

## 添加无机氮磷与有机肥对土壤有机氮矿化的影响\*

刘晓宏

郝明德

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州 730000) (中国科学院水利部水土保持研究所 杨陵 712100)

**摘要** 研究分析黄土高原农家厩肥(有机肥)矿化量曲线表明,有机肥中有机氮对土壤供N能力仅在施用初期有一定效果,但其对土壤有效氮的贡献并不大。加入无机氮磷和有机肥后如除去带入的有效氮素,对土壤原有的有机氮分解无促进作用,且矿化量还有一定程度的减少。加入N、P肥后,仅粮草3年轮作处理矿化量有所增加,为+6.3%;其余裸地、玉米连作、粮饲豆4年轮作矿化量均减少,其减幅分别为35.3%、34.8%和44.6%。加入有机肥后,除有机肥84d矿化量外,仅裸地处理矿化量有所增加(+171.6%),其余处理矿化量均减少。

**关键词** 无机氮 有机肥 有机氮矿化

**Effects of adding chemical nitrogen and phosphorus on mineralization of soil organic nitrogen.** LIU Xiao-Hong (Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000), HAO Ming-De (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *CJEA*, 2002, 10(1): 54~56

**Abstract** The mineral curves of manure on the Loess Plateau are analyzed. It is shown that there are some effects on the initial stages of application of organic-N in manure, but the effects are not too great. There is no boosted action to the decomposition of organic-N after adding chemical N, P, and manure, and also the amount of mineralization is decreased. Adding N and P, the amount of mineralization of 3-years forage rotation of crop-grass is raised +6.3%, and others reduced. Adding manure, the amount of mineralization is reduced except bareness disposal (+171.6%).

**Key words** Chemical nitrogen, Manure, Mineralization of soil organic-N

土壤供N能力决定施用N肥的效果。在一定时间内土壤有机氮矿化产生的矿质氮量取决于温度、水分、pH值、植物残体性质和数量以及其他养分含量等因素。化学N肥和有机肥施入土壤后对土壤中的离子平衡和微环境均造成一定变化,土壤有机氮的矿化过程和矿化量因而受到影响。在长期轮作与施肥试验基础上研究了施用化肥和有机肥对有机氮矿化过程的影响,为合理施用N肥提供理论依据。

### 1 试验材料与方法

试验位于陕西省长武县西十里铺村南1km,于1984年开始布置在未进行灌溉的旱作农耕地上进行,土壤为黄盖粘黑垆土,耕层土壤有机质含量为10.5g/kg,全N为0.57g/kg,土壤碱解氮含量37mg/kg,速效磷为2.0mg/kg,试验区大部分土壤贫N少P,K素丰富。选择玉米连作(NPM)、粮草3年(NP)、粮草8年(NP)、粮饲豆4年(NP)、裸地处理耕层土壤进行试验,所有处理N(尿素)为纯N120kg/hm<sup>2</sup>,P(过磷酸钙)为P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>60kg/hm<sup>2</sup>,M(有机肥)为厩肥75t/hm<sup>2</sup>。于1997年播种和施肥前采集各处理0~20cm土层土样及有机肥样品,风干过2mm筛备用。土壤有机氮矿化培养试验采用Stanford G. 等好气培养间歇淋洗法<sup>[1]</sup>,称取10g过2mm筛土样与等量石英砂混合,加少量蒸馏水形成土砂混合物并移入底部铺有玻璃丝的桶形漏斗中,用100mL浓度为0.01mol/L的氯化钙溶液分多次淋洗土壤中的矿质氮,加入25mL的无氮营养液(0.002mol/L硫酸钙,0.002mol/L硫酸镁,0.005mol/L磷酸二氢钙,0.0025mol/L硫酸钾),漏斗口用塑料薄膜扎住,并扎2个小孔通气,多余水分在60cm汞柱负压下抽去,置培养箱35℃温度下培养。每14d用0.01mol/L的氯化钙溶液60mL淋洗,收集淋洗液后再加入25mL的无氮营养液继续培养,测定淋洗液中的矿质氮,共培养84d。将各处理土样及有机肥按以上方法进行84d培养,淋洗,测定其NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和HN<sub>4</sub><sup>+</sup>-N含量。

\* 国家重大自然科学基金项目(49890330)部分研究内容

收稿日期:2000-03-06 改回日期:2000-04-06

## 2 结果与分析

### 2.1 有机肥(土粪)矿化特征

对长期轮作施肥试验所用有机肥进行分析、矿化培养,有机肥基本理化性质为全 N 2.65g/kg,有机质 106g/kg,速效磷 109.3mg/kg,速效钾 3644.8mg/kg。将有机肥进行 84d 矿化培养,培养过程同耕层土壤培养。除在 14d 淋洗出的矿质态氮较高外(见图 1),14d 以后,28d、42d 直到 84d 淋洗出的矿质态氮量均很少,几乎可以忽略。而一般情况下施用有机肥对作物产量均有明显的增产作用,但从有机肥矿化曲线来看,除初期可供作物较大的矿质氮养分外,而后期基本不能提供给作物有效养分。故增施有机肥对作物的增产效应,除初期释放的矿质氮外,更有效的可能是加入了大量的有益微生物种群,加快土壤有机质的分解,进一步改善土壤的物理性状,促进了作物根系的生长所致<sup>[1]</sup>。

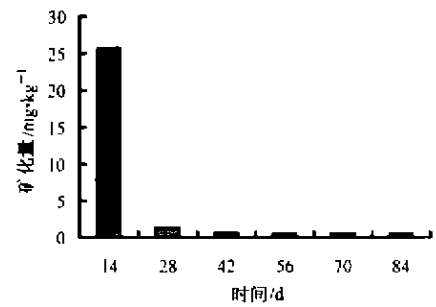


图 1 有机肥矿化培养

Fig.1 Mineralization of manure

### 2.2 添加无机氮磷对矿化过程的影响

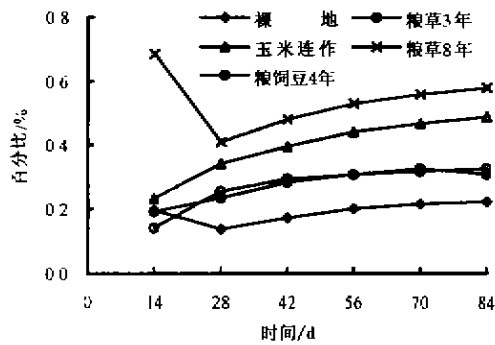


图 2 添加 N、P 对有机氮矿化影响

Fig.2 Effects on mineralization of organic nitrogen after added N and P

添加无机氮磷的标准为 N 100mg/kg,磷( $P_2O_5$ ) 80mg/kg;图 2 是以未加 NP 和有机肥培养前矿化氮量与添加 NP 和有机肥后,土壤同期培养矿化氮量之比值为纵坐标,时间为横坐标所绘。由表 1 可知,各处理不同时间的矿化量随无机氮、磷的加入,淋洗出的矿质氮明显增加。从 84d 处理培养淋洗总量看,如除去加入的无机氮,仅粮草 3 年轮作处理矿化量有所增加,增幅为 6.3%;其余裸地、玉米连作、粮饲豆 4 年轮作矿化量均减少,减幅分别为 35.3%、34.8%和 44.6%;而对粮草 8 年轮作如除去加入的无机氮,无矿质氮矿化出,即可能的矿化量小于被固定有效氮量。对有机肥的加入,除裸地处理(减去有机肥 84d 矿化量 28.9mg/kg)矿化量有所增加外(+171.6%),其余处理矿化量均减少。前人研究曾说明 N 的激发效应仅是一种表现现

表 1 各处理添加无机氮磷与有机肥矿化不同培养时间矿化量

Tab.1 Amount of mineralization at different incubation time after added chemical N,P and manure

时 间/d Times	矿化量/mg·kg <sup>-1</sup> . Amount of mineralization														
	裸 地 Bareness disposal			粮草 3 年 3-years grain-grass rotation			玉米连作 Maize			粮草 8 年 8-years grain-grass rotation			粮饲豆 4 年 4-years grain-forage-legumina rotation		
	0	NP	M	0	NP	M	0	NP	M	0	NP	M	0	NP	M
14	14.9	60.7	57.6	14.0	73.1	14.7	14.2	75.7	14.6	11.8	27.4	15.5	11.5	81.8	15.9
28	15.3	78.7	65.6	26.7	113.9	27.7	26.9	111.3	17.4	23.3	56.7	19.6	22.5	94.9	24.0
42	20.9	92.1	73.2	36.6	128.7	33.0	36.4	121.1	27.5	33.0	68.5	23.7	30.0	101.2	30.2
56	25.7	102.1	78.2	43.2	139.9	38.1	45.2	126.9	34.1	40.4	76.1	25.8	33.7	109.4	35.4
70	29.7	112.0	82.5	49.2	149.0	41.3	52.5	132.1	40.6	46.6	83.3	27.7	37.1	116.2	38.7
84	33.1	121.4	85.7	54.2	157.7	44.1	59.4	138.7	46.6	52.3	90.7	29.1	40.1	122.2	41.8

象,无机氮的添加不能引起土壤有机氮的加速分解,无机氮的添加可增加植物对有效氮的吸收,但以减少对土壤 N 的固定为交换<sup>[2]</sup>。故添加 NP 后淋洗出的矿质氮可视为是有机氮矿化出矿质氮和加入氮在土壤各项中达到平衡后可淋洗出的氮。由图 2 可知,添加无机 NP 变化所有的比例均 < 1,最大仅 0.8,故添加后淋洗出的矿质氮总量均大于添加前矿化氮量。由于无机氮(100mg/kg)的加入使土壤中  $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$  离子大量增加,土壤的吸附量增大,部分无机态铵进入到土壤晶格中固定起来,同时也有部分固定态铵从土壤晶格释放出来,使淋洗的总矿质氮量增加。由于长期不同的轮作施肥,各处理土壤对  $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$  的吸附固定能力发生变化,粮草 8 年轮作处理在添加无机 NP 后,对加入的矿质氮其吸附固定能力低于其他处理,减少了淋洗出的矿质氮;在 14~28d 培养内粮草 8 年轮作比值急剧下降,为 0.7~0.4,在 28d 达到最低点,此时土壤对矿质氮的固定已达到平衡状态,此后淋洗出的矿质氮量也开始减小。其余处理除裸地处理在 14~28d 培养

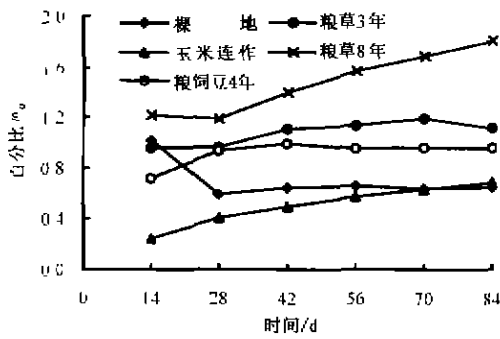


图 3 添加有机肥对有机氮矿化影响

Fig. 3 Effects on mineralization of organic nitrogen after added manure

比值有所下降外,其余均呈持续上升趋势。粮草 8 年处理吸附固定矿质氮的能力弱,玉米连作施肥处理次之,粮草 3 年和粮饲豆 4 年轮作间差异不大,而以裸地处理为最大。由图 3 可知,由于有机肥在矿化初期可释放出大量的矿质氮,故粮草 8 年轮作表现出与前图相同的变化趋势,进一步说明其具有较小的吸附固定能力。玉米连作施肥和粮草 3 年轮作在 28d 培养以后也呈上升趋势,而粮饲豆 4 年和裸地处理则呈水平状,添加有机肥前后矿化量基本无变化。从有机肥的矿化特征曲线可知,有机肥对矿化淋洗出矿质氮量的影响主要在 14~28d,而在 28d 后淋洗出的矿质氮量基本很少,可以忽略。后期则主要是土壤微生物在起作用,从以上差异反映了长期轮作施肥对土壤有机氮的数量和物理性状的变化。同样由图 2 和图 3 可知,在 14~28d 内各处理间存在着较大的差异,也反映了长期轮作施肥对土壤物理性状的变化,进而影响土壤对土壤溶液中各种离子调节能力的不同。土壤有机氮组成的不同影响分解后对土壤有效氮的贡献 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N),尤其是 C/N 组成<sup>[1]</sup>,土壤微生物的参与加快促进有机氮的分解和利用,微生物活动产生有机酸及分泌物等均可明显改变土壤微环境,对有机氮的分解造成一定影响。无机氮的加入改变了土壤溶液中离子平衡及溶液性质,溶液性质如 pH 的改变会影响植物对 N 的吸收<sup>[2]</sup>和土壤对铵的固定<sup>[4]</sup>;有机肥的加入不仅带入大量微量元素,且大量微生物种群对有机物质的不同分解过程和特性也会对有机氮的分解起一定作用。以上差异也可由表 2 以经验回归方程式  $y = k \cdot x^n$  的系数变化得出,方程中  $k$  和  $n$  为常数项, $x$  为培养时段数, $y$  为各培养时段累积矿化量,曲线表征土壤 N 素矿化强度(即曲线的斜率)和矿化容量(即曲线上升的高度)。有机肥矿化培养经验回归式为:

$$y = 17.335x^{1.004} \quad r = 0.997^{**} \quad (1)$$

加 NP 后除粮草 8 年轮作矿化容量( $k$ )减少外,其余处理均有所增加;而矿化强度( $n$ )均呈减弱趋势。加有机肥后除玉米连作矿化容量增加外,其余处理均减少。

表 2 矿化培养回归方程式

Tab. 2 Equation of mineral incubation

类型 Type	未加培养 Zero added incubation		加 NP NP added incubation		加有机肥 Manure added incubation	
	方程 Equation	$r$	方程 Equation	$r$	方程 Equation	$r$
	裸地	$y = 2.647x^{0.567}$	0.987**	$y = 11.53x^{0.318}$	0.950**	$y = 0.264x^{0.064}$
粮草 3 年	$y = 3.952x^{0.582}$	0.998**	$y = 6.061x^{0.478}$	0.959**	$y = 0.411x^{0.226}$	0.950**
玉米连作	$y = 2.174x^{0.740}$	0.998**	$y = 5.738x^{0.245}$	0.999**	$y = 14.31x^{0.226}$	0.997**
粮草 8 年	$y = 1.863x^{0.758}$	0.996**	$y = 0.617x^{0.201}$	0.929**	$y = 1.713x^{0.300}$	0.993**
粮饲豆 4 年	$y = 3.703x^{0.537}$	0.996**	$y = 18.83x^{0.254}$	0.970**	$y = 0.582x^{0.564}$	0.993**

矿化强度粮草 3 年轮作,粮饲豆 4 年轮作和裸地处理变化不大,玉米连作和粮草 8 年变化较大。

### 3 小结

农家有机肥的矿化培养说明除 14d 淋洗出的矿质态氮较高外,14~84d 培养淋洗出的矿质态氮量很少,故初期可供给作物较大的矿质氮养分,而后期基本不能供给作物有效养分;从 84d 淋洗总量看,如除去加入的无机氮,仅粮草 3 年轮作处理矿化量有所增加,其余裸地、玉米连作、粮饲豆 4 年轮作矿化量均减少。对有机肥的加入,除裸地处理(减去有机肥 84d 矿化量 28.9mg/kg)矿化量有所增加外(+171.6%),其余处理矿化量均减少;而 14~28d 内各处理间矿化量未加入与加入 NP 及有机肥存在较大差异,反映了长期轮作施肥对土壤有机氮数量和性质及理化性状的变化,进而影响土壤对土壤溶液中各种离子调节能力的不同。

### 参 考 文 献

- 1 蒂斯代尔 S L, 纳尔逊 W L. 土壤肥力与肥料. 北京: 科学出版社, 1984
- 2 沈善敏. 无机氮对土壤氮矿化与固定的影响. 土壤学报, 1986 (2): 10~16
- 3 何文寿, 李生秀. 营养液 pH 对小麦生长和吸收硝态氮和铵态氮的影响. 土壤, 1998 (3): 123~124
- 4 朱兆良, 陈荣业. 苏州地区平田黄泥土氮素供应过程特点及与氮肥施用方法的关系. 土壤学报, 1979 (8): 218~233
- 5 Stanford G, Smith S. J. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil science soc Amer Proc. 1972, 36: 465~472