

尿素配施有机物对水稻生长 和吸收氮素的影响

卢仁骏 黄志武

(作物营养与施肥研究室)

摘要 以¹⁵N标记尿素配施不同有机物(木质素,纤维素,淀粉,稻秆),沤田一个月后盆栽水稻,研究其对水稻生长和吸收氮素的影响。

结果表明:1. 配施木质素,对水稻生长(穗数,谷、秆重)无不良影响,C/N不同,差异不大;配施碳水化合物(纤维素、淀粉)和稻秆均对水稻生长有抑制作用,C/N相同,则淀粉抑制作用大于纤维素,纤维素中则C/N大的比C/N小的抑制作用大,稻秆的抑制作用与纤维素C/N相同的接近。2. 单施尿素的氮利用率(水稻地上部)为49.9%,配施木质素处理的尿素氮利用率与之无差异,配施其他有机物均降低了尿素氮利用率,以稻秆C/N=25:1影响最大,只有26.8%,顺序为稻秆C/N=25:1>纤维素C/N=25:1、淀粉C/N=10:1>纤维素C/N=10:1。3. 单施尿素在土壤中氮残留率为26.2%,配施木质素的残留率与之无差异,配施其他有机物的都增加残留率,尤以稻秆最高,达58.8%;配施有机物有减少尿素氮损失的趋势。4. 施肥处理均大大增加水稻对土壤氮吸收,单施尿素水稻(地上部)吸收土壤氮437.3mg/盆,占全氮59.5%,与配施木质素差别不大,配施稻秆C/N=25:1吸收量之相近,但占全氮比率却达72.3%,配施纤维素、淀粉均减少了对土壤氮的吸收,而占全氮比率则略有提高。

关键词 水稻; 尿素; 淀粉; 纤维素; 木质素; ¹⁵N

有机无机肥料配合施用是七十年代以来合理施肥的方向之一^[9],它有增加土壤有机质,增加土壤有效磷、钾及生物化学活性的作用,因而能够提高农产品的产量与品质^[1,9]。

有机物质在土壤中的分解,对于植物氮素营养有明显的影晌。一方面是有有机物中氮素的释放,除了环境条件的影晌之外,有机物料的化学组成起了关键作用,碳氮比一直被认在在很大程度上是起决定作用的因素,而且20~25:1认为是否有矿质氮积累的临界值^[5,13],也有的研究结果认为有机残体的含氮量比C/N的关系更大^[16],林心雄等则指出,除了C/N值外,木质素含量是决定植物残体分解时释放或固定氮素多少的量重要因素^[7],Fox等^[15]研究了豆科植物残体分解后则认为(木质素+多酚):氮与氮的矿化量相关性最佳。另一方面是有机物分解过程对环境中的氮素的生物固定,这方面不少研究者做了不少工作^[2,3,4,11],所用材料多为秸秆,绿肥,如为秸秆则一般降低了化肥氮的利用而提高了秸秆氮的利用,如是绿肥则两者都有促进,不过,Allison等1962年已指出^[14],麦秆和糖在土壤中分解,微生物固定氮最大值的时间前者是20天,C/N=25:1,后者则2天,C/N=8.3

1992-04-28 收稿

~11.3:1, 前者经75天, 固定氮约释放1/3, 后者则2星期释放出1/3。显然, 有机物中含碳物质分解的难易对于氮素的生物固定和释放是很不相同的, 而这方面见到的资料都是培养分析的结果, 通过栽培作物进行试验尚少有报道。

为此, 本研究选用了四种分解难易差别较大的有机物与标记尿素配合施于水稻, 以研究尿素的生物固定和水稻的吸收、残留、损失, 这对于我们了解有机无机肥料配合施用后化肥氮的固定与利用, 特别是对现在兴起的有机无机复合肥原料的选择可提供有价值的参考。

1. 材料方法

1.1 试验处理

序号	处 理		代号
I	无氮, 无有机物		CK
II	标记尿素, 无有机物		N
III	标记尿素+淀粉	C/N=10:1	C ₃ N-10:1
IV	标记尿素+纤维素	C/N=10:1	C ₆ N-10:1
V	标记尿素+纤维素	C/N=25:1	C ₂ N-25:1
VI	标记尿素+木质素	C/N=10:1	C ₁ N-10:1
VII	标记尿素+木质素	C/N=25:1	C ₁ N-25:1
VIII	标记尿素+稻秆	C/N=25:1	C ₂ N-25:1

重复3次, 盆栽水稻, 每盆装土4kg

1.2 有机物与尿素

淀粉 试剂, 含C38.6% (风干基), 不含氮。

纤维素 试剂, 含C41.9% (风干基), 不含氮。

木质素 粗制品, 是锯末经硫酸水解后的残渣, 用自来水洗至中性, 干燥, 含C56.30% (风干基), 含氮0.61% (风干基), 含木质素52.4% (干基)。

稻秆 粉碎, 含C43.0% (风干基), 含N0.7% (风干基)。

标记尿素 ¹⁵N 原子百分超5.13%。

1.3 土壤

采自华南农业大学农场, 花岗岩坡积物发育的水稻土耕作层。中壤, pH6.4, 有机质2.0%, 全N0.104%, 全P0.022%, 全K0.527%, 碱解有效氮44.0 mg/kg±^[1]。土壤经风干, 粉碎, 过5mm筛。

1.4 施肥

所有处理均施等量过磷酸钙、氯化钾为底肥 (P₂O₅0.15g/kg±, K₂O0.30g/kg±, 标记尿素用量为N0.15g/kg±。1990年3月26日把有机物、尿素、磷肥、钾肥与4kg土拌匀装盆。3月27日浸水, 不施追肥。

1.5 水稻栽培

品种五七占, 4月26日移植, 叶龄5~6片。每盆3穴, 每穴3株, 7月20日收获。收获后取土壤、植株 (地上部) 样本作全N, ¹⁵N分析。

2. 结果和讨论

2.1 水稻的生长 经一个月沤田,加有机物的处理对水稻生长和穗粒性状仍有不同程度的影响(见表1)。

从表列的收获结果和考种性状数据可以看出,配施木质素与单施尿素处理比较,各种性状与产量十分接近,没有明显差异,且不受C/N的影响。配施碳水化合物(淀粉及纤维素)和稻秆的都明显的抑制了水稻生长,表现在穗数、稻秆重、谷粒重都显著低于单施尿素处理,谷粒重虽未达统计显著水准,但数值明显降低,表现出显著的减产趋势。碳水化合物中,C/N相同条件下,则淀粉的抑制作用大于纤维素,表现在显著降低了稻秆重。纤维素中则C/N越大,抑制越明显。稻秆的抑制作用与纤维素C/N相同的近似。

表1 水稻的生长与穗粒性状

处理	株高 (cm)	穗数 (穗/盆)	每穗总粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	实粒重 (g/盆)	稻秆重 (g/盆)
CK	67.2	8.7 ^a	85.5 ^a	77.1	17.4	9.76 ^a	14.6 ^a
N	71.2	22.7 ^a	83.7 ^a	83.2	17.6	28.3 ^a	39.4 ^a
C ₁ N-10:1	67.2	17.0 ^b	104.6 ^{ab}	72.2	17.0	21.9 ^a	28.1 ^b
C ₂ N-10:1	72.4	17.0 ^b	104.5 ^{ab}	78.9	17.2	23.8 ^a	36.6 ^b
C ₃ N-25:1	70.8	13.7 ^b	115.9 ^a	79.1	16.8	21.4 ^a	24.4 ^b
C ₄ N-10:1	72.0	19.7 ^{ab}	88.3 ^b	83.3	17.5	26.0 ^a	39.4 ^a
C ₅ N-25:1	74.3	22.0 ^a	95.1 ^{ab}	82.7	17.1	28.4 ^a	38.7 ^a
C ₆ N-25:1	72.5	15.0 ^b	107.0 ^{ab}	77.6	17.2	23.4 ^a	28.1 ^b

右上角字母表示邓肯氏多重比较(p0.05),纵行字母相同者差异不显著

图1为移植后45天内各处理苗数的变化,可从一个侧面反映出经过一个月沤田后各处理尿素氮的生物固定和释放。

配施木质素的尿素氮生物固定最少,苗数增长速度与单施尿素最接近,最高苗数出现后下降速度较缓,表明有延长化肥肥效的作用;配施纤维素的处理,尿素N生物固定随C/N增高而增强,C/N=10:1的则植后25天内苗数变化与木质素相仿,但最高苗数略低,C/N=25:1的处理,则植后40天内,尿素氮仍全被微生物固定,所以苗数变化与不施氮基本一样;配施淀粉(C/N=10:1)和稻秆(C/N=25:1)的处理,植稻25天内,氮素仍以固定为主,除了固定

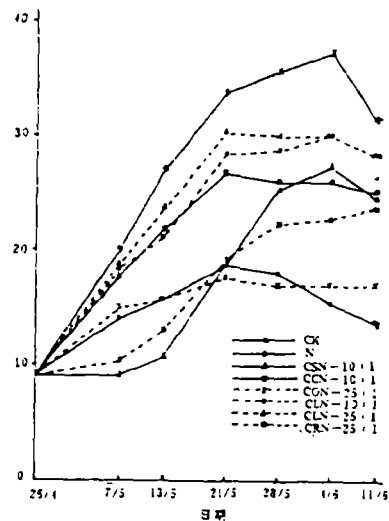


图1 水稻苗数的变化

尿素N外,土壤中的可给态氮也被固定,所以苗数明显少于不施氮的处理,25天以后则固定的氮重新释放,故苗数明显上升,不过前期固定和后期释放都是淀粉比稻秆强度大;稻秆与纤维素C/N相同进行比较,前期固定较强烈,后期释放强度也较大,因为稻秆中除了

纤维素外, 还有其他易分解的碳源。

2.2 水稻对氮素的吸收利用

表2 水稻(地上部)吸收尿素N与尿素N的残留、损失

处理	稻秆吸 N(mg/盆)		谷粒吸 N(mg/盆)		尿素 N 利 用率(%)	土壤残留		损 失	
	¹⁵ N	土壤	¹⁵ N	土壤		¹⁵ N(mg/盆)	%	¹⁵ N(mg/盆)	%
CK		99.9		101.2					
N	138.7 ^a	201.0	159.5 ^a	236.3	49.9	156.7 ^c	26.2	143.2 ^{ab}	23.9
C ₃ N-10:1	85.6 ^b	151.6	117.6 ^b	208.3	34.0	261.0 ^a	43.6	133.7 ^{ab}	22.4
C ₃ N-10:1	122.0 ^{ab}	179.0	114.7 ^b	182.8	39.6	167.3 ^c	28.0	194.0 ^a	32.4
C ₂ N-25:1	95.5 ^b	161.6	98.1 ^b	196.1	32.4	288.6 ^{ab}	48.3	115.9 ^b	19.4
C ₁ N-10:1	135.3 ^a	195.8	162.4 ^a	227.8	49.8	178.3 ^c	29.8	122.0 ^b	20.4
C ₁ N-25:1	144.5 ^a	215.9	178.8 ^a	242.0	54.1	182.4 ^c	30.5	92.3 ^b	15.4
C ₂ N-25:1	62.1 ^b	165.1	98.0 ^b	251.8	26.8	351.8 ^a	58.8	86.1 ^b	14.4

右上角字母表示邓肯氏多重比较(P0.05), 纵行字母相同者差异不显著

2.2.1 尿素氮的吸收

单施尿素当季水稻(地上部)利用率达49.9%, 一般认为尿素面施水稻利用率不超过40%^[10], 因为我们肥料与整盆土壤拌匀, 高于面施是合理的。

配施木质素的尿素氮利用率为49.8%~54.1%, 与单施尿素比较差异不显著, 若以稻谷N%dff(即标记肥料N占全N的百分数)对稻草N%dff比值衡量各种N“源”对稻谷N的贡献^[6], 则单施尿素为0.99, 尿素+木质素C/N=10:1为1.01, 尿素+木质素C/N=25:1为1.06, 表明加木质素后尿素对稻谷贡献较大, 转化率也高。

尿素配施碳水化合物都降低了利用率(分别为32.4%, 34.0%和39.6%), C/N相同则配施纤维素的利用率大于配施淀粉, 同是配施纤维素则C/N小的利用率大于C/N大的。

配施稻秆C/N=25:1利用率最低, 只有26.8%, 低于配施纤维素同一C/N水平的, 可能是稻秆除了纤维素之外, 其他易分解碳源也产生了影响。

尿素氮的土壤残留与吸收相反, 利用率高的残留率低, 故配施稻秆残留率最高, 次为配施纤维素C/N=25:1, 淀粉C/N=10:1, 而单施尿素、配施木质素及纤维素C/N=10:1的残留率最低。

尿素氮的损失, 除了配施纤维素C/N=10:1高于单施尿素之外(达23.9%), 其余加有机物的都低于单施尿素的23.9%, 这有利于减少氮素的损失。

2.2.2 土壤氮的吸收

施尿素处理均比不施氮处理大幅度增加水稻吸收土壤氮素, 从增加50%至1倍多。

单施尿素的水稻地上部吸收土壤氮占全N59.5%(谷秆中的比例一致), 与黄东迈等^[12]指出的土壤氮占2/3左右一致。配施木质素的吸收土壤氮量与单施尿素的无差异, 占全N比率分别为58.1%和58.6%。配施碳水化合物的降低了水稻吸收土壤氮量, 占全N比率略有提高。配施稻秆C/N=25:1的吸收土壤氮量(尤其是谷粒)与单施尿素很接近, 但占全N的比率达72.3%, 为什么稻秆对水稻吸收土壤氮素影响不大, 有待进一步探讨。

3. 小结

尿素配施木质素后不会降低尿素的肥效, 对水稻生长无不利影响。

尿素配施稻秆、纤维素、淀粉, 沤田一个月后移植水稻, 仍显著抑制水稻分蘖, 以致降低穗数, 影响产量。显著减少了尿素氮的吸收, 尤以稻秆 C/N=25:1 影响最严重, 其顺序是: 稻秆 C/N=25:1 > 纤维素 C/N=25:1、淀粉 C/N=10:1 > 纤维素 C/N=10:1。

配施稻秆、纤维素、淀粉显著增加了尿素氮在土壤残留, 尤以稻秆残留比率最高。

配施有机物有减少尿素氮损失的趋势。

致谢 中国农科院原子能研究所帮助分析土壤、植株样本全氮和¹⁵N, 谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析法. 上海: 上海科技出版社, 1978, 62~136
- 2 王维敏、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, 1986, 23 (2): 97~105
- 3 朱培立等. 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, 1986, 23 (3): 251~261
- 4 沈中泉等. 有机和无机氮肥配合施用连应效果的研究. 土壤通报, 1983 (6): 17~20
- 5 陈华葵、樊庆生主编. 微生物学. 北京: 农业出版社, 1979, 215~216
- 6 吴毅文等. 免粪尿——硫酸铵和土壤氮在水稻植株体上的分布. 土壤学报, 1991, 28 (2): 161~167
- 7 林心雄等. 绿肥和藁秆等在苏南地区土壤中的分解特征. 土壤学报, 1980, 17 (4): 319~327
- 8 张业海等. 有机——无机肥配施对甘蔗产量及品质的影响. 土壤通报, 1991, 22 (4): 184~186
- 9 金维续等. 有机——无机肥料配合施用研究的进展 (1973~1983). 土壤肥料, 1984 (3): 8~10
- 10 郭智芬等. 氮肥在稻田中的吸收、损失与提高氮肥利用率的研究. 原子能农业应用, 1980 (1): 24~29
- 11 柯福源等. 麦秆还田条件下水稻对氮肥的吸收研究. 土壤通报, 1991, 21 (4): 176~179
- 12 黄东迈等. 有机、无机肥料氮在水稻——土壤系统中的转化与分配. 土壤学报, 1981, 18 (2): 107~121
- 13 浙江农业大学主编. 农业化学. 上海: 上海科技出版社, 1980, 64
- 14 Allison F E et al. Rates of immobilization and release of nitrogen following additions of carbonaceous materials and nitrogen. *Soil Sci*, 1962, 93 (6): 383~386.
- 15 Fox R H et al. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin and nitrogen contents. *Plant and Soil*, 1990, 129 (2): 251~259
- 16 Iritani W M et al. Nitrogen release of vegetable crop residues during incubation as related to their chemical composition. *Soil Sci*, 1960, 89 (2): 74~82

EFFECTS OF UREA APPLIED WITH ORGANIC MATERIALS
ON RICE GROWTH AND ABSORPTION OF NITROGEN

Lu Renjun Huang Zhiwu

(Laboratory of Crop Nutrition and Fertilization)

Abstract The influence of labeled ^{15}N urea applied respectively with different kinds of organic materials (lignin, cellulose, starch and rice straw) on rice growth and nitrogen uptake by rice was studied in a rice pot experiment with soil pre-flooded for 30 days.

When urea was applied, 1. with lignin, no undesirable rice growth (spike number, straw or panicle dry weight) was observed and the response of rice was not related to the C/N ratios of mixtures; 2. with carbohydrates (cellulose, starch) and rice straw, the retarding effects on rice growth were indeed. Under same C/N ratio conditions, as for these retarding effects, the performance of rice straw was similar to that of cellulose, but the starch presented stronger one than cellulose did although the effects of cellulose plus urea in high C/N ratio were bigger than those in lower C/N ratio.

When urea was applied alone, its nitrogen recovered by rice plants or residual in soils were respectively observed as 49.9% or 26.22%. These values were not correspondingly much different with those obtained by mixation of urea and lignin. The addition of other organic materials, however, would enable urea-N to obtain increase of its residual in soils and decrease of its recovery by rice plants or losses (except C/N-10:1) although the mixation of rice straw presented the highest urea-N residual (58.8%) in soils, or the lowest value of its recovery (26.8%) and losses (14.4%). In addition, the comparison of organic materials resulted in undesirable urea-N recovery by rice plants was observed as rice straw (C/N ratio 25) > cellulose (C/N ratio 25), starch (C/N ratio 10) > cellulose (C/N ratio 10).

Application of all fertilizers would increase soil-N uptake by rice. When urea was applied alone, 437.3mg/pot of soil-N (as 59.5% of total N in rice plants) was absorbed by rice. This value was not significantly different with those in the treatment of urea plus lignin, as well as in the urea plus rice straw treatment though its soil-N uptake reached 72.3% of total N in rice plants. Nevertheless, mixation of cellulose or starch would reduce soil-N uptake by rice and increase its proportion of total N in rice plants a little.

Key words Rice; Urea; Starch; Cellulose; Lignin; ^{15}N