

# 施用预处理秸秆对土壤供氮特征及菠菜产量和品质的影响

张娟 沈其荣\* 冉炜 徐勇 徐阳春

(南京农业大学资环学院 南京 210095)

**摘要** 采用盆栽试验方法,研究了施入经过预处理的水稻秸秆(预处理秸秆)后土壤的供N特征和菠菜产量与品质的变化。研究表明,经预处理后,秸秆中纤维素、半纤维素和二氧化硅的含量显著降低,但可溶性物质含量显著增加;预处理秸秆与N肥配合使用,土壤中微生物量N、有效态N( $\text{NO}_3^-$ -N和 $\text{NH}_4^+$ -N)含量显著增加,并且在供N方式上具有鲜明的渐进性和持续性;第41天时每钵菠菜的鲜重比对照增产81.4%,菠菜中Vc含量高于单施尿素处理,硝酸盐积累量低于单施尿素处理。可见预处理秸秆配施N肥能显著改善土壤的供N能力,提高菠菜的产量和品质。

**关键词** 预处理秸秆;供N能力;菠菜;产量品质

**中图分类号** S141; S571

施用N肥是提高蔬菜产量的有效途径之一,然而大量施N肥,不仅降低肥料的利用率,也使蔬菜中硝酸盐含量成倍增加。有研究发现人体摄入硝酸盐的81.2%来源于蔬菜<sup>[1]</sup>,尤以根菜类和叶菜类蔬菜富集硝酸盐较多。以往对蔬菜硝酸盐积累的研究,主要是集中于N肥处理的影响,包括N肥品种、施肥时期和硝化抑制剂的应用等<sup>[2,3]</sup>。近年来有机肥特别是秸秆还田后对土壤肥力及粮食作物产量品质的研究比较多<sup>[4-6]</sup>,而对于秸秆制成的有机肥施入土壤后其土壤矿质态N以及蔬菜的产量和品质的影响报道较少。已有研究表明<sup>[7]</sup>,利用秸秆制成的生物有机肥在作物的生长期中增大了营养库,同时提高了土壤肥力和肥料中N的利用率,揭示了秸秆生物有机肥的供N机理。本文在此基础上进一步利用盆栽试验研究了经过预处理的水稻秸秆对土壤微生物量N、矿质态N及菠菜产量和品质的影响,旨在

为预处理秸秆合理施用提供理论依据,并探讨预处理秸秆有机肥对改良蔬菜品质的作用。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

**1.1.1 预处理秸秆** 将成熟的水稻秸秆在混合水解液中水解2天(水解液成分因涉及专利而未能写出),分解成细碎末状用稀碱中和后风干即可。

**1.1.2 供试土壤** 黄棕壤,采自江苏句容市,风干后磨细过筛备用。土壤的基本性状为:有机质22.1 g/kg、全N 0.74 g/kg、 $\text{NO}_3^-$ -N 15.25 g/kg、 $\text{NH}_4^+$ -N 6.03 g/kg、速效P(P) 27.34 g/kg、速效K(K) 35.87 g/kg、pH值(1:1.5水) 6.20。有机物料分为原始秸秆(未经过预处理的水稻秸秆)和预处理秸秆,其基本性状见表1。

**1.1.3 供试作物** 上海圆叶菠菜。

表1 试验用原始秸秆和预处理秸秆的基本性状(g/kg,风干样)

Table 1 Properties of the raw straw and pretreated straw used in the experiment (g/kg)

物料	全N	全C	C/N	水溶性			半纤维素	纤维素	木质素	二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )
				C	N	C/N				
原始秸秆	8.1	426.1	52.6	45.7	2.7	16.9	177.9	288.4	64.2	152.3
预处理秸秆	12.0	258.2	21.4	61.1	3.3	18.5	51.2	245.2	79.3	75.2

国家科技部 863 项目 (2001AA246091)

\* 通讯作者(qrshen@njau.edu.cn)

## 1.2 盆栽试验

盆栽试验于 2002 年 3 月中旬到 5 月初在南京农业大学网室内进行。试验处理为: CK (土壤), FN (尿素), RS (原始秸秆), TS (预处理秸秆), RS+N (原始秸秆+尿素), TS+N (预处理秸秆+尿素), 共 6 个处理。尿素施用量为 N 100 mg/kg, 秸秆施用量为 2 g/kg; 基肥一致, 施用  $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$  (含 P 50 mg/kg, K 125 mg/kg)。由于不同秸秆本身加入 N 量的差异很小, 因此, 秸秆不同所加入 N 量对土壤供 N 特性作用的差异可以忽略不计。秸秆粉碎后和肥料 (包括尿素和基肥 PK) 一次性与土壤混匀后装盆钵, 加水使土壤的含水量保持在田间最大持水量的 60%, 并在整个试验过程保持此土壤含水量。3 月 10 日播种菠菜, 出苗后留苗 20 株, 每个试验处理设 21 个重复, 在播种后 2、7、14、21、31、41、51 天分别采土壤和植株样品, 由于菠菜在播种后 1 周才出苗, 前几次采样植株较小, 故植株样品自 31 天后进行分析, 每次取 3 个处理重复进行分析。

## 1.3 测定方法

土壤微生物量 N 采用氯仿熏蒸灭菌- $\text{K}_2\text{SO}_4$  浸提法<sup>[8,9]</sup>。称取相当于 25 g 烘干土的新鲜土样 (过 5 mm 筛) 3 份, 放入真空干燥器内, 同时放入盛有无醇氯仿的烧杯, 抽真空使氯仿沸腾 5 min, 25 °C 下放置 24 h 后, 取出烧杯反复抽真空以排除氯仿, 然后加入 0.5 mol/L  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (液: 土 = 4:1), 振荡 30 min, 过滤后测定其中的微生物量 N, 用开氏定 N 法测定其中 N 的含量。对于未灭菌的土壤同样按上述方法进行提取并测定滤液中 N 的含量。土壤微生物量 N ( $B_N$ ) 计算:  $B_N = 2.22E_N$ <sup>[9]</sup> 其中  $E_N$  = 灭菌土壤提取

液中 N-未灭菌土壤提取液中的 N。

土壤  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  与  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ , 测定方法为: 称取过 5 mm 筛新鲜土样 6.5 g 于 100 ml 塑料瓶中, 加入 2 mol/L KCl 溶液 50 ml, 振荡 0.5 h (液: 土=10:1), 立即过滤于 150 ml 三角瓶中。稀释滤液后用自动连续流动分析仪测定速效 N。

菠菜鲜重在采样后用去离子水洗净擦干称重, 可食部分中硝酸盐含量用水杨酸法测定<sup>[10]</sup>, Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定<sup>[10]</sup>, 叶绿素用日产的 SPAD 仪测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤微生物量 N 的变化

土壤微生物量 N 含量是土壤微生物对 N 素矿化和固持作用的综合反映, 它通过土壤微生物对土壤中矿质态的固持和微生物对有机 N 的分解而成为土壤 N 素循环与转化过程中非常重要的部分<sup>[11,12]</sup>。微生物量 N 的数量和活性大小除与当时的土壤状况及环境条件密切相关外, 还极大的受加入土壤中有有机、无机肥料的 C、N 供应的影响<sup>[13,14]</sup>。

图 1 是试验各处理在不同采样时间土壤微生物量 N 的动态变化。结果表明, 在施肥 1 周内, 无论尿素单施或配施秸秆处理, 土壤的微生物量 N 都显著高于对照处理 (CK), 但不同的肥料组合对土壤微生物 N 的影响也不尽相同, 以秸秆配施 N 肥的处理 (RS+N 和 TS+N) 增加最快, 分别比 CK 增加 73.58%、70%, 单施尿素比 CK 高 45.72%, 并且配施秸秆处理与尿素单施处理存在显著差异, 可见在施入外源无机或有机 N 肥时, 土壤中的微生物量在短期

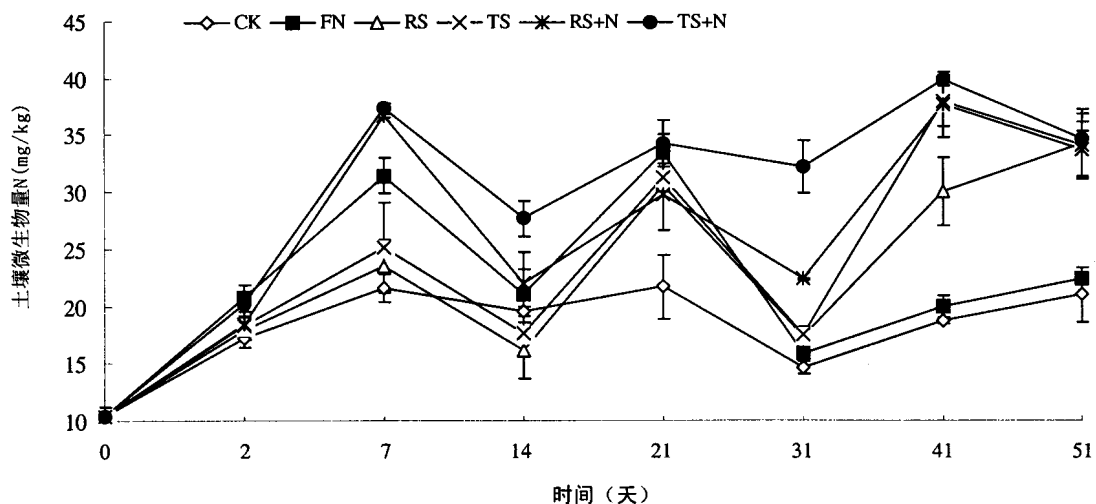


图 1 土壤中微生物量 N 的变化

Fig. 1 Changes in soil microbial biomass nitrogen

内都会显著增加，有机肥和无机肥配施时增加量更大。这是由于肥料施入土壤后给土壤微生物提供了大量的能源和养分，刺激它们的活动与繁殖<sup>[15]</sup>。

从整个试验期间微生物量 N 的动态变化来看，预处理秸秆配施 N 肥处理的微生物量 N 都比其它所有处理都高，并且变化比较平缓，显示出预处理秸秆具有优良的渐进性和持续性的供 N 性能。经过预处理后，稻秆表面的难以降解的蜡质减少，纤维素和半纤维素比原始稻秆减少了近一半，影响禾本科作物秸秆降解的二氧化硅含量也显著减少，而能够被微生物快速利用的水溶性 C 含量增加（表 1），由于原始秸秆中含有较多的难降解物质，不易被微生物直接利用，从而影响限制了微生物对土壤和肥料中 N 素的固定。因此，施用预处理秸秆能够改善土壤的供 N 性能。

预处理秸秆配施尿素处理克服了单施尿素处理和单施秸秆处理微生物对 N 素固定作用不稳定的缺点。单施尿素处理在整个生长期的微生物量 N 变化不稳定，到生长后期时，微生物量 N 已与对照接近。单施尿素微生物量 N 的不稳定变化，可能与土壤有机质矿化速率变化有关。另一方面，单施稻秆处理在整个生长期的微生物量 N 变化也不稳定。虽然单施秸秆处理增加了能源物质，但 N 素含量相对较低，

前期固定 N 素受到限制，随着土壤 N 库中有机 N 的不断矿化，其微生物量 N 也有所升高。秸秆配施 N 肥处理则在整个生长期的微生物量 N 变化稳定，表明 N 源和 C 源的协调供应是维持土壤微生物固定作用、保持土壤稳定供 N 的重要方式。前人的研究结果也表明，有机无机配施有利于微生物对无机 N 的固持<sup>[16]</sup>，被微生物固定的这部分 N 素在作物的生长后期，土壤供 N 不足时可再矿化为无机 N 供作物吸收利用<sup>[17]</sup>，微生物量 N 呈现出固定-释放-固定-释放的动态变化<sup>[18]</sup>。

## 2.2 土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的变化

由各个处理在土壤中的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的动态变化（图 2）可以看出，在 0~7 天的试验期间，各个处理的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  含量都有上升趋势，并且递增的程度不同，其变化顺序为  $\text{FN} > \text{TS+N} > \text{RS+N} > \text{TS} > \text{RS} > \text{CK}$ ，这表明在此时间内尿素水解为  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的作用较强，同时在硝化细菌的作用下，也在发生着由  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  向  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  的转化过程（图 3），其中对照土壤无外源 N 素施入， $\text{NH}_4^+\text{-N}$  主要是从土壤本身有机 N 的矿化而来，这部分  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  很快就转化为  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ， $\text{NH}_4^+\text{-N}$  在第 7 天降低到最低点，并且在整个试验过程中变化较小，单施秸秆的两个处理（TS 与 RS）与对照有相同的变化趋势。

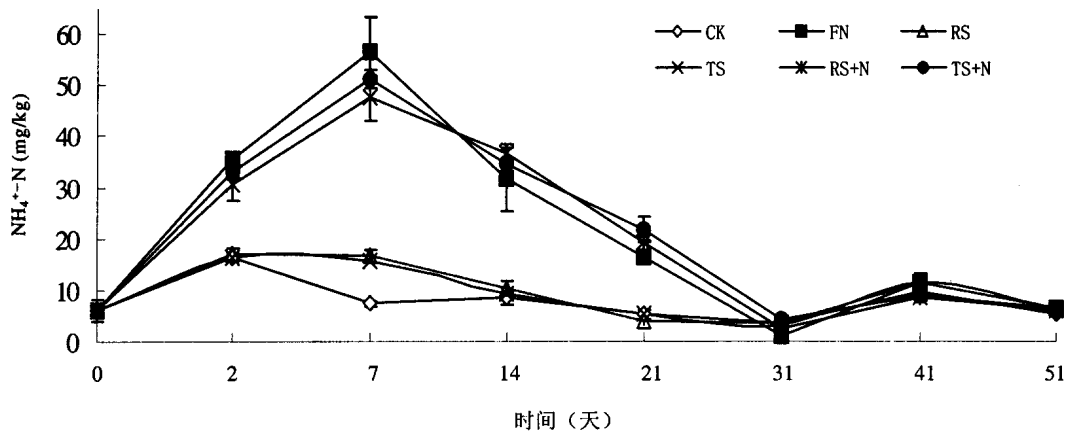
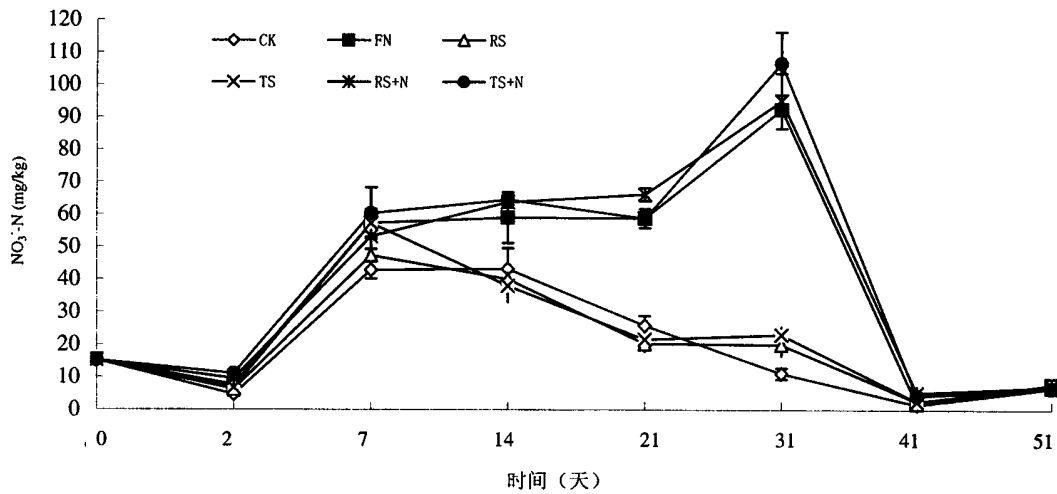


图 2 土壤中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的变化

Fig. 2 Changes in soil ammonium ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )

尿素配施秸秆处理与单施尿素相比，所加的外源 N 素是相同的，在 0~7 天时间段内  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  却比单施尿素略低，主要是由于稻秆在增加土壤外源 N 素的同时也增加了土壤的 C 源物质，刺激了微生物的活动，使得一部分水解出的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  被微生物固定所致（图 1），这与巨晓棠等<sup>[19]</sup>的研究结果相一

致，从而就相应地减少了土壤中的无机 N。从图 2 还可以看出，各个施 N 肥处理土壤的  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  均在 1 周内达到最大值，1 周后  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  浓度明显下降，到 31 天时达到最低，这与作物的吸收和土壤的硝化作用有关。

图 3 土壤中  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的变化Fig. 3 Changes in soil nitrate ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ )

### 2.3 土壤 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化

随着  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的消长, 土壤中的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  也相应的有所变化, 从图 3 可以看出, 土壤在施入 N 肥后,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  是土壤的 N 素存在的主要形态, 并且随着试验时间的延长,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  呈不断增加的趋势, 到 31 天时达到最高值, 41 天时达到最小值, 除了与作物的吸收利用有关外, 与土壤微生物固 N 作用也有密切的关系 (图 1)。在 14 天前土壤的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  含量以单施尿素处理高, 主要是因为尿素水解后发生硝化作用, 土壤 N 素形态发生转化, 而秸秆配施尿素处

理在前期 (14 天) 的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  比单施尿素低, 这与微生物的固定 N 素作用有关 (图 1), 随着作物吸收利用单施尿素处理的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  有所下降, 而配施秸秆处理土壤的部分微生物量 N 重新矿化释放出来, 因此在后期 (21 天到 31 天) 其  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  与单施尿素处理没有显著差异。施 N 肥处理土壤维持了较高的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  水平, 为作物的生长提供了充足的 N 源, 促进了作物的生长和对 N 素的吸收 (表 2), 但是也增加了  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  淋失的风险, 在施用时可适量减少 N 肥的投入。

表 2 施肥对菠菜鲜重产量的影响 (g/钵)

Table 2 Effect of fertilization on the fresh yield of spinach (g/pot)

处理	试验时间 (天)			
	21	31	41	51
CK	6.3 ± 0.9 c	26.3 ± 0.7 c	35.9 ± 1.1 C	38.8 ± 4.0 c
FN	8.6 ± 0.7 b	34.2 ± 0.8 b	57.4 ± 1.5 B	62.1 ± 0.3 b
RS	6.7 ± 0.6 c	27.4 ± 1.8 c	31.5 ± 3.4 C	32.1 ± 1.9 d
TS	8.6 ± 0.2 b	27.1 ± 1.0 c	31.3 ± 3.8 C	31.3 ± 4.8 d
RS + N	9.5 ± 1.6 ab	34.4 ± 0.8 b	63.9 ± 3.1 AB	67.9 ± 3.5 ab
TS + N	11 ± 0.8 a	38.3 ± 1.6 a	66.4 ± 2.9 A	70.4 ± 1.5 a

注: ABC 与 abc 分别是 LSD 检验 1% 和 5% 显著性。

与施用 N 肥相比, 不施 N 肥的各个处理 (CK、TS 和 RS), 其  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  在 0 ~ 7 天有所升高, 这主要是土壤本身硝化作用的结果, 由于供试土壤肥力较高, 土壤硝化作用也比较强, 同时也说明土壤的硝化作用在 1 周时间内很快完成, 从作物整个生长期看, 不施 N 肥处理土壤中的  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  的含量显著低于施 N 肥各处理, 进一步表明单施秸秆的短期

行为主要是减少了土壤有效态 N 的供给量, 易发生土壤微生物与作物争 N, 从而影响作物的生长; 但从另一方面讲, 避免了  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  的淋失损失, 从充分利用养分资源、培养地力和保护环境方面考虑是有利的。

### 2.4 对菠菜的产量和品质的影响

不同的施肥处理对土壤的有效态 N ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$  和

$\text{NO}_3^-$ -N) 的影响较大 (图 1 和图 2), 对菠菜生长也有显著影响, 从菠菜的产量统计分析结果来看 (表 2), 几次采样的菠菜每钵鲜重都以预处理秸秆配施 N 肥最高, 差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 其中预处理秸秆配施 N 肥在 41 天和 51 天分别比单施尿素处理增加 15.7% 和 13.4%, 原始秸秆配施 N 肥处理与单施尿素相比产量有所增加, 但差异不显著, 由此可见预处理秸秆配施 N 肥能够显著增加菠菜的鲜重, 提高菠菜的产量。单施秸秆处理的菠菜产量比对照低, 主要是因为秸秆施入土壤后促进了土壤微生物对 N 素的固定, 减少了土壤中有效态 N 的含量 (图 1、图 2), 出现了菠菜与土壤微生物争 N 现象,

影响了菠菜的生长, 因此秸秆施用时应配施适量的 N 肥。

施用有机肥料是降低蔬菜硝酸盐积累, 提高产品营养价值的有效措施<sup>[20 21]</sup>。从 31 天采样分析看 (表 3), 单施尿素菠菜体内的硝酸盐积累量为  $561.9 \text{ } \mu\text{g}/(\text{g FW})$ , 而秸秆配施 N 肥 (TS+N 和 RS+N) 的分别为  $282.6 \text{ } \mu\text{g}/(\text{g FW})$  和  $370.9 \text{ } \mu\text{g}/(\text{g FW})$ , 比单施尿素处理分别降低了 49.7% 和 34.0%, 41 天时各个处理的硝酸盐含量都有所降低, 但单施尿素处理还是显著的高于其它各处理, 可见秸秆配施 N 肥能显著降低菠菜体内的硝酸盐积累量, 并且菠菜体内的硝酸盐积累量随着施肥时间的延长有下降的趋势。

表 3 施肥对菠菜品质的影响

Table 3 Effects of fertilization on the quality of the spinach

处 理	31 天			41 天		
	叶绿素	Vc	$\text{NO}_3^-$ -N	叶绿素	Vc	$\text{NO}_3^-$ -N
	SPAD (%)	(mg/(gFW))	( $\mu\text{g}/(\text{gFW})$ )	SPAD (%)	(mg/(gFW))	( $\mu\text{g}/(\text{gFW})$ )
CK	23.9 ± 1.5 d	255 ± 21 A	69.2 ± 3.2 d	23.1 ± 0.8 C	439 ± 28A	64.3 ± 8.1CD
FN	32.2 ± 1.3 ab	109 ± 7.9 C	562 ± 18a	32.3 ± 1.9 B	247 ± 33C	162 ± 5.4A
RS	27.4 ± 1.4 c	174 ± 3.0 B	61.9 ± 2.0d	16.7 ± 0.9 D	411 ± 21AB	53.2 ± 5.7C
TS	28.7 ± 1.9 c	273 ± 15 A	57.7 ± 0.9d	18.5 ± 1.4 D	472 ± 16A	15.5 ± 0.9E
RS+N	30.9 ± 4.6 b	88.7 ± 2.7 C	371 ± 6.4b	33.5 ± 0.9 B	252 ± 9.5B	57.2 ± 1.6BC
TS+N	32.8 ± 1.4 a	115 ± 2.1 C	283 ± 8.9c	39.4 ± 1.4 A	369 ± 2.9B	81.7 ± 6.5B

注: ABC 与 abc 分别是 LSD 检验 1% 和 5% 显著性。

菠菜体内 Vc 含量均以单施预处理秸秆的最高, 31 天、41 天单施预处理秸秆 Vc 含量分别是单施尿素处理的 2.5 倍和 1.9 倍, 对照处理的 Vc 含量也显著高于施用 N 肥处理。从营养学角度出发, 应少施或不施无机 N 肥效果好, 但是其产量和商品可观性较差, 即表 3 所示不施 N 肥各处理叶片的叶绿素含量显著低于施 N 肥的各个处理, 并影响了菠菜的商品外观, 并且产量降低幅度大。

综合菠菜产量和品质分析结果 (表 2、表 3) 可知, 预处理秸秆配施 N 肥处理的产量最高, 叶色绿, Vc 含量比单施尿素处理的高, 并且在出苗后 34 天 (即播种后 41 天) 收获时的硝酸盐积累量也很低; 单施尿素处理虽然产量与配施秸秆差异不显著, 但是品质却显然不及配施秸秆处理的, 因此预处理秸秆配施无机 N 肥是生产优质高产的蔬菜的一项行之有效的技术措施。

### 3 结 论

(1) 秸秆配施尿素施入土壤后, 能显著促进土

壤微生物的活动和增殖, 增加了土壤微生物对土壤和肥料 N 素的固定作用, 并且经过预处理的稻秆效果好于未经处理的原始稻秆, 与单施尿素相比有更多的无机肥料 N 素被固定, 对提高 N 肥利用率有重要意义;

(2) 秸秆配施 N 肥和单施尿素处理均能显著提高土壤中有效态 N 的含量 ( $\text{NO}_3^-$ -N 和  $\text{NH}_4^+$ -N), 为作物生长提供了充足的 N 源, 单施尿素的肥料释放较快, 而秸秆配施 N 肥的肥效持续的时间比单施尿素要长, 在土壤供 N 方式上更具渐进性和持续性;

(3) 施用尿素处理 (TS+N、RS+N 和 FN) 显著增加了菠菜的产量, 以预处理秸秆配施尿素的产量最高, 并且菠菜体内硝酸盐的积累量比单施尿素的低, 而可食部分的 Vc 含量和叶片的叶绿素含量高; 单施秸秆处理虽然菠菜体内硝酸盐积累量小、Vc 含量高, 但叶色黄, 商品可观性差, 产量低。可见预处理秸秆有机肥对改良蔬菜品质有一定的调控作用。

## 参考文献

- 1 沈明珠, 翟宝杰. 蔬菜硝酸盐累积的研究. 园艺学报, 1989, 9 (4): 41 ~ 48
- 2 任祖淦, 邱孝煊, 蔡元呈等. 化学氮肥对蔬菜累积硝酸盐的影响. 植物营养与肥料学报, 1997, 3 (1): 81 ~ 84
- 3 陈清, 郑兴耘, 温贤芳等. 双氰胺对肥料氮在土壤中的转化及硝酸盐在芹菜体内累积的影响. 核农学通报, 1996, 17 (6): 269 ~ 272
- 4 程励励, 文启孝, 李洪. 稻草还田对土壤氮素及水稻产量的影响. 土壤, 1992, 24(5): 234 ~ 238
- 5 黄娅琳. 稻草还田对水稻的增产效应及对土壤肥力的影响. 土壤肥料, 1997, (2): 18 ~ 20
- 6 李科江, 张素芳, 贾文竹等. 半干旱地区长期施肥对作物产量和土壤肥力的影响. 植物营养与肥料学报, 1999, 5 (1): 21 ~ 25
- 7 张亚丽, 张娟, 沈其荣等. 施用秸秆生物有机肥对土壤供氮能力的影响. 应用生态学报, 2002, 13 (12): 1575 ~ 1578
- 8 Brookes PL, Andman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biol. Biochem., 1985b, 17: 837 ~ 842
- 9 Powlson DS, Broockes PC, Christensen BT. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of change in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biol. Biochem., 1987, 19:159 ~ 164
- 10 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 1999, 123 ~ 125, 146 ~ 149
- 11 沈其荣, 王岩, 史瑞和. 土壤微生物量和固定态铵的变化及水稻对残留 N 的利用. 土壤学报, 2000, 37 (3): 330 ~ 337
- 12 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用不同有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响. 土壤学报, 2002, 39 (1): 89 ~ 95
- 13 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992, 251 ~ 266
- 14 沈其荣, 余玲, 刘兆普等. 有机无机肥料配合施用对滨海盐土土壤微生物量氮及供氮特征的影响. 土壤学报, 1994, 31(3): 287 ~ 293
- 15 沈其荣, 史瑞和. 土壤预处理对不同起源氮矿化的影响. 南京农业大学学报, 1991, 14 (1): 54 ~ 58
- 16 韩晓日, 郭鹏程, 陈恩凤等. 土壤微生物对施入肥料氮的固持及其动态研究. 土壤学报, 1998, 35 (3): 412 ~ 418
- 17 庞欣, 张福锁, 王敬国. 不同供氮水平对根际微生物量氮及微生物活度的影响. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (4): 476 ~ 480
- 18 王维敏. 麦秸、氮肥与土壤混合培养时氮素的固定、矿化和麦秸的分解. 土壤学报, 1986, 23 (2): 97 ~ 105
- 19 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 尿素与 DCD 和有机物料配施条件下氮素的转化和去向. 中国农业科学, 2002, 35 (2): 181 ~ 186
- 20 庄舜尧, 孙秀廷. 氮肥对蔬菜硝酸盐积累的影响. 土壤学进展, 1995, 23 (3): 29 ~ 35
- 21 任祖淦, 邱孝煊, 蔡元呈等. 化学氮肥对蔬菜硝酸盐污染影响的研究. 中国环境科学, 1997, 8 (4): 326 ~ 329

## EFFECTS OF THE APPLICATION OF PRETREATED RICE STRAW WITH NITROGEN FERTILIZER ON SOIL NITROGEN SUPPLY AND SPINACH GROWTH AND QUALITY

ZHANG Juan SHEN Qi-rong RAN Wei XU Yong XU Yang-chun

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095)

**Abstract** Pot experiment was carried out to study the effect of the application of chemically pretreated rice straw (TS) on soil nitrogen supply and spinach growth and quality. After chemical pretreatment, the amount of cellulose, semi-cellulose and the silicon dioxide in TS was decreased, and the water-soluble substances increased. Application of TS with urea remarkably increased soil microbial biomass nitrogen and available nitrogen. Thus soil could supply the nitrogen to the spinach in a better synchronized way to the crop requirement. Compared with control, the application of the TS with urea (TS+N) increased the fresh weight of spinach per pot by 81.4% at the 41st day. The higher content of Vc and lower content of nitrate of the spinach was found in the treatment of TS+N than that in the treatment of single application. In conclusion, Crop straw could be better used in agriculture after it was pretreated in certain ways.

**Key words** Pretreated rice straw, Nitrogen supply, Spinach, Growth and quality