差测验)

2.3 氮肥用量对地下水的影响

2.3.1 模拟试验渗漏液中氮素动态变化 渗漏液中的氮以 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 为主, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量很低, 仅有个别样次有检出。图 1、图 2 是小麦与水稻生长期内(2000 年 10 月~ 2001 年 10 月)模拟试验 80 cm 深渗漏液中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量变化状况。麦季渗漏液中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量是随着氮肥用量的增加而增加, 从冬季到春季呈增加的趋势(图 1), 各处理的次序是: $N225+S > N300 > N225 > \text{CK}$, 渗漏液的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度范围分别为, CK 处理在 $1.8 \sim 4.3 \text{ mg L}^{-1}$; $N225$ 处理在 $5.4 \sim 21.3 \text{ mg L}^{-1}$, 有 60% 的样次超过标准($\text{NO}_3^- \text{-N} 10 \text{ mg L}^{-1}$); $N300$ 处理在 $11.2 \sim 24.7 \text{ mg L}^{-1}$, 全部超标。

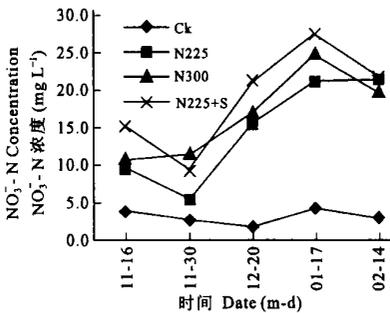


图 1 模拟试验麦季渗漏液中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量变化(2000~ 2001)

Fig. 1 Change of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ content in lysimeter leachate under wheat growing and different rate of N applied in 2000~ 2001

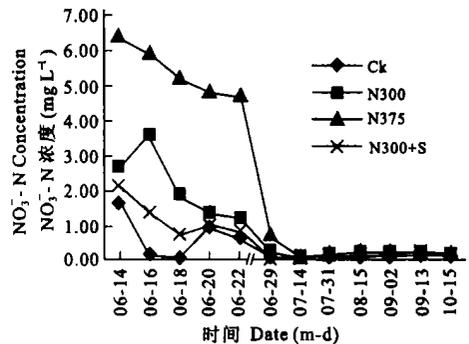


图 2 模拟试验稻季渗漏液中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量变化(2001 年)

Fig. 2 Change of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ content in lysimeter leachate under growing rice and different rate of N applied in 2001

稻季渗漏液 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度变化曲线是随着水稻生长呈下降趋势(图 2), 其浓度远低于麦季, 在淹水植稻初期有一个大约 10 d 左右的急剧淋洗期。其不同施氮处理的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度(以 N 计)次序是: $N375$

(5.4) > N300(2.1) > N300+ S(1.2) > CK(0.7 mg L⁻¹), 大约 15 d 后便降到 0.2 mg L⁻¹ 以下, 并且不同处理之间已趋于一致, 并一直持续到收获。渗漏水的 NH₄⁺-N 含量均低于检测下限。与已报道的试验结果相似^[13], 化肥+ 秸秆处理的渗漏水 NO₃⁻-N 含量比仅施化肥处理的低。

综上所述, 氮素的淋洗以 NO₃⁻-N 为主, 主要发生在麦季与泡田插秧初期, 其含量随着施氮量的增加而增加, 麦季施氮量超过 N 225 kg hm⁻², 有 60% 渗漏水硝酸盐含量超标。

2.3.2 田间试验渗漏水中氮素动态变化 上面讨论了模拟试验渗漏水中 NO₃⁻-N 含量变化情况, 那么在田间条件下硝酸盐淋洗对浅层地下水的影响如何呢? 田间试验区地下水位变动在 60~ 80 cm 之间, 渗漏水采样层受地下水波动影响较大, 在一定程度上反映了地下水的硝酸盐变化状况。2001 年稻田渗漏水 NO₃⁻-N 含量动态变化如图 3 所示, 与模拟试验相似, 淹水泡田后有一个氮素迅速淋洗期, 持续大约 1 周, 渗漏水 NO₃⁻-N 浓度从 2 mg L⁻¹ 下降到 0.2 mg L⁻¹ 以下, 后再略有上升, 并一直延续到水稻收获, 但浓度比模拟试验低, 且不同处理之间差异小。麦季不同施氮水平的渗漏水 NO₃⁻-N 含量差异较大(图 4), 其含量范围分别为, N180 处理, 0.4~ 3.9 mg L⁻¹, 平均 1.7 mg L⁻¹; N270 处理 1.9~ 9.5 mg L⁻¹, 平均 4.3 mg L⁻¹, 有 20% 的样次接近污染标准; N315 处理 2.4~ 11.0 mg L⁻¹, 平均 5.9 mg L⁻¹, 有 20% 的样次接近污染标准, 20% 的样次超过标准。

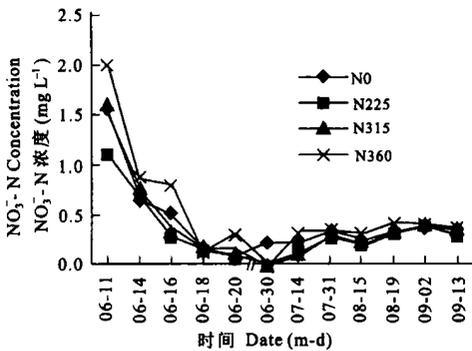


图3 田间试验稻田渗漏水中 NO₃⁻-N 含量变化(2001)

Fig. 3 Change of NO₃⁻-N content in leachate of rice field under different rate of N applied in 2001

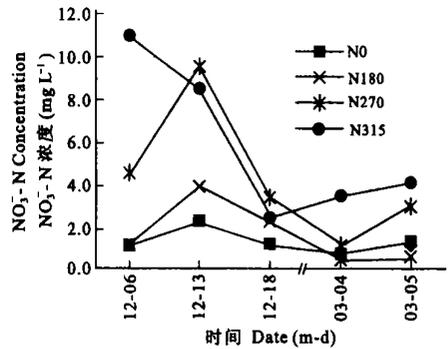


图4 田间试验麦田渗漏水中 NO₃⁻-N 含量变化(2001~ 2002)

Fig. 4 Change of NO₃⁻-N content in leachate of wheat field under different N rate applied in 2001~ 2002

由此看来, 麦季与稻季淹水泡田初期氮素淋洗是明显的, 虽然稻季渗漏水硝酸盐的浓度没有超标, 每 hm² 施用 N 270 kg 的麦田也仅有 20% 的地下水接近 NO₃⁻-N 10 mg L⁻¹ 的标准, 但是高浓度硝酸盐的渗漏水淋洗, 势必对浅层地下水构成潜在的威胁。Owens 等研究表明^[14], 每 hm⁻² 施 N 168 kg 的牧草地, 在开始的 3 年内地下水硝酸盐增加很慢, 随着试验时间的延长, 地下水中的硝酸盐增加较快。

2.4 稻麦高产的氮肥适宜用量

确定稻麦适宜施肥量需要综合考虑生产、经济与环境三方面的效益。我国人多地少, 保证粮食高产, 满足人口不断增长对粮食的需求是首要目标; 其次, 投肥要经济有效与资源高效利用; 再者, 要减少施肥对环境的污染。

表 5 是 1998~ 2001 年稻麦的平均产量, 结果表明, 随着氮肥用量的增加, 作物产量在增加, 而边际产量在下降。黄泥土的水稻产量以 N270 处理最高, 边际产量则以 N225 处理为高(N180/135 边际产量是与对照相比的, 因而最高), 而小麦产量与边际产量均以 N225 处理为高; 乌栅土的水稻以 N270、小麦以 N180 的产量与边际产量均最高。田间试验结果表明(图 4), 小麦施氮量超过 N225 kg hm⁻², 浅层地下水出现 NO₃⁻-N 含量超标的样次, 水稻在氮肥用量范围内似乎没有大的影响, 但是随着氮肥用量的增加, 氮素淋洗量上升。同时, 依照联合国粮农组织的肥料“产/投”比应大于 2 作为是否投肥的标准, 目前肥料

氮的价格为 $N 3.8 \text{ 元 kg}^{-1}$, 水稻的价格为 1.4 元 kg^{-1} , 小麦的价格为 1.0 元 kg^{-1} , 即投入每 kg 氮肥应增产水稻 5.4 kg 以上, 小麦 7.6 kg 以上。因此, 综合产量、环境与投肥的经济效应, 在太湖地区的两种土壤上, 水稻产量在 $7000 \sim 8100 \text{ kg hm}^{-2}$ 的水平, N 肥适宜用量为 $225 \sim 270 \text{ kg hm}^{-2}$, 小麦 N 肥适宜用量, 黄泥土为 225 kg hm^{-2} , 乌栅土为 180 kg hm^{-2} 。

表 5 田间试验不同氮肥用量的稻麦产量与边际产量

Table 5 Yield of rice and wheat and the ratio of grain increased to N applied under different N rate in field experiments

处理 ¹⁾ Treatment	普通铁渗水耕人为土 Hydromorphic paddy soil				普通筒育水耕人为土 Gleyed paddy soil			
	水稻产量 (kg hm^{-2})	边际产量 (N kg kg^{-1})	小麦产量 (kg hm^{-2})	边际产量 (N kg kg^{-1})	水稻产量 (kg hm^{-2})	边际产量 (N kg kg^{-1})	小麦产量 (kg hm^{-2})	边际产量 (N kg kg^{-1})
CK	5991	—	3881	—	4954	—	1674	—
N180/135	7577	8.8	5221	9.9	6801	10.3	4549	21.3
N225/180	7827	5.6	5297	1.7	6995	4.3	4820	6.0
N270/225	8061	5.2	6042	16.6	7247	5.6	4635	-4.1
N315/270	7847	-4.8	5365	-15.0	6937	-6.9	4814	4.0
N360/315	8065	4.8	5565	4.4	6984	1.0	4847	0.7

1) “—”线上的数字是水稻氮肥用量, 线下的数字是小麦氮肥用量

近 20 年来, 太湖地区氮肥用量在不断增加, 究其原因: 一是产量有了很大提高, 80 年代初, 水稻与小麦产量分别为 6235 kg hm^{-2} 、 3776 kg hm^{-2} , 相应的氮肥用量为 $N 82.5 \sim 142.5 \text{ kg hm}^{-2}$ 、 $97.5 \sim 172.5 \text{ kg hm}^{-2}$ ^[4-6], 而本研究稻麦产量比前者分别高 40.0% 与 29.8%; 二是水稻栽培上强调分蘖成穗, 因而需要重施氮肥以促进分蘖。90 年代中期水稻产量在 $7380 \sim 7549 \text{ kg hm}^{-2}$, 相应氮肥用量为 $N 222 \sim 261 \text{ kg hm}^{-2}$ ^[12, B1], 与本试验结果基本相近。

参考文献

1. 张国良, 章申. 农田氮素淋失研究进展. 土壤, 1998, (6): 291~296
2. 赵其国. 土壤与环境问题国际研究概况及其发展趋向—参加第 16 届国际土壤学会专题综述. 土壤, 1998, (6): 281~310
3. 马立珊, 钱敏仁. 太湖流域水环境硝态氮和亚硝态氮污染的研究. 环境科学, 1987, 8(2): 60~65
4. 万传斌, 尤德敏, 潘遵谱. 苏州地区氮素化肥合理施用技术研究 III. 小麦氮肥的用量和用法. 江苏农业科学, 1982, (7): 1~6
5. 潘遵谱, 许文元, 万传斌. 太湖地区氮素化肥合理施用技术研究 VII. 单季晚稻氮肥肥效和适宜用量. 江苏农业科学, 1984, (12): 1~4
6. 张绍林, 朱兆良, 徐银华. 关于太湖地区稻麦上氮肥适宜用量. 土壤, 1988, 20(1): 5~9
7. 刘光松主编. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996. 34~35
8. 易小琳, 李西开, 韩琅丰. 紫外分光光度法测定硝态氮. 土壤通报, 1983, 6: 35~40
9. 钱君龙, 府灵敏. 用过硫酸盐氧化法同时测定水中的总氮和总磷. 环境科学, 1987, 8(1): 9~14
10. 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥作物的产量和土壤肥力变化. 见: 林葆等主编. 全国化肥试验网论文汇编. 中国农业出版社, 1996, 1~12
11. 李伟波, 吴留松, 廖海秋. 太湖地区高产稻田的氮肥施用与作物吸收利用研究. 土壤学报, 1997, 34(1): 61~73
12. 崔玉亭, 程序, 韩纯儒, 等. 苏南太湖流域水稻氮肥利用率及氮肥淋洗量的研究. 中国农业大学学报, 1998, 3(5): 51~54
13. 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
14. Owens L B, Edwards W M, Van Keuren R W. Nitrate levels in shallow groundwater under pastures receiving ammonium nitrate

or slow release nitrogen fertilizer. J. Environ. Quality, 1992, 21: 607~ 613

OPTIMUM NITROGEN RATE FOR A HIGH PRODUCTIVE RICE-WHEAT SYSTEM AND ITS IMPACT ON THE GROUNDWATER IN THE TAIHU LAKE AREA

Wang De-jian Lin Jing-hui Sun Rui-juan Xia Li-zhong Lian Gang
(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Summary

To aim the problem of nitrogen fertilizer overused to cause lower efficiency of fertilizer-N utilization and environment pollution, the field and lysimeter experiments under different amount of fertilizer-N applied were conducted in the Taihu lake area to seek the optimum nitrogen rate for a high productive rice-wheat system and reducing nitrate leaching. The preliminary results showed fertilizer-N rate used increased with yield of rice & wheat. Optimum rates of fertilizer-N ranged from 225 to 270 and 180 to 225 N kg hm^{-2} for rice and wheat in the two main paddy soils, respectively. With both high percentage of earbearing tiller and setting percentage, yields of rice & wheat were higher at optimum rate of fertilizer-N used than at other treatments. Nitrogen was leached away from field mainly in the form of NO_3^- -N, not NH_4^+ -N, and it occurred in the season of growing wheat and the early stage of rice pouding and transplanting. Nitrate-N concentrations in the leachate increased gradually with the increasing of fertilizer N applications. Which in the lysimeter leachate ranged from 5.4 to 21.3 mg L^{-1} from the field receiving 225 kg hm^{-2} , with 60% leachate being over the standard of 10 mg L^{-1} NO_3^- -N standard and in groundwater ranged from 1.9 to 11.0 mg L^{-1} from the fields receiving 270 to 315 N kg hm^{-2} , with 20% samples being nearly and 10% over the standard, respectively. Although NO_3^- -N levels in groundwater from fertilized fields are usually well below the standard, cumulating of high NO_3^- -N leachate will be a potential risk of water contamination in Taihu Lake area.

Key words Taihu Lake area, Rice-wheat system, Optimum nitrogen rate, NO_3^- -N leaching