

稻秆与标记 ^{15}N 硫铵配合施用对硫 铵氮素有效性和水稻生产的影响

黄志武

(华南农业大学土化系, 510642)

EFFECTS OF "RICE STRAW + ($^{15}\text{NH}_4$) $_2\text{SO}_4$ " APPLI- CATION ON AVAILABILITY OF ($^{15}\text{NH}_4$) $_2\text{SO}_4$ -N AND PRODUCTION OF RICE

Huang Zhiwu

(Soil and Agrochemistry Department, South China Agricultural University, 510642)

关键词 水稻, 稻秆, 硫酸铁, 氮肥有效性, 同位素 ^{15}N

本试验研究水稻的生长发育和标记 ^{15}N 硫铵氮素的有效性与施用的肥料组合(稻秆+硫铵)不同碳氮比的关系;对碳氮比值可否作为指导合理配合施用稻秆和硫铵的定量指标作了初步的评价;同时也探讨了延长植稻前土壤淹水时间的不同对肥料组合(稻秆+硫铵)中硫铵氮有效性影响的问题。

一、材料与 方法

采集广州地区三角洲冲积土发育水稻田的耕层土壤(0—20cm)。土壤 pH6.5, 有机质和全氮含量分别为 25mg/kg 和 1.5mg/kg, 阳离子代换量 13.68cmol(+)/kg。每陶瓷盆装经风干、粉碎和过筛的土壤 5kg。

肥底为过磷酸钙 (P_2O_5 174mg/kg) 5.0g/盆和氯化钾 2.0g/盆;试验设四个处理(重复 3 次);粉碎稻秆(全氮 7.1mg/kg, 碳氮比 53)用量的每盆克数分别为 0.0、9.8、37.3 和 127.1。肥底和稻秆与土壤依次充分拌和后, 标记 ^{15}N 的硫酸铵(丰度 42.75mg/kg) 溶液深施于土表下 5cm, 所有处理都施硫铵氮 300mg/盆。四个肥料组合(稻秆+硫铵)处理的碳氮比分别为 0、10、25 和 40。以这四处理为一组, 按完全相同四处理的三组进行装土, 施肥后, 分别淹水 2、4 和 6 周后即同时移植水稻苗(秈稻、晚汕 12 号), 秧龄 30 天, 每盆移植 3 棵, 每棵稻苗 3 株。

水稻生育期从 1988 年 8 月 2 日至同年 11 月 25 日。定期考察分蘖数和穗数;水稻紧贴土面收割, 分别采集稻秆和稻穗样品, 土壤待风干后全层取样。植物和土壤样本均测定全氮和 ^{15}N [4]。

二、结果与讨论

(一) 延长土壤在植稻前淹水的时间对水稻生长及施用硫铵氮素有效性的影响

试验分别以碳氮比 0、10、25 和 40 施用了肥料组合(稻秆+硫铵)。表 1 和表 2 结果表明,就任何一个肥料组合而言,尽管植稻前土壤淹水的时间不同(6 周内),但水稻在整个生育期的分蘖数、以及它的穗数、秆重和穗重都没有显著的差异。在这四个肥料组合中,碳氮比为零的组合没有施用稻秆。可见,植稻前施用硫铵,不论有无稻秆还是与其混

表 1 施用不同碳氮比的肥料组合(稻秆+硫铵)和
植稻前土壤淹水对水稻分蘖数(株/盆)的影响

植稻前淹 水周数	碳氮比	秧苗移栽后周数				
		3	6	9	11	15
2	0	7.3a ¹⁾	35.7a	33.7a	25.0a	21.7a
	10	7.3a	33.3ab	30.7ab	22.7ab	19.0b
	25	2.3c	27.0bc	26.3bc	18.7bc	14.3c
	40	0.7c	2.0d	2.0d	1.7d	1.7d
4	0	6.3ab	34.0ab	33.0a	25.3a	22.7a
	10	4.7b	30.0bc	28.3b	20.0b	15.0c
	25	5.0ab	24.0c	23.0c	18.3bc	15.3c
	40	0.3c	2.0d	2.0d	1.7d	1.7d
6	0	5.0ab	31.0b	30.3ab	23.3a	22.0a
	10	4.3bc	27.7bc	28.0b	19.7b	17.7bc
	25	4.7b	26.0c	23.7c	16.0c	14.3c
	40	0.0c	4.7d	4.3d	1.7d	1.0d

1) 邓肯氏检验, $p = 0.05$ 。

同一纵列中,具有相同字母的平均数差异不显著。

合施用,植稻前延长土壤淹水的时间(6 周内)对当季水稻的生长无显著的影响。

从表 3 数据可算得,土壤分别淹水 2、4 或 6 周后植稻,<1> 碳氮比为零的处理分别有 40.8%,43.1% 或 38.5% 的硫铵氮素被水稻吸收;<2> 相应地施用有稻秆的其余 3 个处理其硫铵氮素被水稻吸收的平均值分别为 20.9%,21.1% 或 20.8%。可见,植稻前延长土壤淹水的时间对硫铵氮素被水稻的吸收也没有显著的影响。

但是,当肥料组合的碳氮比相同时,可以得到土壤淹水时间越长,硫铵氮的回收总量(土壤残留+水稻吸收)越高的结果。其中,土壤残留的硫铵氮素受延长淹水时间影响的趋势与其回收总量相同。相反,硫铵氮的损失则随淹水时间的延长而减少。

研究结果表明^[2],<1>在淹水土壤中深施铵态氮肥,铵离子被吸附和固定的程度在一定时间范围内与时间的长短有关;<2>新近固定的铵再矿化被水稻利用的作用并不十分强烈。这样可以解释,本试验延长植稻前土壤淹水的时间,主要通过影响硫铵氮素在土壤中的固定、残留和损失,而不是水稻的吸收,从而影响对硫铵氮素的有效性。

表 2 施用不同碳氮比的肥料组合(稻秆+硫酸)和植稻前土壤淹水对水稻穗数及产量的影响

植稻前淹水周数	碳氮比	穗 数 (穗/盆)	稻秆干重 (g/盆)	稻穗干重 (g)	
				每 盆 重	单穗重
2	0	31.0a ¹⁾	62.7b	33.4a	1.08ab
	10	28.0b	64.7ab	28.6ab	1.02abc
	25	23.3c	44.8c	28.9ab	1.24a
	40	9.0d	15.8d	2.5c	0.27d
4	0	29.3ab	71.8a	21.0b	0.73c
	10	24.7c	63.0b	22.3b	0.91bc
	25	24.3c	51.4c	21.1b	0.87bc
	40	10.0d	15.6d	4.5c	0.45d
6	0	31.0a	66.5ab	22.9b	0.74c
	10	27.0bc	60.6b	23.1b	0.86bc
	25	23.0c	45.3c	28.2ab	1.22a
	40	9.7d	15.2d	9.8c	1.02abc

1) 邓肯氏检验, $p = 0.05$ 。
同一纵列中, 具有相同字母的平均数差异不显著。

表 3 肥料组合(稻秆+硫酸)中不同碳氮比和植稻前土壤淹水对组合中硫酸铵氮量¹⁾ (mg/盆)的回收和损失的影响

植稻前淹水周数	碳氮比	水稻回收量 (mg/盆)			土壤残留量 (mg/盆)	总回收量 (mg/盆)	损 失 量 (mg/盆)
		稻 秆	稻 穗	秆+穗			
2	0	70.8ab ²⁾	51.7a	122.5ab	111.6g	234.1d	65.9a
	10	57.3b	44.4bc	101.7c	126.7fg	228.5d	71.5a
	25	30.5d	38.3bcd	68.8d	173.1cd	241.9d	58.1a
	40	15.1c	2.4e	17.5e	257.2a	274.7bc	25.3bc
4	0	82.7a	46.7ab	129.4a	139.8ef	269.2bc	30.8bc
	10	56.0b	42.2bc	98.2c	153.9de	252.1cd	47.9ab
	25	41.8c	31.6d	73.4d	164.9cde	238.3d	61.7a
	40	14.2e	3.9e	18.1e	260.4a	278.5abc	21.5bcd
6	0	73.3a	41.8bc	115.5b	158.3cde	273.8bc	26.8bc
	10	59.0b	36.2cd	95.2c	183.5c	278.7abc	21.3bcd
	25	40.0c	31.6d	71.6d	217.9b	289.5ab	10.5cd
	40	10.7e	9.8e	20.5e	277.9a	298.4a	1.6d

1) 每盆添加硫酸铵总量为 300mg。
2) 邓肯氏检验, $p = 0.05$ 。
同一纵列中, 具有相同字母的平均数差异不显著。

(二) 肥料组合(稻秆+硫酸)中不同碳氮比与水稻生产的关系

表 1 和表 2 的数据表明, 水稻的分蘖数和穗数都有随肥料组合(稻秆+硫酸)碳氮比的增加而减少的趋势。

插植后 9 周内(表 1), 碳氮比为 10 的水稻分蘖数与碳氮比零的差异不显著, 说明该

处理的稻秆用量(相应地为每盆土重的 0.2%)对硫酸氮素在水稻生长前期有效性的影响不大;但碳氮比 25 的分蘖数值与零的差异较大,说明该处理的稻秆用量(相应地为每盆土重的 0.7%)会削弱硫酸氮在水稻生长前期的有效性。

从插植后的第 9 周开始,碳氮比 10 和 25 两处理的水稻分蘖数都呈现下降趋势,直到收获前 10 天(即插植后 15 周)降至最低。很明显,这两处理使用的稻秆,还会在生长的中、后期影响水稻获得有效氮,从而影响水稻分蘖在中、后期的成活(表 1)。

但是,碳氮比为 0、10 和 25 三个处理的稻穗干重值,或单个穗重值(表 2)都没有显著差异。这说明,碳氮比 10 或 25 肥料组合的稻秆施用对水稻的产量未造成不利影响,这与刘经荣等的结果是相符合的^[1]。

碳氮比 40 的水稻几乎没有分蘖或分蘖甚少(表 1、表 2),每盆穗数仅比插植的基本苗数(9 株/盆)稍多,稻穗干重也仅是零为碳氮比的 7.5%—42.8%。其原因可能是,处理的稻秆用量过高(相应地为每盆土重的 2.5%),引起了强烈的氮素固定作用,大约有 88.4% 的硫酸氮植稻当季后还残留在土壤中(表 4),而收获时水稻稻秆中仅含有 4.4% 的硫酸氮素,稻穗仅应用了 1.7% 的硫酸氮。这些较碳氮比为 0、10 和 25 的稻秆和稻穗应用的硫酸氮素要少得多。这样,碳氮比 40 的水稻在生长前期就表现出分蘖状况不良及氮饥饿等症状,干物质产量亦受到严重影响。这与 Huang 及 Broadbent^[6] 的结果相一致。

(三) 施用不同碳氮比肥料组合(稻秆+硫酸)植稻时硫酸氮素的有效性

表 4 数据说明,当硫酸用量恒定时,按 0、10、25 和 40 的碳氮比施用了不同量的稻秆,硫酸氮素当季植稻后的总回收率(%)分别为 86.3、84.3、85.6 和 94.5;损失率(%)分别为 13.7、15.7、14.4 和 5.5。可见,除碳氮比 40 外,碳氮比 0、10 和 25 的硫酸氮素的总回收和损失没有显著的差异。

表 4 施用碳氮比不同的肥料组合(稻秆+硫酸)时硫酸氮素回收百分率¹⁾的平均值

碳 氮 比	水稻回收率(%)			土壤残留率 (%)	土壤 水稻	总回收率 (%)	损失率 (%)
	稻 秆	稻 穗	秆+穗				
0	25.2a ²⁾	15.6a	40.8a	45.5c	1.12	86.3	13.7
10	19.1b	13.6ab	32.7b	51.6bc	1.58	84.3	15.7
25	12.5c	11.3b	23.8c	61.8b	2.60	85.6	14.4
40	4.4d	1.7c	6.1d	88.4a	14.49	94.5	5.5

1) 百分数数据经反正弦转换后才进行统计检验。

2) 邓肯氏检验, $p = 0.05$ 。同一纵列中,具有相同字母的或没有字母的平均数差异不显著。

但是,当施用的肥料组合中碳氮比从 0 增至 40 时,硫酸氮素在土壤中残留的百分率从 45.5 增至 88.4;被水稻吸收的百分率则从 40.8 减至 6.1。可见,增加稻秆用量会使与其配合使用的硫酸氮被固定的作用增强,而被水稻吸收的作用减弱。

表 4 的数据还表明,无论肥料组合的碳氮比如何,植一季稻后硫酸氮在土壤的残留均大于其被水稻的吸收。反映在当肥料组合碳氮比为 0、10、25 和 40 时,表示硫酸氮素在土壤和水稻中的分布状况,土壤/水稻比值分别为 1.12、1.58、2.60 和 14.18。这些比值还表明,硫酸氮在土壤的残留大于其被当季水稻吸收的现象还随稻秆施用量的增加而更显著。

培养试验^[3,5]表明,与稻秆混合施用后,无机氮的去向以及对作物的有效性,应与混合

肥料的碳、氮含量或碳氮比例有密切的关系。本试验在盆栽植稻条件下亦得到与培养试验相类比的结果。由此,指出了碳氮比不同的肥料组合(稻秆+硫酸铵)的使用与其中的无机肥料氮的有效性、与当季水稻的生长和收获都有密切的关系,因而可以把碳氮比用作定量指标;以及对研究稻秆的合理施用是很有帮助的。同时通过对指标的研究、确定和应用,还会有助于恰当地配合施用稻秆和硫酸铵(即为碳氮比合理的肥料组合),从而对提高硫酸铵氮素的效率和水稻的生长具有积极的作用。

三、小 结

1. 植稻前施用硫酸铵,无论有无稻秆配合施用,延长水稻插植前土壤淹水的时间都有利于硫酸铵氮素在土壤中的固定和残留、而损失减少,但未能对被水稻的吸收产生显著的影响。因此,也不会显著影响当季水稻的生长和收获。2. 与硫酸铵配合施用时,一是增加稻秆的用量,会使硫酸铵被固定的作用增强,被水稻吸收的作用减弱;二是施用稻秆均会影响水稻在生长前、中期获得有效氮,使水稻的分蘖和穗数减少。稻秆量越多,减少的程度越大;三是过高的稻秆用量会引起强烈的氮素固定作用,严重影响水稻的生产。但合理的稻秆用量不会对稻穗干物质产量产生不利的影响。

参 考 文 献

1. 刘经荣等,1984: 稻草还田对水田土壤肥力和水稻生长的影响。土壤通报,第15卷2期,49—53页。
2. 程励励等,1989: 盆栽和田间条件下土壤 ^{15}N 标记肥料氮的转化。土壤学报,第26卷2期,124—130页。
3. Broadbent, F.E. and Nakashima T., 1970: Nitrogen immobilization in flooded soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 34: 218—221.
4. Chen, H. H. and Bremner, J. M. 1966: Denitrification and isotope ratio analysis of different forms of nitrogen in soil. 2, A simplified procedure for isotope-ratio analysis of soil nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 30: 450—452.
5. Tusneem, M. E. and Patrick, W. H. Jr., 1971: Nitrogen transformations in waterlogged soil. 35—44, Bulletin No. 657, Louisiana State University.
6. Zhi-wu Huang and Broadbent, F. E. 1989: The influences of organic residues on utilization of urea N by rice. Fertilizer Research 18: 213—220.

新 书 介 绍

Modeling Plant and Soil System (《土壤和植物系统的模拟》)(J. T. Ritchie 和 R.J. Hanks 主编)

由美国农学学会、作物学会和土壤学会于1991年共同编辑出版的这本新书,旨在将土壤、植物和气象三大系统有机地结合起来,并使各种因素定量化,以提高土壤和作物系统中的模拟精度。全书共分三个部分,第一部分为植物系统的模拟;第二部分是土壤系统的模拟;最后一部分结合现实中存在的问题,举例说明了如何应用模型来进行预测预报。在当今低投入、高产出的信息时代,利用有效的模拟模型可使研究成果来得更快且降低研究费用,因此,在发展持续农业的90年代,人们更需要这本参考书来解决土壤和植物系统中的预测预报问题。

(王学锋)