

稻秆合理配施尿素植稻的研究*

黄志武 卢仁骏

(华南农业大学植物营养研究室, 广州, 510642)

摘要 水稻盆栽试验表明: 1. 不同量稻秆与等量尿素作基肥混合施用, 稻秆有助于尿素氮在土壤中的固定和残留。但减少了尿素氮被水稻的利用和水稻的产量, 但混合肥料的 C/N 比为 10 ~ 20 时, 水稻的实粒重与尿素单施的结果没有显著差异。2. 稻秆及尿素均不同量混合, 但调节 C/N 比至 15 作基肥施用, 稻秆影响尿素的肥效及水稻的产量反应与尿素施用量有关: 低尿素 N 用量时, 尿素氮的肥效受抑制, 以致水稻产量下降; 高尿素 N 用量 ($\geq N$ 450 mg/kg) 时, 过量氮负效应的作用会受到削弱而有利于水稻的生长和收获。

关键词 水稻; 尿素; 氮肥有效性; 稻秆; ^{15}N
中图分类号 S143.14 S141.4

稻秆回田是培肥地力的有效措施, 但由于稻秆的 C/N 大, 分解过程的生物固持作用会与当季作物争夺土壤速效氮素而影响作物生长, 恰当地配施速效氮肥就成为实施本措施需要解决的一个问题。本研究通过不同碳氮比和相同碳氮比不同用量的稻秆混合尿素植稻盆栽试验, 探讨稻秆、尿素及其用量对尿素的平衡帐、水稻的生长、以及尿素氮利用率的影响, 以评价稻秆和尿素混施的优劣和有良好效应的合理配比, 从而为稻秆回田合理配施速效氮肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验处理

试验一见表 1, 试验二见表 2。

表 1 不同量稻秆与等量尿素 (^{15}N) 混合作基肥施用⁽¹⁾

施肥量	处 理							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	U+S0	U+S5	U+S10	U+S15	U+S20	U+S25	U+S30	CK
尿素 ^{15}N 用量 / $mg \cdot kg^{-1}$	250	250	250	250	250	250	250	0
稻秆用量 / $g \cdot kg^{-1}$	0	3.0	7.0	12.0	18.0	25.0	36.0	0
混合肥料 C/N 比	0	5	10	15	20	25	30	—

(1) 处理简称中, 字母 S 右边的数字表示混合肥料的 C/N 比; 处理施用标记 ^{15}N 同位素。

1995-02-22 收稿

* 广东省科学基金资助项目

表2 不同量稻秆与不同量尿素混合作基肥施用⁽¹⁾

处 理	肥 料 施 用 量		处 理	肥 料 施 用 量		混 合 肥 料 C/N比
	尿 素 N /mg · kg ⁻¹	稻 秆 /g · kg ⁻¹		尿 素 N /mg · kg ⁻¹	稻 秆 /g · kg ⁻¹	
1 CK	0	0.0				
2 U _I	150	0.0	7 U _I S _I	150	7.0	15
3 U _{II}	250	0.0	8 U _{II} S _{II}	250	12.0	15
4 U _{III}	350	0.0	9 U _{III} S _{III}	350	16.0	15
5 U _{IV}	450	0.0	10 U _{IV} S _{IV}	450	21.0	15
6 U _V	550	0.0	11 U _V S _V	550	26.0	15

(1) 方案中,U:尿素,S:稻秆:I,II,III,IV,V为用量代号;各处理均重复3次。

1.2 供试土壤

取自广州市石牌地区,为赤红壤坡积物发育的水稻土(0~15 cm耕层土壤)。中壤土,pH6.2,含有机质 10 g/kg,全氮(N)0.55 g/kg,全磷(P)0.54 g/kg和全钾(K)4.50 g/kg;有效氮、磷(P)和钾(K)分别为 48.8, 29.2 和 25.8 mg/kg。

1.3 肥料与施肥

尿素(N46%),氯化钾(K₂O 60%),过磷酸钙(P₂O₅12.6%),稻秆(全氮 0.73%,全碳 43.10%),¹⁵N 尿素,5.13 原子超 %。

肥底:每公斤土施过磷酸钙 1.0 g 和氯化钾 0.5 g。

稻秆经烘干粉碎,与过磷酸钙、氯化钾、尿素一起与土壤混匀做基肥。

1.4 试验经过

试验一、试验二分别于 1990 和 1991 年早造在华南农业大学土化系网室进行。

盆子是陶土盆,每盆装土 4 kg。

施肥后往盆子灌水,保持湿润状态沤田 12~14 d,然后浸水插秧。每盆植 3 穴,每穴 3 株。水稻品种:试验一汕优 63 号,试验二汕优 45。植稻后保持淹水状态直至收获。

收获后考种、称重,试验一采土壤、植株样本作 N, ¹⁵N 分析。

2 结果与分析

2.1 稻秆对尿素氮的利用率及水稻反应的影响

2.1.1 水稻的反应 由表 3 数据可知,尿素单施(处理 U+S 0)对水稻有良好的增产作用。不同量稻秆与该用量尿素混合施用后,水稻的稻秆重和地上部干物重均比尿素单施处理有所下降,混合肥料 C/N 比值高时下降越甚。

然而,当 C/N 比值为 10~20 时,各混施处理间水稻的实粒重(或总粒重)没有显著的差异;与尿素单施的结果亦无显著差异,表 3 中的最高分蘖数、穗数、实粒数、总粒数的统计结果亦说明了这一点。可见,水稻的经济产量在稻秆加尿素 C/N 比值 20 的范围内不会随 C/N 比值的增大而显著减小。

2.1.2 尿素氮的平衡帐 植稻一季后,尿素单施处理(表 4)¹⁵N 总量的 19.1% 和 20.8% 分别为水稻的稻秆和谷粒所吸收利用,总计地上部的利用为 39.9%;混合稻秆施用,尿素 ¹⁵N 被水稻的吸收均随混合肥料 C/N 比值的增大逐步减小,当 C/N 比值增至 30 时(处理 7),尿素 ¹⁵N

表 3 混施不同量稻秆和尿素时水稻的生长和产量反应⁽¹⁾

处理	最高分蘖数	穗数	总粒数	实粒数	实粒重	(实粒+空粒)	重稻秆重	地上部干物重
	株/盆	穗/盆	粒/盆		g/盆			
1. U+S0	36.7 ^a	26.7 ^a	2334 ^a	1836 ^a	30.3 ^a	31.9 ^a	40.6 ^a	72.5 ^a
2. U+S5	37.7 ^a	19.3 ^b	2034 ^a	1546 ^{ab}	24.9 ^b	26.5 ^b	38.4 ^a	64.9 ^b
3. U+S10	30.7 ^a	20.7 ^{ab}	2332 ^a	1682 ^{ab}	27.5 ^b	29.3 ^{ab}	35.8 ^{bc}	65.1 ^b
4. U+S15	32.7 ^a	20.7 ^{ab}	2412 ^a	1778 ^a	29.4 ^a	32.0 ^a	31.6 ^{cd}	63.6 ^b
5. U+S20	30.0 ^a	18.3 ^b	2410 ^a	1730 ^{ab}	28.8 ^{ab}	30.8 ^b	33.5 ^c	64.3 ^b
6. U+S25	17.0 ^b	16.0 ^{bc}	1952 ^b	1274 ^b	21.5 ^b	25.0 ^b	28.7 ^d	53.7 ^c
7. U+S30	11.0 ^b	11.0 ^{cd}	1127 ^b	797 ^c	12.8 ^c	14.2 ^c	19.2 ^c	33.4 ^d
8. CK	13.0 ^b	8.7 ^d	763 ^b	588 ^c	9.7 ^c	9.9 ^c	14.6 ^c	24.5 ^d

(1) 表内纵行数据中, 右上角具有相同字母的平均数间差异不显著. 邓肯氏检验, $P=0.05$

表 4 不同量稻秆与尿素(¹⁵N)混施植稻一季后尿素¹⁵N的平衡帐⁽¹⁾

处 理	水 稻 吸 收						土 壤 残 留		总 回 收		损 失	
	稻 秆		谷 粒		粒 + 秆							
	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%	mg/盆	%
1. U+S0	199.1 ^a	19.1	208.3 ^a	20.8	399.4 ^a	39.9	231.8 ^c	23.2	631.2 ^c	63.1	368.8 ^a	36.9
2. U+S5	151.3 ^{ab}	15.1	159.7 ^b	16.0	311.0 ^b	31.1	311.5 ^d	31.2	622.5 ^c	62.3	377.5 ^a	37.7
3. U+S10	125.9 ^{bc}	12.6	156.9 ^b	15.7	282.8 ^{bc}	28.3	421.6 ^c	42.2	704.4 ^{bc}	70.4	295.6 ^{bc}	29.6
4. U+S15	113.9 ^{bc}	11.4	159.7 ^b	16.0	273.6 ^{bc}	27.4	430.2 ^c	43.0	703.8 ^{bc}	70.4	296.2 ^{bc}	29.6
5. U+S20	106.9 ^{bc}	10.7	142.5 ^b	14.3	249.4 ^d	24.9	441.0 ^c	44.1	690.4 ^{bc}	69.0	309.6 ^b	31.0
6. U+S25	102.1 ^{bc}	10.2	103.3 ^c	10.3	205.3 ^d	20.5	542.5 ^b	54.3	747.9 ^b	74.8	252.1 ^c	25.2
7. U+S30	78.4 ^c	7.8	92.3 ^c	9.2	170.7 ^e	17.1	728.4 ^a	72.8	899.0 ^a	89.9	101.0 ^d	10.1

(1) 表中所有处理尿素 N 用量都为 1 000 mg/盆, 表内纵行数据中, 右上角字母相同的表示差异不显著. 邓肯氏检验, $P=0.05$

被稻秆和谷粒的吸收仅为其施用量的 7.8% 和 9.2%。

表 4 数据还表明, 尿素单施, 其氮素的土壤残留率为 23.2%, 而损失率为 36.9%, 与稻秆混合施用, 当 C/N 比值从 5 增至 30 时, 尿素氮在土壤残留的百分率从 31.2% 增至 72.8%; 但损失率则从 37.7% 减至 10.1%, 只有处理 2(C/N5) 的损失率稍大于尿素单施处理的结果。可见添加稻秆有在土壤中增加尿素氮残留, 并在施用量达到一定时有减少尿素氮损失的作用。

上述结果表明, 稻秆配施尿素作水稻基肥, 当 C/N 调节至 10 ~ 20 时, 尽管水稻吸收的尿素氮量减少, 但对稻谷产量的影响不大; 同时, 尿素氮在土壤中能较好地得到保持, 而损失也较小。可见, 稻秆回田只要恰当配施速效氮也可以得到较好的结果。

2.2 C/N15 时, 混合施用不同量稻秆和尿素对水稻的影响

从图 1 可以看出, 尿素单施, 仅在低用量 (150 mg/kg) 时有增加水稻稻秆重的作用, 其后增加用量对稻秆的增重影响不大; 但达到试验的最高用量 (N550 mg/kg) 时还未导致稻秆收获量的下降。与此同时, 混合施用稻秆在尿素较高用量 ($\geq$ N450 mg/kg) 时还有增加稻秆收获量的作用。

统计检验的结果 (表 5) 亦指出, 尿素单施或混合稻秆施用, 尿素用量与稻秆重间可呈双

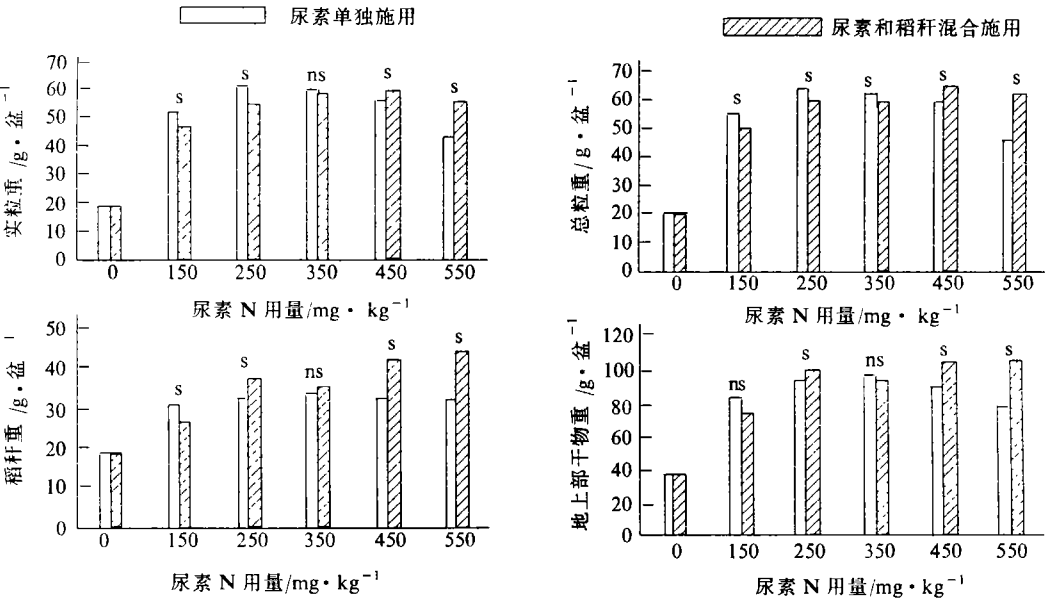


图 1 尿素和稻秆混合施用(C/N 比 15)时水稻的反应
s: 显著, ns: 不显著, $P=0.05$ 时的 t 检验

表 5 尿素氮用量(X)与水稻几个干物质产量(Y)的回归方程⁽¹⁾

施用条件与水稻 干物质类别	回 归 方 程	相 关 系 数
I . 尿素单独施用		
(1) 稻秆	$1/Y=0.029+5.39\times10^{-1}/X$	$r=0.942^{**}$
(2) 实粒	$Y=19.92+0.265X-4.05\times10^{-4}X^2$	$R=0.993^{**}$
(3) 谷粒	$Y=20.23+0.279X-4.23\times10^{-4}X^2$	$R=0.994^{**}$
(4) 地上部	$Y=39.01+0.360X-5.26\times10^{-4}X^2$	$R=0.992^{**}$
II . 尿素和稻秆混合施用		
(1) 稻秆	$1/Y=0.018+2.98\times10^{-3}/X$	$r=0.943^{**}$
(2) 实粒	$1/Y=0.015+8.19\times10^{-4}/X$	$r=0.892^{*}$
(3) 谷粒	$1/Y=0.014+9.15\times10^{-4}/X$	$r=0.932^{**}$
(4) 地上部	$1/Y=0.008+7.78\times10^{-4}/X$	$r=0.948^{**}$

(1)* 表示该相关系数值大于 $P=0.05$ 的 r 值,即为显著; **表示该相关数值大于 $P=0.01$ 的 r 值,即为极显著

曲线方程的回归关系。

图 1 还表明,尿素单独施用,水稻的稻谷产量反应,表现为初始随氮用量的增加而增加,其后(>N350 mg/kg)则逐渐下降,至高氮用量(N550 mg/kg)时还低于尿素低用量(N150 mg/kg)的产量。而混施稻秆后,水稻的产量反应在尿素低用量时会下降而在高用量(450 和 550 mg/kg)时会比尿素单施的更高,这时,该处理取得水稻的最高干物质(地上部)产量。表 5 统计检验结果表明,尿素施用量与水稻的产量反应(总粒重实粒重或地上部干物重),在尿素单施时呈二次曲线回归关系;在添加稻秆并调节混合肥料的碳氮比至 15 时则有所改变,以双曲线方程拟合较好。

可见,调节碳氮比15施用稻秆和尿素,稻秆抑制尿素氮的肥效导致减少稻谷或地上部干物质产量仅在尿素用量较少时发生(本实验是 $<N350\text{ mg/kg}$),而过高尿素用量(单施会导致稻谷减产),混合稻秆对水稻谷粒(或地上部干物重)产量会有促进或对减产有一定的防止作用。

在淹水土壤中,稻秆的分解影响土壤中有效氮素的转化即其固定和释放等(李庆逵等,1992;朱培立等,1986)。当有效氮素的相对供应不足时,氮的生物固定会是其转化的优势过程,从而降低有效氮素对稻的肥效。然而,当高用量的尿素引起水稻不增产或减产时,添加稻秆(合理用量)会固定部分有效氮素,从而降低尿素的供应强度,避免了水稻的过旺生长和由此而造成减产的机会,而新固定的氮素在水稻生长中,后期得以释放(朱培立等,1986;Huang et al,1986),并有利于水稻秸秆、稻穗及谷粒的发育,从而使混施对水稻的生物反应有了优于尿素单施的可能。图1中每一高用量尿素与稻秆混合施用的穗粒状况都对应优于该用量尿素单施所得的结果也证明了这一点。

3 讨论

已有研究结果表明,有机肥料会引起土壤pH值和氧化还原电位的改变等(李庆逵,1992),以至改变与其混合施用的化学氮肥的供氮过程和命运(文启孝,1989),从而影响水稻的生产。而秸秆材料还由于具有较高的碳氮比,对肥料氮有强烈的固定作用(王维敏,1986;林心雄,1980;黄东迈等,1983),以至抑制肥料被水稻的吸收,从而降低水稻的产量(文启孝,1989;黄志武,1993;Huang et al,1989)。

可以认为,以往的研究结果多强调秸秆肥料对化肥氮效果的负影响;相反,对可能存在较好影响的一面缺乏应有的重视,实际上,秸秆影响氮肥利用效率以及作物的产量,是土壤中有效氮素的固定、释放、损失和被吸收这几个方面的综合表现,应当和这两类肥料的施用量和它们的比例有关(刘经荣等,1984;黄志武,1993)。因此,稻秆和尿素混合施用对水稻的生长和产量并不一定都会逊于尿素单独施用的结果。本研究表明,在淹水植稻过程中混合施用稻秆和尿素,它们的用量及比例(可用碳氮比表示)会影响尿素氮被利用的效率、氮的平衡及水稻的产量。但是,当它们各自的用量以及配合的碳氮比合理时,种植水稻可以获得较高的经济产量和降低化肥氮的损失。

参 考 文 献

- 王维敏. 1986. 麦秸、氮肥与土壤混合培养时氮素的固定、矿化与麦秸的分解. 土壤学报, 23(2):97 ~ 105
- 文启孝. 1989. 我国土壤有机质和有机肥料研究现状. 土壤学报, 26(3):255 ~ 261
- 李庆逵主编. 1992. 中国水稻土. 北京: 科学出版社, 235 ~ 237
- 刘经荣, 刘永厚, 张德远, 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, 15(2):49 ~ 53
- 朱培立, 黄东迈. 1986. 土壤水湿状况和肥料碳氮比对稻田肥料氮素转化的影响. 土壤学报, 23(3):251 ~ 261
- 林心雄. 1980. 绿肥和蒿秆在苏南地区土壤中的分解特征. 土壤学报, 17(4):319 ~ 327
- 黄东迈, 高家骅, 朱培立. 1983. 水稻对有机、无机态肥料氮和土壤氮的吸收利用探讨. 土壤学报, 29(1): 1 ~ 10
- 黄志武. 1993. 稻秆与标记 ^{15}N 硫酸铵配合施用对硫酸铵氮有效性和水稻生产的影响. 土壤学报, 30(2): 224 ~ 228
- Huang Z W, Broadbent F E. 1989. The influence of organic residues on utilization of urea N by rice. Fertilizer Research, 18:213 ~ 220

STUDIES ON RICE PLANTATION WITH PROPER COORDINATE FERTILIZATION OF RICE STRAW AND UREA

Huang Zhiwu Lu Renjun

(Lab. of Plant Nutr., South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

Rice pot experiments showed that 1. added rice straw, basal dressed in different quantities with equal amount of urea before rice transplantation, would enhance the urea-N fixed and retained in the soil but lessen its utilization by rice, resulting in the reduction of rice yield. However, no significant difference of filled grain production was observed between the treatments of urea application, as a single dressing and when mixed with rice straw in 10, 15 or 20 C/N ratio. 2. When urea was applied with rice straw both at different rates and the C/N ratio adjusted to 15 wholly, the effect of rice straw on urea fertilizing efficacy and rice yield response was also dependent on the amount of urea. Added rice straw presented the following influences (1) to inhibit the efficiency of N applied in low urea application rate and thus reduce rice production; (2) to alleviate the negative effect of excessive N supply and benefit rice growth and yield response in high urea applications (≥ 450 mg/kg).

Key words rice; urea; rice straw; N fertilizer efficiency; ^{15}N