植物营养与肥料学报 2000,6(3):243～250
Plant Nutrition and Fertilizer Science

稻麦轮作条件下长期不同土壤管理对供氮能力的影响

高亚军[1], 黄东迈[1], 朱培立[1], 王志明[1], 李生秀[2]
(1. 江苏农业科学院土壤肥料研究所,江苏南京 210014;2. 西北农林科技大学资源与环境科学系,陕西杨陵 712100)

摘要:通过种植了25季的长期定位试验研究了稻麦轮作条件下不同土壤耕作方式和培肥制度对土壤供氮能力的影响。结果表明,不论免耕还是耕翻,0～5cm土壤的氮素释放均较持久,5～15cm土壤的氮素释放耕翻较免耕持久。休闲的0～5cm土壤在免耕条件下其氮素矿化势和短期矿化氮量均远远高于耕翻,5～15cm和15～30cm土壤在免耕和耕翻间则相差不大。施肥的3个处理0～5cm土壤氮素矿化势和短期矿化氮量有免耕高于耕翻的趋势,而5～15cm土层免耕明显低于耕翻,15～30cm土壤免耕与耕翻没有差异。有机肥与化肥配施的免耕与耕翻土壤中25季作物吸氮量几乎无差异,不施肥和单施化肥处理的免耕土壤中作物吸氮量低于耕翻土壤。免耕条件下,有机肥配施化肥土壤的供氮能力仅低于休闲土壤,不施肥土壤最低;耕翻条件下,有机肥配施化肥土壤的供氮能力最高。各培肥处理间的差异主要表现在0～5cm土层。

关键词:稻麦轮作;耕作方式;培肥制度;供氮能力
中图分类号:S157.4;S147.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2000)03-0243-08

水旱轮作造成了一个特殊的土壤环境,在此条件下,如何将水旱作物不同的生长要求通过新的耕作施肥措施加以协调,达到持续增产,是我国南方水旱轮作地区的一个重要问题[1]。免少耕法被认为是一项省工、省时、耗能少的耕作措施,关于旱地作物实行免耕法的研究国内外报道较多,而水旱轮作条件下免少耕的研究国外鲜有报道,国内约在70年代末开始从事这方面研究,并作了一些工作[2~10];在水田或旱地长期施用不同肥料对土壤培肥效果的研究历史更悠久[11~14],但结合免少耕研究水旱轮作条件下长期施肥对土壤肥力,尤其是土壤供氮能力的影响,在这方面的研究报道甚少。为此,通过种植了25季的稻麦轮作定位试验对此问题做了探讨。

1 材料与方法

1.1 供试土壤与作物

供试土壤为长江冲积母质发育的灰潮土,耕层(0～15cm)有机质含量19.7g/kg,全氮1.28g/kg,速效磷(P)9.1mg/kg,非交换性钾(K)422mg/kg,交换钾(K)58mg/kg,pH 8.09;粘土矿物以水云母为主,还有一些绿泥石、高岭石等,其中小于2μm的土壤颗粒占68g/kg,2～10μm颗粒占114g/kg,10～50μm颗粒占

收稿日期:1999-06-10
基金项目:国家自然科学基金重点项目(39430090);国家自然科学基金项目(33880527)资助。
作者简介:高亚军(1968—),男,西北农林科技大学博士研究生,主要从事土壤-植物系统中氮素行为及旱地水肥管理研究,现在西北农林科技大学工作。

637g/kg, 50～100μm 颗粒占 91g/kg (土样用量为 500g)。

供试作物为水稻和小麦,均选用当地主导品种,水稻为早单八,小麦为杨麦五号。

1.2 田间试验

田间长期定位试验为江苏农科院土肥所于 1983 年布设在张家港市鹿苑镇。

试验设免耕(NT)和常规耕翻(CT)两种耕作方式和 对照(不施任何肥料,CK)、单施化肥(CF)、猪粪与化肥配施(PM)、秸秆与化肥配施(CS)和常年休闲(F)等 5 种培肥制度,完全组合共 10 个处理,重复 3 次,随机排列,小区面积为 33.3 m^2。常规耕翻指每季作物播前将土壤耕翻一遍(一般耕深达 15cm),基肥及作物残茬耕翻入土中, 作物收获后只留低茬而将秸秆其余部分移走。免耕操作为播前只作表层(不深于 5cm)的旋耕灭茬,而不进行耕翻,肥料表施。休闲小区常年不施任何肥料,也不种任何作物,保持天然杂草植被,免耕休闲区每季杂草收后铺盖于地表,耕翻休闲区杂草在耕翻时一并埋入土壤耕层。各施肥处理养分总投入量见表 1。

定位试验开始于 1983 年 6 月,1995 年 10 月结束,共种植 13 季水稻、12 季小麦。每年 10 月下旬种植小麦,6 月上旬收获;6 月下旬种植水稻,10 月上旬收获。每季作物分小区计产(子粒产量和秆茎产量),并采集小麦及水稻子粒和茎秆样品;1995 年采集休闲区杂草地上部样品,烘干后用以测定其养分含量。1995 年 10 月水稻收获后,每个处理分 0～5、5～15 和 15～30cm 3 个层次的多小区、多点混合土壤样品,经风干后磨细,分别过 2mm、1mm 和 0.25mm 筛供分析用。

表 1 各处理 12 年总施肥量(kg/hm^2)

Table 1 Total amount of fertilizers applied in each treatment during 12 years of cropping

处 理 Treatment	单施化肥 CF	猪粪+化肥 PM	秸秆+化肥 CS
N	4856	5241(33.9%)	4607(12.1%)
P_2O_5	1500	4649(68.0%)	1875(13.0%)
K_2O	3645	5177(29.6%)	4589(20.5%)

注:括号中为有机态养分所占的比例

Note: Figures in brackets is the percentage of the amount of organic nutrients in total nutrients input

1.3 测定项目及分析方法

土壤可矿化氮测定:

淹水密闭培养法 淹水培养法被认为是研究稻田土壤氮素矿化过程的一个可行的方法[15,17~19],即风干土加水(水层深 3～4cm)使其处于厌气条件,密闭后置于 30℃ 培养 1 周、2 周、3 周、5 周、8 周、12 周和 18 周,然后用 KCl 浸取其矿化产生的铵态氮,蒸馏滴定[15]; 用此 NH_4^+-N 量,减去未培养土壤中的矿质氮量,即得到不同时间内土壤氮的净矿化量。矿化势 N_0 的计算可以按照 Stanford-Smith 介绍的原理方法进行[20],但应首先检验累积矿化氮量与培养时间的相关性[15]。本试验中所用的土样共 30 个,其中 10 个为 15～30cm 的下层土壤,它们的全氮含量很低,用淹水密闭培养法测定时,净矿化氮量很少,甚至出现负值,而且不同时间内的净矿化氮量没有明显差异,显然其矿化模式不会符合一级动力学方程,因此研究土壤矿化过程时没有考虑 15～30cm 土层。

好气培养法 将风干土样加水使其含水量达到田间持水量的 65 %左右,于 30 ℃ 恒温条件下好气培养 10d,用 0.5mol·L^{-1} K_2SO_4 溶液(液土比 4:1)浸取矿化出来的氮素,蒸馏滴定。

植物体含氮量测定:混合催化剂-蒸馏法[16]。

2　试验结果

2.1　淹水条件下土壤氮素的释放

不同处理的土壤矿化氮随培养时间的释放情况如图 1。休闲与不施肥处理的免耕 0～5cm 土壤矿化氮量自始至终均高于相应的耕翻 0～5cm 土壤，而单施化肥及有机肥料与化肥配施的处理，免耕与耕翻 0～5cm 土壤矿化氮量无十分明显差异；而 5～15cm 土层，休闲与对照处理的免耕土壤矿化氮量与耕翻没有差别；单施化肥及有机无机配合的耕翻土壤矿化氮量一直高于免耕土壤。可见施肥有助于减小两种耕作方式下土壤表层的供氮差异，提高了耕翻土壤下层的供氮强度。不论是免耕还是耕翻，各培肥处理 0～5cm 土壤的有机氮在 18 周内一直在矿化，这对水稻整个生育期间的氮素供应无疑具有非常重要的作用。免耕 5～15cm 除猪粪＋化肥处理土壤的矿化氮量随时间的延长始终有较明显的增加外，其它培肥处理的氮素矿化量在后期都没有太大的变化，这主要与猪粪＋化肥处理中的有机肥比例很高有关(表 1)；而耕翻 5～15cm 各培肥处理土壤的氮矿化量随培养时间的增长均有较显著的增加，表明该层土壤将对水稻生长后期的供氮具有比较重要的作用。

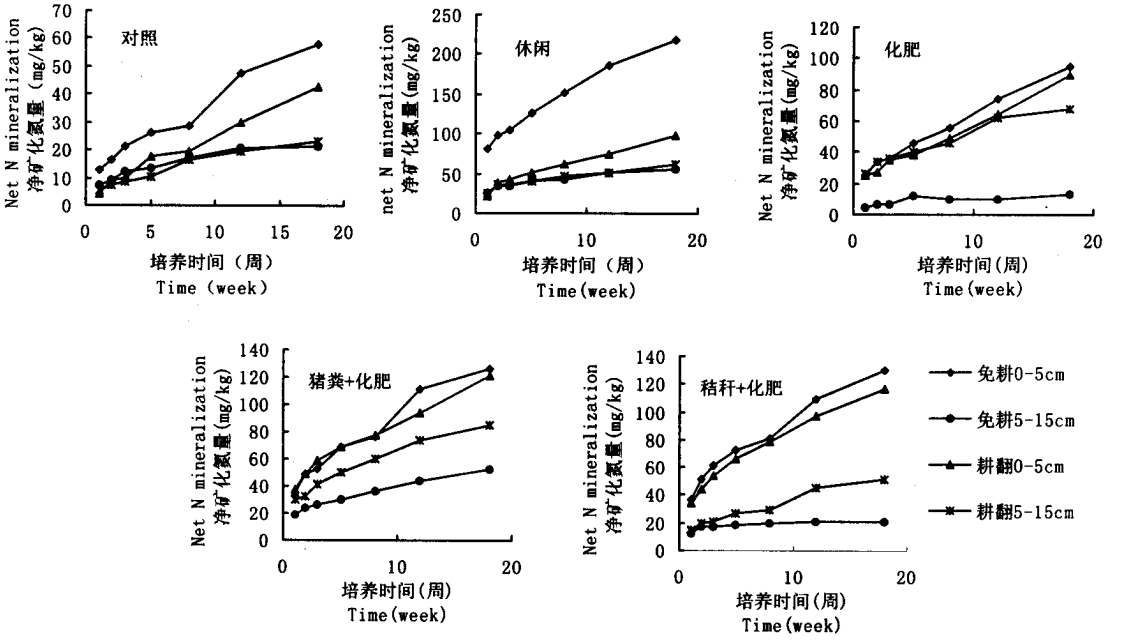


图 1　土壤氮素矿化进程

Fig.1　Time-dependent mineralization of soil nitrogen

2.2　土壤短期内的矿化氮量

土壤短期培养的矿化氮量也可作为土壤氮素有效性的一个指标[19,21～23]。因此，我们将

淹水培养14d的土壤矿化氮量(包括土壤起始矿质氮量)与好气培养10d的矿化氮量(包括土壤起始矿质氮量)比较不同处理的土壤在淹水和非淹水条件下的供氮状况(表2)。

表2表明,不论是好气还是厌气环境,休闲土壤0～5cm的矿化氮量均表现为免耕显著高于耕翻,不施肥土壤0～5cm也呈免耕高于耕翻的趋势;施肥的3个处理免耕与耕翻则无明显差异。5～15cm土层在淹水培养中免耕的矿化氮量低于耕翻,在好气培养中两种耕作方式下的矿化氮量没有显著不同。在好气和厌气条件下,15～30cm土壤的矿化氮量免耕与耕翻亦无差异。在淹水培养中,有机肥+化肥处理土壤矿化氮量高于单施化肥处理,不施肥土壤矿化氮量最低;休闲土壤在免耕条件下矿化氮量显著高于其它任何处理,而在耕翻条件下矿化氮量只与单施化肥处理相当。在通气培养中,无论是免耕还是耕翻,休闲土壤的矿化氮量均远高于其它处理,有机肥与化肥配施的土壤其矿化氮量只在表层略高于单施化肥和不施肥处理。

表2 土壤短期矿化氮量(mg/kg)

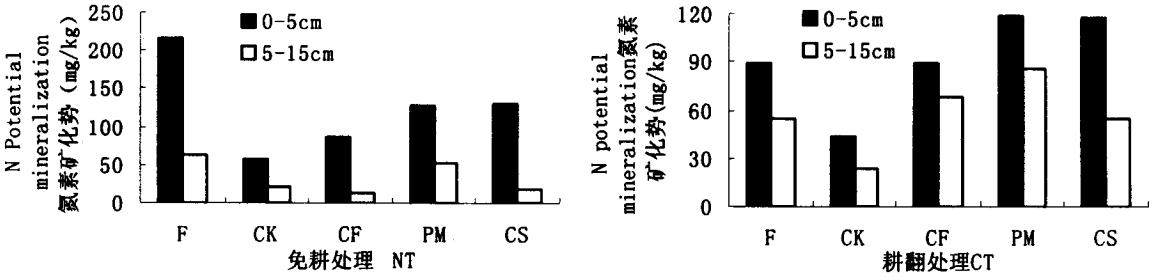
Table 2 Nitrogen released in short period

耕作方式 Tillage	土层(cm) Soil depth	休闲 F	对照 CK	化肥 CF	猪粪+化肥 PM	秸秆+化肥 CS
		淹水培养14 d矿化氮量 N released by anaerobic incubation in 14 days				
免耕 NT	0～5	119.7	31.5	53.7	68.2	73.9
	5～15	38.5	17.3	17.6	31.9	29.2
	15～30	10.0	8.3	7.3	8.3	8.2
耕翻 CT	0～5	51.7	29.3	51.3	72.9	75.0
	5～15	41.8	21.2	46.5	47.9	34.1
	15～30	11.3	5.8	9.9	12.7	7.7
		好气培养10d矿化氮量 N released by aerobic incubation in 10 days				
免耕 NT	0～5	63.4	7.9	5.3	7.2	9.7
	5～15	10.3	6.3	5.5	5.0	4.9
	15～30	5.9	6.8	5.4	4.9	3.9
耕翻 CT	0～5	24.0	3.9	6.5	7.3	10.7
	5～15	9.0	6.5	4.1	8.0	3.7
	15～30	6.1	6.3	3.1	3.9	6.8

2.3 氮素矿化势和矿化速率常数

20个土壤累积矿化氮量的倒数1/N与培养时间(周数)的倒数1/T相关性极好,累积矿化氮量N与培养时间的平方根$T^{1/2}$也呈显著的线性相关,因此可以根据一级动力学方程的积分公式:$\log(N_O - N) = \log N_O - k\ T/2.303$(k:矿化速率常数)与经验公式$1/Nt = 1/No + b/T$(b:斜率)来求可矿化氮$N_O$值[21],即土壤氮素的矿化势,结果见图2。

图2看出,免耕土壤0～5cm的氮素矿化势均高于耕翻,其中以休闲处理的差异最为显著,不施肥处理次之,施肥处理的差异并不特别明显;5～15cm土层,休闲的免耕土壤仍高于



(F：休闲；CK：不施肥；CF：化肥；PM：猪粪＋化肥；CS：秸秆＋化肥)

(F：fallow；CK：no fertilizer；CF：chemical fertilizer；PM：pig manure＋chemical fertilizer；CS：crop straw＋chemical fertilizer)

图 2　土壤氮素矿化势(No)

Fig.2　Nitrogen mineralization potential of soil

耕翻，耕种的土壤都是免耕低于耕翻。说明长期休闲的土壤在免耕状态下其供氮量要比经常耕翻的土壤高，连年种植作物的免耕土壤其矿化势表现为表层稍比耕翻大而下层比耕翻小，整个耕层土壤则二者无显著差异。余晓鹤等[6]也有类似的报道；Carter[7]用 Stanford 的通气培养法测出的旱地土壤氮矿化势同样反映了在免耕与耕翻条件下土壤供氮能力的这一特点。需要注意的是，虽然免耕土壤表层具有较多的潜在可矿化氮，但在大田条件下，可能由于缺乏物理性扰动和地温较低而实际的矿化氮较少[24]。

免耕条件下，有机肥配施化肥土壤 N_O 仅次于休闲土壤，不施肥土壤 N_O 值最低，无机肥土壤 N_O 低于有机肥配施化肥土壤。耕翻条件下，有机肥配施化肥土壤拥有最大的氮矿化势。朱培立等[15]通过^{15}N研究也发现，施用桂麻的土壤氮矿化势两年内均比施硫铵的高，而且土壤中的残留桂麻氮矿化势亦高于残留硫铵氮；台湾的长期定位试验也有类似的结果[13]。看来，有机肥对土壤供氮能力的提高具有非常重要的作用。

矿化速率常数 k 的意义是单位时间内的矿化氮量占土壤总可矿化氮量的比例。本研究中，用回归方法求得的土壤氮矿化速率常数 k 在 0.0835～0.2355 周$^{-1}$之间，平均 0.1426±0.0409 周$^{-1}$，即土壤氮素平均以每周 14%的速率进行矿化(表 3)。耕翻的表层(0～5cm)土壤的氮矿化速率常数都低于 5～15cm 土壤，而氮矿化势正好相反，表明耕翻土壤 5～15cm 的可矿化氮比 0～5cm 少但释放却比较快；免耕土壤这样的趋势不很明显。除休闲处理外，其它处理免耕表层土壤(0～5cm)的 k 值呈大于耕翻的趋势；与耕翻相比，免耕土壤剖面通常有较多的水分[8]，因而其中兼性嫌气微生物十分活跃[25]，所以在淹水条件下，免耕土壤的氮素矿化要比耕翻土壤快。不施肥土壤氮的矿化速率常数相对较低，可能与其碳、氮含量低，微生物数量少有关。

2.4　作物吸氮量

作物的吸 N 量可以更好地反映不同土壤管理条件下土壤的 N 素供应状况。朱培立[26]和刘世平[27]研究表明，连续实行免耕的土壤上，不论施不施氮肥，水稻的吸氮量均低于耕翻。

表 3 土壤氮素矿化速率常数 k(周$^{-1}$)

Table 3 Soil N mineralization rate constants(k: week^{-1})

耕作方式 Tillage	土层(cm) Soil depth	休闲 F	对照 CK	化肥 CF	猪粪+化肥 PM	秸秆+化肥 CS
免耕	0～5	0.1308	0.1190	0.1567	0.1460	0.1215
NT	5～15	0.0984	0.2355	0.2106	0.1142	0.2064
耕翻	0～5	0.1333	0.0931	0.0835	0.1009	0.1258
CT	5～15	0.1849	0.1430	0.1646	0.1377	0.1453

本研究结果表明,长期免耕与耕翻条件下作物吸氮量的差异因施肥的不同而不同。不施肥处理和施化肥处理 25 季作物总吸氮量呈免耕低于耕翻的趋势,即不施肥处理免耕比耕翻吸氮量低 7.6%(免耕吸氮量为 1274.2kg/hm^2,耕翻吸氮量为 1379.6kg/hm^2),施化肥处理免耕比耕翻吸氮量低 7.9%(免耕吸氮量为 2424.0kg/hm^2,耕翻吸氮量为 2631.6kg/hm^2);而有机肥+化肥处理免耕与耕翻几乎没有差异,猪粪+化肥处理免耕比耕翻吸氮量高 0.5%(免耕吸氮量为 2474.5kg/hm^2,耕翻吸氮量为 2462.9kg/hm^2),秸秆+化肥处理免耕比耕翻吸氮量低 1.2%(免耕吸氮量为 2574.3kg/hm^2,耕翻吸氮量为 2606.8kg/hm^2)。这表明长期配施有机肥有利于减小免耕与耕翻两种耕作制度下土壤供氮能力的差异。在施肥的 3 个处理中,秸秆与化肥配施的土壤总施氮量最低(4607kg/hm^2),但作物总吸氮量却最高,而且土壤中现有的氮素水平也并不比猪粪与化肥配施的土壤低;猪粪与化肥配施的土壤氮肥总投入量最高 (5241kg/hm^2),而作物吸氮量却低于秸秆+化肥处理,这可能主要与猪粪+化肥处理中无机氮的比例相对较小有关。

3 讨论

不论是潜在可矿化氮含量还是短期矿化氮量,免耕休闲处理 0～5cm 土壤的均远高于其它处理,这表明在杂草植被下农田土壤的氮素肥力经过长期积累可达到很高的水平。而常年种植作物,对土壤养分的大量携出势必造成土壤肥力下降,此时即使连续投入数量可观的肥料也很难维持自然生态条件下的水平。耕翻休闲处理的氮素矿化势只及免耕休闲的 40.7%,表明土壤频繁的扰动会造成土壤氮素的大量无谓消耗。

免耕法在旱地的应用由来已久,国内自 70 年代后期有了在稻麦轮作条件下短期研究免耕法的报道。连续实行免耕后土壤肥力最明显的变化就是养分在土壤表层的富集,这一分布特点是否最终对土壤的供肥能力产生影响一直是大家关心的问题。就氮素而言,从本研究中种植作物的土壤耕层氮素矿化势、矿化氮量和淹水条件下氮素释放情况并不能看出免耕和耕翻土壤供氮能力的明显差异。25 季作物的总吸氮量却给了一个明确的信息:长期不施肥或单施矿质肥料时免耕土壤的供氮能力要差于耕翻土壤,这与刘世平和朱培立[26,27]在稻田的研究结果相吻合。然而,在连续施用有机肥和化肥的条件下,免耕与耕翻土壤供氮能力的差异基本消失。这可能给我们一点启示,即长期实行免耕时要保持与耕翻状态时相当的产量应该重视土壤培肥,特别是有机肥的施用。

免耕条件下,有机肥配施化肥土壤的供氮能力仅次于休闲土壤,耕翻条件下,有机肥配

施化肥土壤的供氮能力最高。这表明有机肥对提高土壤的供氮能力的确具有非常重要的作用。

参考文献：

[1] 张同树，等. 我国富水区域水旱轮作与农业持续发展[J]. 农业技术经济，1998，(2)：52-54.

[2] 赵诚斋，周正庆，董百舒. 苏南地区水稻土的合理耕作的研究[J]. 土壤学报，1981，18：223-233.

[3] 董百舒，贡伯兴，朱宗武. 江苏少、免耕种麦的研究[J]. 中国农业科学，1981，20(1)：46-52.

[4] Huang Dongmai and Zhu Peili. The soil fertility of no-tillage rice-based cropping systems in southern China. IBSRAM Monograph, 1991, 2: 365-375(Printed in Thailand).

[5] Blevins R L et al., Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn[J]. Agron. J., 1977, 69: 383-386.

[6] 余晓鹤，朱培立，黄东迈. 土壤表层管理对稻田土壤 N 矿化势、固 N 强度及铵态 N 的影响[J]. 中国农业科学，1991，24：73-79.

[7] Carter M R, Rennie D A. Changes in soil quality under zero-tillage farming system: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials[J]. Can. J. Soil. Sci., 1982, 62: 587-597.

[8] Blevins R L, Cook D, Phillips S H et al. Influence of no-tillage on soil moisture[J]. Agron. J., 1971, 63: 593-596.

[9] Dowdel R J, Cannell R Q. Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content[J] J. of Soil Sci., 1975, 26: 53-61.

[10] Rice C W, Smith M S. Denitrification in no-tilled and plowed soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1982, 46: 1168-1173.

[11] 林葆. 我国肥料长期试验的主要结果和展望[A]. 中国农业资源与环境持续发展的探讨论文集[C]. 沈阳：辽宁科学技术出版社，1988. 117-120.

[12] 沈善敏. 国外的长期肥料试验(二)[J]. 土壤通报，1984，15(2)：134-138.

[13] 林家芬，李子纯，张爱华，等. 长期连用同样肥料对于土壤化学性质与稻谷数量之影响[J]. J. Taiwan Agri. Res., 1973, 22: 241-262.

[14] Suzuki M. 连续 60 年施用有机或无机肥对水田土壤肥力和水稻产量的影响[J]. 土壤学进展，1993，21：30-32.

[15] 朱培立，黄东迈. 土壤中残留氮矿化势研究[J]. 江苏农业科学，1983，(11)：1-6.

[16] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[J]. 北京：科学出版社，1983.

[17] 蔡贵信，等. 测定稻田土壤氮素矿化过程的淹水密闭培养法的条件试验[J]. 土壤，1979，(6)：234-240.

[18] 沈振国、史瑞和. 水田土壤氮矿化势的研究[J]. 土壤通报，1990，21(6)：250-252.

[19] Keeney D R and Bremner J M. Comparison and evaluation of lab methods of obtaining an index of soil N availability[J]. Agron. J., 1966, 58: 498-503.

[20] Stanford G and Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soils[J]. Siol Sci. Soc. Am. J., 1972, 36: 465-472.

[21] Geist J M. Nitrogen response relationships of some volcanic soils[J]. Soil Sci. Soc. of Am. J., 1977, 41: 996-1000.

[22] 胡田田，李生秀. 土壤供氮能力的研究. Ⅱ. 几种测 N 方法的测定值与作物吸氮量的关系[J]. 干旱地区农业研究，1993，11(增刊)：62-67.

[23] Powers R F. Mineralizable soil nitrogen as an index of nitrogen availability to forest trees[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980, 44: 1314-1320.

[24] Van Veen J A and Paul E A. Organic carbon dynamics in grassland soils. I. Background information and computer simulation[J]. Can. J. Soil Sci., 1981, 61: 185-201.

[25] Doran J W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980, 44: 765-771.

[26] 朱培立，等. 稻田土壤表层管理对氮素利用和产量的影响[J]. 土壤，1991，(6)：291-295.

[27] 刘世平，等. 长期少免耕土壤供肥特征与水稻吸肥规律的研究[J]. 土壤通报，1996，(3)：133-135.

Long-term impact of different soil management on nitrogen supplying potential in rice-based cropping system

GAO Ya-jun[1], HUANG Dong-mai[1], ZHU Pei-li[1], WANG Zhi-ming[1], LI Sheng-xiu[2]

(1. *Soil and Fertilizer Inst.*, *Jiangsu AAS*, *Nanjing* 210014; 2. *Dept. of Resou. and Envir. Sci.*, *Northwestern AU*, *Yangling* 712100)

Abstract: A long-term experiment was conducted to investigate the impact of different tillage and fertilization on the N mineralization potential of soils in rice-based cropping system. The results showed that the nitrogen release potential in both of tilled and no-tilled soils at the depth of 0 to 5cm was relatively lasting. The nitrogen release potential of tilled soils at the depth of 5 to 15cm revealed greater than no-tilled soils. Fallowed soils at the depth of 0 to 5cm had remarkable higher No and N mineralized in short period (N_m) in no-tilled soils (NT) than tilled soils (CT). But no evident differences of No and N_m in soils at the depth of 5 to 15cm and 15 to 30cm between these two tillage methods were found . There was a trend that No and N_m in soils of treatments CF (only chemical fertilizer), PM (pig manure + chemical fertilizer) and CS (crop straw + chemical fertilizer) were higher under NT than under CT. No and N_m in no-tilled soils at the depth of 15 to 30cm were greater than tilled soils. While the No and N_m between no-tilled and tilled soils at the depth of 15 to 30cm did not differ significantly. N uptake by 25 crops in PM and CS treatments under NT was almost the same as that under CT, but in CK (no fertilizer) and CF treatments N uptake for NT was less than for CT. Under no tillage system, No and N_m in soils with combined fertilization (PM and CS) kept higher than CF and CK treatments while CK treatment was the lowest one, however, under fallow condition, No and N_m in soils normally showed very high; under tilled system , No and N_m for PM and CS were the highest among the all fertilization treatments. These differences mainly existed in the soils of the depth of 0 to 5cm.

Key words: rice-based cropping system; tillage methods; fertilization; N mineralization potential