

有机肥及标记氮肥的氮素 在稻田土壤中的分布

杨林章

大崎满

(中国科学院南京土壤研究所) (日本北海道大学农学部)

摘 要

研究表明,在目前的生产管理水平下,化学肥料与有机肥料配合施用,有利于提高水稻的生物量和改善土壤的理化性质,具有较好的生态效益和经济效益。

化肥结合施用有机肥在中国农业生产中是一项比较普遍的增产改土措施,特别是在水稻生产中具有重要的意义。

本研究利用盆栽试验探讨 ^{15}N 标记化肥及有机肥中的氮素在稻田土壤中的分布,以及有机、无机肥配合施用对水稻生物量的影响。

一、材料与方法

(一)试验方法 试验是在日本北海道大学农学部简易温室进行的。供试土壤为低地棕色土(采自北海道道南农业试验站)。有机肥为当地的堆肥(稻草制作),含氮量为0.78%(鲜重);供试土壤的全氮量为0.14%,有机质含量为1.88%,pH为5.5左右。无机肥为 ^{15}N 标记硫酸铵, ^{15}N 丰度为10.3%。试验用20×20cm盆钵、每钵装3kg风干土。试验分为9个处理,见表1。供试堆肥经晾干后,按各处理规定的数量混入土壤中,连同化肥一起充分混匀,然后淹水栽稻。根据试验要求,在栽秧后第1天、第2周、开花前及收获期取4次土壤溶液,测定各离子的浓度。收获后,分别测定植株茎叶、谷粒,土壤的含氮量。

表1 盆栽试验的处理

处理编号	处理(用肥量,g/每钵)
1	对照
2	0.4g标记化肥
3	0.8g标记化肥
4	75g堆肥
5	0.4g标记化肥+75g堆肥
6	0.8g标记化肥+75g堆肥
7	150g堆肥
8	0.4g标记化肥+150g堆肥
9	0.8g标记化肥+150g堆肥

(二)测试方法 测定土壤及植株中全氮含量用开氏法;测定溶液中 NH_4^+-N 及 NO_3^--N 用苯酚法〔³〕和微量法〔⁴〕。测定土壤及植株中 ^{15}N 丰度用发射光谱法。

二、结果与讨论

(一)土壤溶液中的氮素状况

表2列出了盆栽试验土壤溶液中氨态氮浓度的变化。除未施化肥的处理外,其余各处理中氨态氮浓度均很高,并随化肥施用量增加而增加。图1是土壤溶液中氨态氮随淹水天数的

表2 各处理土壤溶液中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度(ppm)的变化

处理编号	栽秧后第1天	栽秧后第2周	开花前	收获期
1	4.08	2.68	0.39	0.01
2	40.8	26.4	0.29	0.38
3	94.5	67.0	0.24	0.33
4	5.58	3.34	0.42	0
5	37.0	29.2	0.49	0.01
6	100	73.1	0.36	0
7	5.08	4.12	0.95	0
8	39.6	33.8	0.35	0.17
9	97.4	75.3	0.47	0

变化。随着植株对离子态氮的吸收利用,氨态氮浓度明显下降,至开花前浓度接近于零。化肥配合施用有机肥的处理,土壤溶液中氨态氮浓度一般略高于无机肥的处理,高量有机肥的处理略高于低量有机肥的处理,但这种差异并不很显著。说明土壤溶液中氨态氮主要来源于所施用的化肥。此外,施用化肥有激发有机物质矿化的作用,从而也增加了土壤溶液中氨态氮的浓度。溶液中标记氮的分析(表3)也表明了这一点。 ^{15}N 标记化肥对土壤溶液中氮的贡献率均超过70%(贡献率 $\% = ^{15}\text{N}$ 标记的氮的含量/溶液中氮的含量 $\times 100$)。施氮量较高时,肥料氮的贡献率也提高。堆肥及土壤氮的贡献率一般均在7—27%。而低量化肥,高量有机肥处理可以提高土壤溶液中氮的贡献率。

(二)植株对氮的吸收

一些盆栽及田间试验表明,植物对化学氮肥的吸收随肥料品种、施用方法、施肥时期而异^[12,]。一般而言,与耕层混合施用或深施者,氮肥的利用率明显高于表施者;在水稻生长前期施用的氮肥其利用率低于中期施用的氮肥。已有研究表明,水稻在前期吸收的氮主要来源于肥料中的氮,而后期吸收的氮则主要是土壤中的氮^[6]。本试验结果(表4)表明,水稻茎叶吸收标记化肥的氮量随施氮量增加而增加。标记化肥氮占茎叶总吸氮量的53—70%,即土壤及有机肥中的氮只占吸收总氮量的30—47%。当不施有机肥时,化肥对茎叶中的氮的贡献率差异不大,说明在一定的施肥水平下,植株总是吸收一部分土壤中的氮,当施用有机肥时,可以提高土壤和有机肥对茎叶中氮的贡献率,说明有机肥中的氮矿化被植物吸收。植株对标记氮肥的吸收率为20—35%(吸收率 $\% = \text{植株中标记氮量}/\text{标记化肥氮量} \times 100$),这说明施用的化学氮肥仅有三分之一不到的氮素被水稻茎叶吸收。高施肥量的吸收率略高于低施肥量,但这种差异似乎不太明显。植株对肥料氮的吸收率可能主要决定于化肥的施用量,当然这是在满足植株正常生长条件下的施肥量,无疑施肥过量时,则过量部分主要是通过各种途径损失掉。

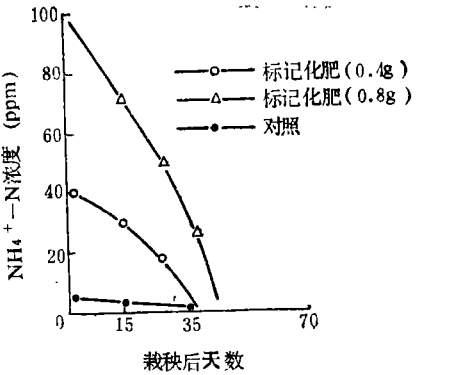


图1 土壤溶液中铵态氮的浓度变化

表3 标记氮、土壤氮和堆肥氮对土壤溶液中氮的贡献率

处理编号	不同氮对溶液中氮的贡献率(%)			
	栽秧后第1天		栽秧后第2周	
	^{15}N 标记氮	土壤及堆肥氮	^{15}N 标记氮	土壤及堆肥氮
1	0	100	0	100
2	83.3	16.7	88.8	11.2
3	95.2	4.8	98.7	1.3
4	0	100	0	100
5	74.6	25.4	94.9	5.1
6	92.6	7.4	92.2	7.8
7	0	100	0	100
8	72.3	27.7	87.1	12.9
9	90.2	9.8	96.1	3.9

4 水稻茎叶对标记氮、土壤和堆肥
氮的吸收

处理编号	茎叶吸收的总氮量(g)	占总氮量的百分数		¹⁵ N标记氮占施用量的百分数
		¹⁵ N标记氮	土壤及堆肥氮	
1	0.0427	0	100	0
2	0.1436	70.3	29.7	25.1
3	0.3270	69.4	30.6	28.4
4	0.0474	0	100	0
5	0.1509	58.8	41.2	22.1
6	0.3140	68.4	31.6	26.8
7	0.0531	0	100	0
8	0.1371	53.5	46.5	18.2
9	0.4277	66.1	33.9	35.3

表5 水稻谷粒对标记氮、土壤和堆肥
氮的吸收

处理编号	谷粒吸收的总氮量(g)	占吸收总氮量的百分数		¹⁵ N标记氮占施用量的百分数
		¹⁵ N标记氮	土壤及堆肥氮	
1	0.0789	0	100	0
2	0.2688	66.2	33.8	44.5
3	0.4368	74.4	25.6	40.6
4	0.0835	0	100	0
5	0.2862	58.7	41.3	42.0
6	0.4251	69.3	30.7	36.8
7	0.1046	0	100	0
8	0.2939	53.3	46.7	39.2
9	0.3730	66.8	33.2	31.8

谷粒中各种氮的分布(表5)与茎叶中的分布基本相似,但谷粒中总吸收氮量明显高于茎叶中的总氮量,对标记氮肥的吸收率也高于茎叶,一般在40%左右。表明植株吸收的氮素主要以各种含氮化合物的形式贮存于谷粒中,进入更高一级的物质循环系统。从试验结果可以看出,处理9的植株茎叶中的氮是高于谷粒中的氮量,茎叶对标记氮肥的吸收率也高于谷粒。这是由于处理9施用了大量有机肥与化肥,植株生长旺盛,成熟推迟,加之当地气温较低,⁹月中、下旬,气温已明显下降,严重影响水稻的灌浆。至收获时尚有1/3谷粒没有完全成熟,致使一部分氮未能从茎叶中转移到谷粒中去。

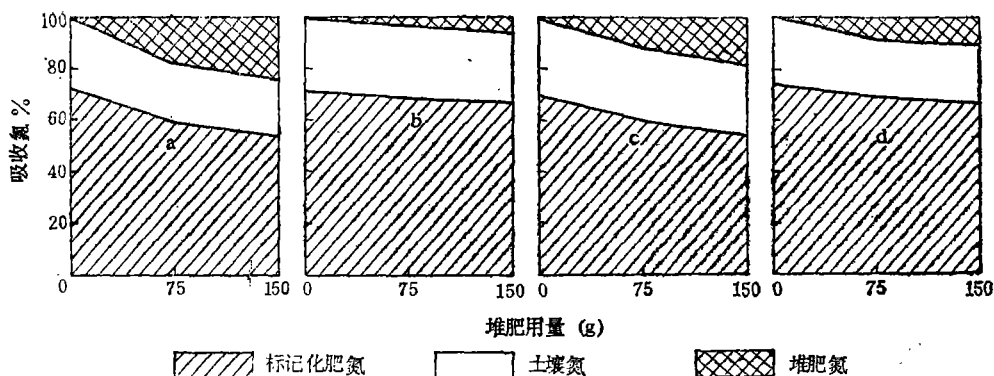
图2是植株中各种氮的吸收比率。从图中可以看出,各处理中标记氮肥对茎叶、谷粒中氮的贡献率均超过50%,但随有机肥用量的增加而降低。在标记氮肥用量高时,这种趋势有所减缓。有机肥氮对茎叶及谷粒中氮的贡献率一般在10%左右,随有机肥施用量增加而增加,在标记氮肥用量低时,这种趋势更明显。土壤氮的贡献率则较恒定,说明土壤中氮的矿化与植物的吸收具有一定的关系。在氮素平衡中,土壤氮库具有很好的缓冲能力,也说明植株的生长除决定于施肥水平外,在很大程度上还取决于土壤中氮素的供应能力或者说土壤的肥力水平。

(三)标记化肥的氮素平衡

表6列出了¹⁵N标记氮肥在植株、土壤中的分布。¹⁵N标记氮肥大多数被植物吸收,一般均在60%以上,残留在土壤中的氮(¹⁵N标记)一般在12—25%。有机肥施用量高时,¹⁵N标记氮肥残留在土壤中的氮高于未施有机肥及低有机肥的处理。说明施用有机肥增加了土壤对化学氮素的吸附固定,增加了化学氮肥在土壤中的残留。损失的氮也在12—25%之间,且各处理间差异较大,在未施有机肥而化肥施用量较高时,化学氮肥的损失较大。在化学氮肥施用量相同时,化肥氮素的损失随有机肥施用量的增加而减少,这也证明有机肥具有减少化学氮肥的损失,增加化学氮肥利用率的功能。

(四)有机肥无机肥对水稻生长的影响

试验各处理除根据试验要求施用化肥及有机肥外,每盆还加入0.4gK₂O(K₂SO₄0.8g),0.4gP₂O₅(过磷酸钙2.2g),以保证水稻正常生长所需的磷钾素。试验结果(表7)表明,植株的有效穗数随化学肥料用量增加而增加,而化肥配合施用有机肥的处理,它们的有效穗数明显高于等量化肥而未施有机肥的处理。说明有机肥对水稻的早期生长影响较大,它能促进水稻的分



a、b 分别为标记氮0.4g、0.8g时茎叶吸收各种氮的百分数
c、d 分别为标记氮0.4g、0.8g时谷粒中各种氮的百分数

图2 植株吸收各种氮的比率

表6 各处理的¹⁵N标记化肥的氮素平衡

处理编号	施肥量 (g)	吸收量 (g) 占施用量 %	残留量 (g) 占施用量 %	损失量 (g) 占施用量 %
2	0.4	0.2789	0.0734	0.0481
		69.6	18.4	12.0
3	0.8	0.5522	0.1013	0.1465
		69.0	12.7	18.3
5	0.4	0.2565	0.0451	0.0984
		64.1	11.3	24.6
6	0.8	0.5094	0.1531	0.1375
		63.7	19.1	17.2
8	0.4	0.2297	0.1044	0.0659
		57.4	26.1	16.5
9	0.8	0.5413	0.1587	0.1000
		67.7	19.8	12.5

表7 各处理的水稻生物量(盆栽试验)

处理编号	有效穗数(个/钵)	地上部干重 (g/钵)		地下部干重 (g/钵)	总生物量 (g/钵)
		茎 叶	谷 粒		
1	9	9.0	8.0	1.7	18.7
2	28	25.1	23.1	6.7	54.9
3	37	35.3	30.0	9.8	75.1
4	11	10.8	9.2	2.8	22.8
5	26	28.1	24.9	8.7	61.7
6	44	39.9	31.5	13.5	84.9
7	10	11.3	10.3	4.5	26.1
8	31	25.6	25.1	11.9	62.7
9	47	56.1	26.8	19.2	102.1

葉及成穗。从地上部分的生物量来看, 仅施有机肥的处理的生物量最低, 谷粒产量也最低。施用高量有机肥的处理, 其生物量略高于未施及施低量有机肥的处理。就化学氮肥

用量而言, 生物量随施氮量增加而明显提高。在不施化肥的条件下, 单纯施用有机肥对产量的影响不是很明显; 但化肥配合施用有机肥时, 它们之间的相互作用就显示出来了。有机-无机配合施用的条件下, 生物量明显高于同一施肥水平下未施有机肥的处理。但处理9虽然生物量很高, 而谷粒部分却低于处理3和6, 这是由于当地气温低, 且在9月中、下旬下降很快, 致使该处理尚有1/3谷粒没有来得及灌浆就已被霜打死。故谷粒部分低于其他处理。

总之, 水稻生物量主要受化学氮肥用量的影响。仅施用有机肥不能获得较高产量。因为有机肥中的氮素矿化是一个缓慢过程, 不能满足水稻生长所需的氮素。但从改善土壤的肥力, 增加土壤氮库中氮素的容量来看, 施用有机肥无疑是有作用的。尽管单施化肥能获得较高的产量, 但却加剧了土壤环境的恶化, 影响土壤生产力。所以, 在目前的生产管理水平下, 化肥配合施用有机肥对提高水稻生物量具有积极的影响, 能获得比较高的产量, 而且就改善土

(下转第301页)

($r = 0.954^{**}$, $n = 6$)、脲酶与水解氮含量($r = 0.939^{**}$, $n = 8$)均呈极显著正相关。由此可见,土壤中加入有机物料,不仅可补给土壤有机质,同时也可提高土壤的生物活性。

综上所述,茶园土壤中有机物料的分解,一般以最初两个月最快,年分解率为35—50%,有机肥料的施入不仅可补给土壤有机质,而且可提高腐殖质的H/F值及生物活性。

参 考 文 献

- [1] 丁瑞兴、王春生,宜兴丘陵地区的土壤条件与茶树生长的关系,中国茶叶,第3期,1963。
- [2] 宋木兰、丁瑞兴等,江苏宜兴丘陵山区茶园土壤肥力特性的研究,南京农业大学学报,第4期,1985。
- [3] 宋木兰等,苏南丘陵山区的土壤条件与茶树生长,资源开发与保护,第1期,1986。
- [4] 林心雄等,田间测定植物残体分解速率的砂滤管法,土壤学报,第1期,1981。
- [5] $\Phi \cdot X \cdot$ 哈兹耶夫著(郑洪元译),土壤酶活性,科学出版社,1980。
- [6] 李西开主编,土壤农业化学常规分析方法,科学出版社,1983。
- [7] M. M. 科诺诺娃,土壤有机质,科学出版社,1966。
- [8] 南京土壤研究所,土壤理化分析,上海科技出版社,1978。
- [9] 林心雄等,绿肥和蒿秆等在苏南地区土壤中的分解特征,土壤学报,17(4), 319—327, 1980。
- [10] Olson, J. S., Ecology, 44: 32—331, 1963。

(上接第297页)

壤的环境条件来说,也是一种切实可行的施肥措施。但由于有机肥的积造需要一定的人工,在目前劳动力价格提高的情况下,从能量的投入与产出,也即从生态效益与经济效益来考虑,这种施肥措施是否具有最大的能量产出比及最好的经济效益,还有待作进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 陈荣业、朱兆良,氮肥去向的研究1,稻田土壤中氮肥的去向,土壤学报,19卷2期122—130页,1982。
- [2] 俞金洲、朱兆良,不同施用方法下 ^{15}N 标记硫酸铵在稻田土壤中的去向,土壤,16卷3期,106—107页,1984。
- [3] 日本分析化学会关东支部编,公害分析指针5,水。土壤2—c,共立出版,东京。
- [4] 安藤忠男,尾形昭逸,硝酸态氮素的微量迅速定量法。日本土壤肥科学杂志,51: 48—54, 1980。
- [5] Carter, J. N. et al., Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:50—56. 1967。
- [6] Huang Dongmai, et al., Transformation and distribution of organic and inorganic fertilizer nitrogen in rice and paddy soil system. Proceedings of symposium on paddy soils. Nanjing China. 1981。
- [7] Jansson, S. L., Soil Sci., 95:31—37, 1962。