不同深度秸秆还田对黄棕壤氮素和微生物生物量碳氮的影响

张 奇[1]，陈 粲[2]，陈效民[1]，任晓明[1]，张志龙[1]，刘 巍[1]

(1. 南京农业大学 资源与环境科学学院，江苏 南京 210095；2. 南京信息工程大学 应用气象学院，江苏 南京 210044)

摘 要：[目的] 研究不同深度秸秆还田对土壤氮素和微生物生物量碳、氮含量变化的影响，为提高还田秸秆利用效率提供科学依据。[方法] 采用田间小区试验的方法，共设 5 个不同处理：对照 CK(不添加秸秆)，T_0(表面覆盖)，T_{10}(10 cm 还田)，T_{20}(20 cm 还田)，T_{30}(30 cm 还田)处理。[结果] ①与对照相比，秸秆还田处理中土壤有机质、全氮和硝态氮含量分别增加了 3.98%～29.36%，2.72%～45.52%，10.48%～56.64%，铵态氮降低了 7.75%～39.20%；②秸秆还田处理对土壤微生物生物量有显著影响，与对照相比，秸秆还田处理中土壤微生物生物量碳和氮分别增加了 5.01%～35.78%和 9.69%～52.56%；③运用主成分分析方法评估了秸秆还田各处理土壤质量状况，综合得分次序为：CK＜T_{30}＜T_0＜T_{20}＜T_{10}，在 10 和 20 cm 深度秸秆还田对土壤氮素水平和微生物生物量碳和氮含量的提高具有较好的作用，且以 10 cm 秸秆还田处理效果最为明显。[结论] 秸秆还田可以提高土壤氮素水平和微生物生物量碳和氮含量，改良土壤性状，在秸秆还田深度为 10 和 20 cm 效果较好，尤其 10 cm 秸秆还田对土壤中氮素和微生物生物量碳氮的影响最为显著。

关键词：黄棕壤；秸秆还田；微生物量；土壤氮素

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2019)02-0056-06 **中图分类号**：S157.3

文献参数：张奇，陈粲，陈效民，等. 不同深度秸秆还田对黄棕壤氮素和微生物生物量碳氮的影响[J]. 水土保持通报，2019，39(2)：56-61. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2019.02.009；Zhang Qi，Chen Can，Chen Xiaomin，et al. Effects of straw returning to different soil depths on soil nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen in yellow brown soil[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(2)：56-61.

Effects of Straw Returning to Different Soil Depths on Soil Nitrogen and Microbial Biomass Carbon and Nitrogen in Yellow Brown Soil

Zhang Qi[1]，Chen Can[2]，Chen Xiaomin[1]，Ren Xiaoming[1]，Zhang Zhilong[1]，Liu Wei[1]

(1. *College of Resources and Environmental Sciences，Nanjing Agricultural University，Nanjing，Jiangsu* 210095，*China*；2. *College of Applied Meteorology，Nanjing University of Information，Science and Technology，Nanjing，Jiangsu* 210044，*China*)

Abstract：[Objective] This paper studied the effects of straw returning on soil nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen contents in different soil depths to provide scientific basis for improving the efficiency of returning straw. [Methods] Five different treatments were labeled as control CK(no straw)，T_0(surface coverage)，T_{10}(10 cm returning field)，T_{20}(20 cm returning field)，T_{30}(30 cm returning to the field). [Results] ① Compared with the control，the contents of soil organic matter，total nitrogen and nitrate nitrogen in straw returning treatments increased 3.98%～29.36%，2.72%～45.52%，10.48%～56.64%，respectively. The contents of ammonium nitrogen decreased about 7.75%～39.20%. ② The straw returning treatment had a significant effect on soil microbial biomass. Compared with the control，the soil microbial biomass carbon and nitrogen increased 5.01%～35.78%，9.69%～52.56%，respectively. ③ Principal component

收稿日期：2018-08-03 **修回日期**：2018-10-12

资助项目：江苏省自然科学基金项目“不同秸秆还田方式下旱地农田温室气体的长期模拟与预测”(BK20150909)；中国科学院南京土壤所开放基金项目(Y20160038)；博士后基金项目(2016M591884)

第一作者：张奇(1993—)，男(汉族)，河北省石家庄市人，硕士研究生，研究方向为水土资源利用。E-mail：895653789@qq.com。

通讯作者：陈效民(1957—)，男(汉族)，江苏省张家港市人，博士生导师，教授，主要从事水土资源利用方面的研究。E-mail：xmchen@njau.edu.cn。

analysis method was used to evaluate the soil quality with different straw returning treatments. The comprehensive score order was CK＜T_{30}＜T_0＜T_{20}＜T_{10}. When the straw returned to the field at 10 cm and 20 cm depth, labeled T_{10} and T_{20} treatments, had more significant effects on soil nitrogen levels and microbial biomass carbon and nitrogen contents than other treatments had, and the treatment effect of 10 cm straw returning was most obvious. [Conclusion] Straw returning could increase soil nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen content, improve soil traits. Better effects for 10 cm and 20 cm depths of straw returning were found, especially for 10 cm depth straw returning, and its effect were the most significant in soil nitrogen and microbial biomass carbon and nitrogen.

Keywords: yellow brown soil; straw returning; microbial biomass; soil nitrogen

秸秆是农业生产系统中的一类重要的生物资源,是农田土壤有机质的重要来源,秸秆中含有丰富的N,P,K,Ca,Mg 等农作物生长所必需的养分元素。我国是农业大国,拥有丰富的秸秆资源。据统计,全球每年秸秆产量约为 2.00×10^9 t,我国每年秸秆产量约占全球秸秆总量的 1/3,其中水稻秸秆约占 50%。这些秸秆所含养分相当于 3.00×10^6 t 氮肥,7.00×10^5 t 磷肥,7.00×10^6 t 钾肥,约占全国化肥使用量的 25%[1]。目前,与欧美等国相比,我国秸秆还田率仅占其 1/3 左右,且还田秸秆的利用率偏低[2],同时还存在大量露天焚烧秸秆的现象,造成极大的资源浪费和环境污染问题,如何合理利用秸秆资源,解决资源浪费和环境污染问题已成为当务之急。还田是对秸秆回收再利用的一种重要方式,它不仅可以改良土壤物理性状,蓄水保墒,缓解水土流失,为土壤提供大量的养分[3],也可以解决露天焚烧秸秆带来的资源浪费和环境污染的问题[4],但农田 20 cm 以下土层土壤坚实紧密,作物不易扎根,有机质输入较少,导致土壤肥力低下[5],为提高土壤肥力和还田秸秆的利用效率,研究和分析秸秆不同还田深度对农业资源的合理利用具有重要的意义。土壤微生物生物量碳、氮是反映土壤微生物量大小的重要的指标,能够反映土壤中有效养分和生物活性状况,尽管土壤微生物生物量碳、氮只占土壤总碳和全氮的 1%～4%和 2%～6%,但却是土壤中最活跃的组分,因其周转速率快,在土壤碳循环和氮循环中起着非常重要的作用[6-8]。秸秆还田后向土壤中输送大量的有机碳,为土壤微生物的生长繁殖提供了所需的营养物质和适宜的生存场所,有利于提高土壤微生物活性,同时土壤微生物通过分解还田后的秸秆,能够有效的提高土壤有机质和养分含量,改善土壤结构和理化性状,保持土壤水分,提高土壤肥力,增加土壤透气性,降低土壤温差[9],且随着土壤有机质和氮素的增加,土壤养分水平提高,有效地改善了土壤质量。不同深度秸秆还田能有效避免土壤水分和养分流失,培肥地力,段华平等[10]研究表明秸秆还田可显著土壤有机碳含量,张丽等[11]研究表明深松结合秸秆还田可以缓解土壤板结,也有研究发现秸秆深埋比覆盖对土壤微生态环境有更好的改善作用[12],翻耕和旋耕结合秸秆还田可以增加微生物生物量碳氮和酶活性[13],但目前有关秸秆还田的研究主要侧重于秸秆还田对土壤表层和耕层的耕作方式和物理特性以及对肥力水平的影响,而对 20 cm 以下的土层以及不同深度秸秆还田后对土壤氮素特性和微生物量特性的影响还鲜有报道。因此,本文选择黄棕壤作为供试土壤,研究不同深度秸秆还田条件下土壤氮素和微生物量的变化规律,探讨最佳的秸秆还田深度,以期为提高秸秆资源利用效率,改善水土保持能力,提高作物产量提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

田间小区试验开始于 2017 年 10 月在南京市江浦区农业试验站(32°03′N,118°51′E,海拔约 22 m)进行,该地区属于亚热带季风气候,多年平均温度为 15.6 ℃,降水量约为 1 100 mm,日照时数 1 910 h,无霜期 223 d,地下水埋深 1.5 m 以下,土壤类型为典型的地带性土壤—黄棕壤。供试土壤的基本理化性质详见表 1。

表 1　供试土壤的基本理化性质

土壤深度/cm	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	硝态氮/(mg·kg^{-1})	铵态氮/(mg·kg^{-1})	pH 值
0—10	11.0	0.8	4.6	4.7	6.3
10—20	8.2	0.7	3.7	3.9	6.9
20—30	5.9	0.5	2.8	3.0	7.3
30—40	4.9	0.4	1.2	2.5	7.6

1.2　试验设计与供试材料

本研究采用不添加秸秆对照(CK)和添加秸秆到土壤不同深度的处理,分别为:对照处理(CK)、秸秆表面覆盖(T_0)、秸秆 10 cm 还田(T_{10})、秸秆 20 cm 还田(T_{20})、秸秆 30 cm 还田(T_{30}),共计 5 个处理,每个

处理 3 次重复，每个小区面积为 4 m×4 m=16 m^2，采用拉丁方无序随机区组排列。试验区四周设 1 m 的保护行，小区间设 0.5 m 的排水沟。试验区农田按常规施肥处理：各处理的肥料施用量一致，共计施肥 225 kg/hm^2，麦拔节期统一追施纯氮 60 kg/hm^2，浇拔节水 160 mm。秸秆材料采用水稻秸秆，按照试验设计用量将其截成 5 cm 左右小段，秸秆添加量为 7 500 kg/hm^2，有机碳含量为 405.80 g/kg，全氮含量为 5.23 g/kg，秸秆碳氮比为 77.59。于 2017 年 10 月 28 日一次性添加入土壤，后期不再添加秸秆。T_0，T_{10}，T_{20}，T_{30}处理是采用机械分别将秸秆翻埋入土壤 10，20，30 cm 深处。供试小麦品种采用镇麦 360。

1.3 样品的采集

采样于 2018 年 3 月，在 CK，T_0，T_{10}，T_{20}和 T_{30}各处理小区按对角线布点，进行 5 点混合取样，10 cm 为 1 层分 4 层采集 0—40 cm 的土样。将土样带回实验室后，一部分新鲜土样过 2 mm 筛用于土壤微生物生物量碳、氮以及土壤铵态氮和硝态氮的测定，其余土样风干过筛后用于土壤有机质和全氮的测定。

1.4 测定项目与方法

土壤基本理化性质测定方法参考土壤农化分析[14]；土壤微生物生物量碳和氮含量采用氯仿熏蒸—K_2SO_4 浸提法测定。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 软件处理并绘图，采用 SPSS 19.0 统计分析软件进行相关性和方差分析，多重比较采用 LSD 法。显著性水平设为 $\alpha=0.05$。

2 结果与分析

2.1 不同深度秸秆还田对土壤有机质和氮素的影响

添加秸秆处理后不同深度土壤有机质和氮素含量变化详见表 2。由表 2 可知，与不添加秸秆的 CK 相比，T_0，T_{20}，T_{10}和 T_{30}秸秆还田处理的有机质含量分别增加了 14.47%，13.53%，13.02%和 8.76%，且差异均达到显著水平，其中 T_0，T_{10}和 T_{20}之间无明显差异。通过比较不同处理和不同深度土壤全氮、铵态氮、硝态氮含量变化后发现，在 0—40 cm 不同深度土层中秸秆还田处理后，各处理间土壤氮素差异明显。T_0，T_{10}，T_{20}和 T_{30}处理较不添加秸秆 CK 处理均显著提高了土壤全氮和硝态氮含量，降低了土壤铵态氮含量。在 0—40 cm 整个土层中，与不添加秸秆 CK 相比，T_0，T_{20}，T_{10}和 T_{30}处理分别提高土壤全氮含量为 16.52%，23.02%，20.67%和 12.01%，达到了极显著水平（$p<0.01$）。与不添加秸秆 CK 相比，T_{10}，T_{20}，T_0 和 T_{30}处理均降低了土壤铵态氮含量，降低幅度为 14.75%～21.80%，各处理铵态氮含量高低顺序为：CK>T_{30}>T_0>T_{20}>T_{10}。秸秆还田处理的硝态氮含量高于不添加秸秆 CK，其中 T_0 和 T_{10}处理的硝态氮含量与 CK 相比显著提高，分别提高了 43.94%和 49.46%。

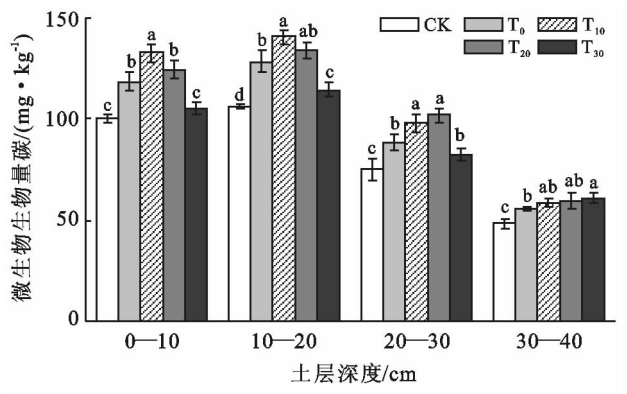
表 2 不同深度秸秆还田处理对土壤有机质和氮素含量的影响

项目	土壤深度/cm	处理编号				
		CK	T_0	T_{10}	T_{20}	T_{30}
有机质/（g·kg^{-1}）	0—10	10.18±0.36^{d}	13.17±0.17^{a}	12.01±0.49^{b}	11.81±0.21^{bc}	11.30±0.25^{c}
	10—20	9.67±0.37^{b}	10.05±0.27^{ab}	10.62±0.30^{a}	10.41±0.39^{a}	10.19±0.11^{ab}
	20—30	6.31±0.33^{c}	7.05±0.19^{abc}	7.27±0.38^{ab}	7.71±0.53^{a}	6.63±0.75^{bc}
	30—40	5.21±0.15^{b}	5.64±0.33^{ab}	5.56±0.26^{ab}	5.69±0.17^{a}	6.02±0.24^{a}
全氮/（g·kg^{-1}）	0—10	0.83±0.02^{c}	0.95±0.00^{b}	0.93±0.01^{a}	0.89±0.01^{a}	0.86±0.02^{c}
	10—20	0.73±0.03^{d}	0.83±0.01^{b}	0.89±0.01^{a}	0.82±0.02^{b}	0.77±0.01^{c}
	20—30	0.48±0.01^{d}	0.57±0.02^{c}	0.66±0.02^{b}	0.70±0.01^{a}	0.56±0.03^{c}
	30—40	0.33±0.02^{c}	0.41±0.02^{b}	0.45±0.02^{a}	0.45±0.01^{a}	0.47±0.01^{a}
铵态氮/（mg·kg^{-1}）	0—10	5.03±0.19^{a}	4.13±0.09^{d}	4.24±0.08^{cd}	4.45±0.12^{bc}	4.61±0.12^{b}
	10—20	4.10±0.20^{a}	3.29±0.03^{c}	3.07±0.14^{c}	3.33±0.14^{c}	3.78±0.12^{b}
	20—30	3.19±0.04^{a}	2.86±0.22^{b}	2.54±0.25^{bc}	2.42±0.25^{c}	2.77±0.17^{b}
	30—40	2.72±0.13^{a}	2.13±0.15^{b}	1.91±0.16^{bc}	1.71±0.04^{cd}	1.65±0.16^{d}
硝态氮/（mg·kg^{-1}）	0—10	4.13±0.12^{e}	6.46±0.11^{a}	6.19±0.07^{b}	5.42±0.18^{c}	5.14±0.18^{d}
	10—20	3.36±0.15^{d}	5.17±0.14^{a}	5.82±0.17^{b}	4.92±0.18^{b}	4.08±0.05^{c}
	20—30	1.94±0.08^{d}	2.26±0.06^{bc}	2.39±0.08^{b}	2.84±0.06^{a}	2.15±0.09^{c}
	30—40	1.47±0.05^{c}	1.80±0.13^{b}	1.89±0.09^{b}	1.99±0.13^{ab}	2.12±0.12^{a}

注：平均值±标准差（$n=3$），同列不同字母表示处理间差异显著（$p<0.05$）。

2.2　不同深度秸秆还田对土壤微生物量碳、氮的影响

由图 1—3 可知,在不同处理下,土壤微生物生物量碳和氮含量变化范围分别为 46.44～143.77 mg/kg,4.94～18.59 mg/kg,土壤微生物生物量碳氮比的变化范围为 6.64～9.56。添加秸秆处理的土层,与不添加秸秆 CK 相比,土壤微生物生物量碳含量均有明显增加。



注:不同小写字母表示处理间在 5% 水平上差异显著($p<0.05$)。下同。

图 1　不同深度秸秆还田处理对土壤微生物量碳的影响

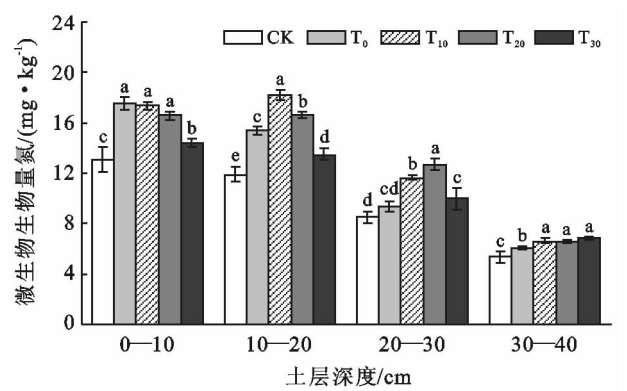


图 2　不同深度秸秆还田处理对土壤微生物量氮的影响

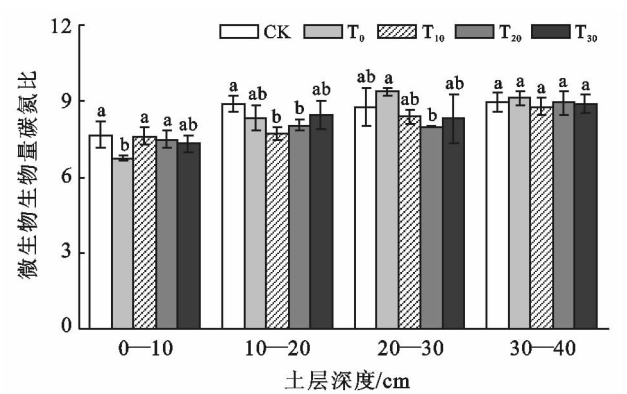


图 3　不同深度秸秆还田处理对土壤微生物量碳氮比的影响

在 0—40 cm 整体土层中,与不添加秸秆 CK 相比,T_0,T_{10},T_{20} 和 T_{30} 处理的土壤微生物生物量碳含量均有所提高,增加幅度为 5.01%～35.78%,差异达到极显著水平($p<0.01$)。各处理土壤微生物生物量碳含量从小到大排序为:CK<T_0<T_{30}<T_{20}<T_{10},其中 T_{10} 和 T_{20} 增加幅度较大分别为 30.29% 和27.20%。随土层深度的增加,土壤微生物生物量氮含量逐渐减少,在同一土层不同处理之间土壤微生物生物量氮含量变化各不同。在 0—40 cm 整体土层中,与不添加秸秆的 CK 相比,添加秸秆处理,土壤微生物生物量氮含量增加,T_{10},T_{20},T_0 和 T_{30} 处理土壤微生物生物量分别提高了 38.32%,34.82%,24.08% 和 14.85%,差异达到极显著水平($p<0.01$)。在相同深度的土层中,秸秆还田处理土壤微生物生物量氮含量均高于其它处理,与不添加秸秆 CK 相比,秸秆还田各处理土壤微生物生物量氮增加幅度为 9.69%～52.56%。随着土层深度的增加,土壤微生物生物量碳氮比在各处理中无明显变化。在 0—40 cm 整体土层中,与不添加秸秆 CK 相比,各秸秆还田处理土壤微生物生物量碳氮比均有所下降,T_0,T_{10},T_{20} 和 T_{30} 处理分别降低了 4.66%,5.84%,5.70% 和4.04%,其中 T_{10} 处理下降最多,但差异不显著。

2.3　不同深度秸秆还田处理土壤性质主成分分析

如图 4 所示,土壤微生物生物量碳、氮,有机质,全氮,铵态氮和硝态氮采用主成分分析,整合为 2 个主要成分,其方差贡献率之和达到 95.74%,可以用来反映原来多个变量所包含的主要信息,且第 1 主成分所含信息量在 2 个主成分中较高。由土壤性质主成分载荷图可知,微生物量碳、氮、有机质,全氮和硝态氮在第 1 主成分上均有较高的因子载荷,微生物量碳氮比在第 2 主成分上因子载荷较高。

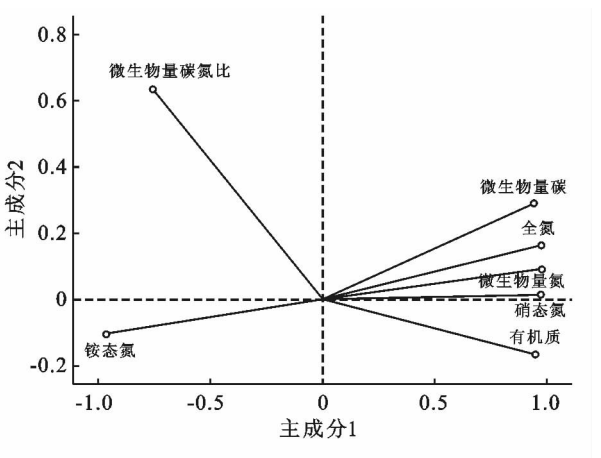


图 4　不同深度秸秆还田处理土壤性质主成分载荷

不同深度秸秆还田各处理土壤在 2 个主成分上得分情况详见表 3。综合分析表明,不同深度秸秆还田各处理土壤性质水平有较大的差异,不同处理下综

合得分次序为:CK＜T_{30}＜T_0＜T_{20}＜T_{10},T_{10}处理和T_{20}处理的土壤氮素水平和微生物生物量碳和氮含量均较高,其中 T_{10}处理为最高,CK 处理和 T_{30}处理较低,尤其 CK 处理最低。说明一定深度秸秆还田可以提高土壤氮素水平和微生物生物量碳、氮含量,在 10 和 20 cm 深度秸秆还田对土壤氮素水平和微生物生物量碳、氮含量的提高具有明显的作用,且以 10 cm 深度还田处理提高效果最明显。

表 3 不同深度秸秆还田各处理主成分得分表

处理	第 1 主成分	第 2 主成分	综合得分	排序
CK	−1.513 96	0.012 330	−1.501 63	5
T_0	0.328 883	−0.019 78	0.309 100	3
T_{10}	0.829 118	0.031 976	0.861 093	1
T_{20}	0.635 473	0.011 270	0.646 743	2
T_{30}	−0.279 51	−0.035 790	−0.315 310	4

3 讨 论

3.1 不同深度秸秆还田对土壤有机质和氮素水平影响

秸秆还田对土壤养分含量变化有显著影响,可以明显提高土壤有机质含量和氮素积累水平[15-16]。土壤中有机质含量变化主要依靠碳的输入和输出,土壤有机质对维持土壤肥力和质量起着重要的作用[17]。本文研究表明,不添加秸秆的 CK 处理中土壤有机质含量处于较低水平,而添加秸秆的各处理中土壤有机质含量均有显著增加,T_{10}处理和 T_{20}处理土壤有机质含量增加较多,尤其 T_{10}处理增加最多。这可能是,施用秸秆后提高了土壤的孔隙度,增加了土壤的通气性,使土壤拥有更好地水热条件,因而使秸秆腐解所需的时间比其它处理缩短[18],腐解的秸秆促进了土壤腐殖质的积累,增加了土壤有机质[5]。秸秆拥有丰富的养分资源,除有机质外,氮素也是其中之一,氮素是生态系统中生命体组成的重要因素,是农作物生长必需的营养元素,氮素含量的高低是限制农作物产量的重要因素之一[19]。闫翠萍等[20]研究表明,连续秸秆还田可以减少氮肥施用,提高水肥利用率。土壤氮素主要是由有机态氮和无机态氮组成,其中无机态氮的选择和限制性表征土壤氮素有效性[21]。本文研究结果显示,添加秸秆的各处理与不添加秸秆的 CK 处理相比土壤全氮含量明显增加,T_{10}处理和 T_{20}处理土壤氮素含量增加较多,且 T_0处理增加最多,这是由于土壤中有机态氮占全氮总量的 92%～98%,而表层土中 95%以上的氮为有机态氮,表层覆盖秸秆,降低了氮挥发,减少了氮的流失;此外,土壤微生物可以影响了土壤氮的矿化或固持,导致了土壤氮的动态变化,促进土壤氮的生物固持。与不添加秸秆的 CK 处理相比,添加秸秆各处理土壤铵态氮含量降低,土壤硝态氮含量增加。秸秆还田可以有效降低土壤容重,提高土壤通气性,有利于氮的硝化过程,促进铵态氮向硝态氮转化,所以铵态氮含量降低,硝态氮含量增加,且 10 cm 秸秆还田微生物活性最高,硝化反应更剧烈。一方面秸秆还田使土壤表层无机态氮含量增加,引起土壤氮矿化的正激发效应[22];另一方面,秸秆还田提高了氮素利用率,促进了硝化反应的进行,使硝态氮含量增加;另外,秸秆中碳氮比较高,土壤微生物在分解秸秆过程中需要利用一部分外界的无机氮来维持自身生命活动,影响土壤氮的固持,降低土壤中无机氮含量。

3.2 不同深度秸秆还田对土壤微生物生物量碳、氮的影响

土壤微生物可以调节多种生物化学反应,如硝化、铵化和固氮等过程,因此,土壤微生物是土壤中最活跃的组分。土壤微生物生物量碳和氮是指示土壤微生物数量和活性的重要指标,也能有效在反映土壤肥力水平[23]。添加秸秆处理的各土层微生物生物量碳和氮显著高于 CK 处理。研究表明,秸秆还田对提高土壤微生物生物量碳和氮有积极作用。添加秸秆可以改善土壤水力学特性,提高土壤肥力,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,增加透气性,使土壤水、肥、气、热状况得到改善,为微生物生存提供了良好的生态环境,促进微生物的生长和繁殖,使土壤微生物量增加[3];另一方面,秸秆还田向土壤中输送了大量的有机碳和氮素,为土壤微生物生命活动营造了良好的生态环境,提供了丰富的碳源和氮源,从而促进了微生物的生长繁殖,增加了土壤微生物数量使微生物种群朝多样化方向发展。本研究表明,T_{10}处理和 T_{20}处理与其它处理相比增幅较高,尤其 T_{10}处理效果最佳,可能是该层土壤透气性好,干湿交替频繁,适宜于好气性微生物生长[5];而 T_0处理和 T_{30}处理的微生物生物量碳和氮含量较低的原因是秸秆表层覆盖还田导致秸秆腐解速率较慢,微生物活性降低[18],30 cm 秸秆还田深度土壤孔隙度较低,水气热条件较差,微生物活动缓慢[5]。土壤微生物生物量碳氮比能够反映土壤供氮能力,比值越低,土壤生物活性越强,氮素损失越少。添加秸秆处理的各土层土壤微生物生物量碳氮比较 CK 处理均有显著下降,其中 T_{10}处理和 T_{20}处理与其它处理相比下降最多,说明 10 cm 秸秆还田和 20 cm 秸秆还田处理中土壤氮素有效性较高,秸秆还田可以提高土壤氮素利用率。由于土壤微生物生物量碳氮比与土壤微生物种类和数量密切相关,秸秆

可以为微生物活动提供丰富的资源,为微生物生存提供适宜的环境,使土壤微生物群落结构完善,种群多样性发展,从而使土壤微生物量碳氮比降低[12];秸秆碳氮比较高,且其它处理土壤透气性和水热条件比 10 和 20 cm 秸秆还田处理差,抑制了土壤微生物活性,因此 10 和 20 cm 秸秆还田处理土壤微生物生物量碳氮比下降较多。由不同深度秸秆还田各处理主成分得分表可知,T_{10} 处理和 T_{20} 处理土壤有机质、氮素和微生物生物量碳氮含量水平较高,尤其 T_{10} 处理最高,说明秸秆还田在一定程度可以培肥地力,对土壤改良起着积极的作用。

4　结 论

(1) 秸秆还田处理可以增加土壤有机质、全氮和硝态氮含量,降低土壤铵态氮含量,土壤微生物生物量碳、氮含量显著高于不添加秸秆处理,土壤微生物生物量碳氮比下降,提高土壤氮素水平,有效地改善土壤水土保持环境。

(2) 主成分分析表明,在 10 和 20 cm 深度秸秆还田对土壤有机质、氮素和微生物生物量碳和氮含量的提高具有明显的作用,尤其 10 cm 秸秆还田对土壤性质的改良效果最为显著。

[参 考 文 献]

[1] 潘剑玲,代万安,尚占环,等. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J]. 中国生态农业学报,2013,21(5):526-535.

[2] 胡宏祥,程燕,马友华,等. 油菜秸秆还田腐解变化特征及其培肥土壤的作用[J]. 中国生态农业学报,2012,20(3):297-302.

[3] 赵家煦. 东北黑土区秸秆还田深度对土壤水分动态及土壤酶、微生物 C,N 的影响[D]. 黑龙江 哈尔滨:东北农业大学,2017.

[4] 王倩倩. 秸秆配施氮肥冬季还田对水稻土微生物学性质和碳库组成的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2016.

[5] 矫丽娜,李志洪,殷程程,等. 高量秸秆不同深度还田对黑土有机质组成和酶活性的影响[J]. 土壤学报,2015,52(3):665-672.

[6] Conteh A , Blair G J , Macleod D A , et al. Soil organic carbon changes in cracking clay soils under cotton production as studied by carbon fractionation. [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1997, 48(7):1049-1058.

[7] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1985,17(6):837-842.

[8] Duval M E, Galantini J A, Iglesias J O, et al. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems[J]. Soil & Tillage Research, 2013,131(7):11-19.

[9] 黄金花,刘军,杨志兰,等. 秸秆还田下长期连作棉田土壤有机碳活性组分的变化特征[J]. 生态环境学报,2015,24(3):387-395.

[10] 段华平,牛永志,卞新民. 耕作方式和秸秆还田对直播稻田土壤有机碳及水稻产量的影响[J]. 水土保持通报,2012,32(3):23-27.

[11] 张丽,张中东,郭正宇,等. 深松耕作和秸秆还田对农田土壤物理特性的影响[J]. 水土保持通报,2015,35(1):102-106,11.

[12] 于寒,梁烜赫,张玉秋,等. 不同秸秆还田方式对玉米根际土壤微生物及酶活性的影响[J]. 农业资源与环境学报,2015,32(3):305-311.

[13] 杨敏芳,朱利群,韩新忠,等. 耕作措施与秸秆还田对稻麦两熟制农田土壤养分、微生物生物量及酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):272-275,28.

[14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[15] Malhi S S, Nyborg M, Solberg E D, et al. Improving crop yield and N uptake with long-term straw retention in two contrasting soil types[J]. Field Crops Research, 2011,124(3):378-391.

[16] 张亚丽,吕家珑,金继运,等. 施肥和秸秆还田对土壤肥力质量及春小麦品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(2):307-314.

[17] Lou Yilai, Xu Minggang, Wang Wei, et al. Return rate of straw residue affects soil organic C sequestration by chemical fertilization[J]. Soil & Tillage Research, 2011,113(1):70-73.

[18] 李新举,张志国,李贻学. 土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J]. 土壤学报,2001,38(1):135-138.

[19] 徐国伟,吴长付,刘辉,等. 秸秆还田与氮肥管理对水稻养分吸收的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(7):191-195.

[20] 闫翠萍,裴雪霞,王姣爱,等. 秸秆还田与施氮对冬小麦生长发育及水肥利用率的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(2):271-275.

[21] 于占源,曾德慧,艾桂艳,等. 添加氮素对沙质草地土壤氮素有效性的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(11):1894-1897.

[22] 李贵桐,赵紫娟,黄元仿,等. 秸秆还田对土壤氮素转化的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(2):162-167.

[23] 盛浩,周萍,袁红,等. 亚热带不同稻田土壤微生物生物量碳的剖面分布特征[J]. 环境科学,2013,34(4):1576-1582.