

不同有机物料对土壤和烟叶主要质量指标的影响

冯婷婷¹, 王梦雅¹, 符云鹏^{1*}, 李海江², 宋显峰³, 张晓娟²

(1.烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002; 2.河南省烟草公司平顶山市公司, 河南 平顶山 467000; 3.平顶山市烟草公司郟县分公司, 河南 郟县 467100)

摘要: 通过大田试验, 研究了施用不同有机物料对土壤碳氮含量和烟叶碳/氮及感官质量的影响。结果表明, 施用腐熟麦秸秆、绿肥和绿肥配施菌肥能提高土壤微生物商和前期土壤有机碳、全氮、微生物量碳、微生物量氮含量, 土壤微生物量碳/微生物量氮平均值在 5 左右。烟叶质量分析表明, 烟叶碳/氮在移栽后 60 d 前增长缓慢, 之后进入快速增长期, 烘烤后下降, 烤后烟叶感官质量得到改善。相关分析结果表明, 土壤碳氮含量与评吸总分呈显著或极显著正相关, 烟叶碳/氮与评吸总分不存在线性相关关系, 但与香气量、刺激性、余味和劲头呈负相关, 与香气质、浓度呈正相关。综合分析, 以绿肥配施微生物菌剂的处理效果最好。

关键词: 有机物料; 土壤碳氮; 烟叶碳/氮; 感官质量

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2016) 05-0022-06

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.05.005

Effect of Different Organic Materials on the Main Quality Indicators of Soil and Tobacco

FENG Tingting¹, WANG Mengya¹, FU Yunpeng^{1*}, LI Haijiang², SONG Xianfeng³, ZHANG Xiaojuan²

(1. Key Laboratory for Tobacco Cultivation, School of Tobacco Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Pingdingshan Municipal Tobacco Company, Pingdingshan, Henan 467000, China; 3. Jiaxian Branch of Pingdingshan Municipal Tobacco Company, Jiaxian, Henan 467100, China)

Abstract: Field experiment was carried out to study the effect of different organic materials on soil carbon and nitrogen and C/N, sensor quality of flue-cured tobacco. Results showed that rotten wheat straw, green manure and green manure with microbial agents could increase microbial quotient and antecedent soil organic carbon, total nitrogen, microbial biomass C, microbial biomass N, with microbial biomass C/N averaged at about 5. The analysis of tobacco quality showed that tobacco leaf C/N increased slowly before 60d after transplanting then entered the period of rapid growth. Leaf C/N decreased after flue-curing and the sensory quality of flue-cured tobacco was improved. Correlation analysis showed that soil carbon and nitrogen content had significant or extremely significant positive correlations with total score of sensory quality. Tobacco leaf C/N had no linear correlation with total score of sensory quality, but had negative correlations with the aroma, pungent, aftertaste and momentum, had positive correlations with quality and concentration of aroma. Green manure with microbial agents rendered the best effect.

Keywords: organic materials; soil carbon and nitrogen; flue-cured tobacco C/N; sensor quality

豫中烟区是我国典型的浓香型产区。多年来, 受不合理的土壤耕作和大量施用化肥等因素的影响, 造成土壤物理性能变差、氮素含量增加、碳氮比下降, 土壤养分供应不平衡, 镰刀菌根腐病等烟田病害有增加趋势, 限制了烤烟浓香型风格的彰显和烟叶品质的进一步提高^[1]。因此, 培育健康土壤、

提高土壤碳氮比、促进烟叶碳氮代谢平衡、改善烟叶质量是目前烟草生产中亟需解决的难题。

碳、氮是土壤有机质最基本的组成元素, 土壤有机碳、全氮含量可以作为评价土壤肥力的重要指标^[2-3]。土壤碳氮比可反映土壤微生物的生态环境, 在一定范围内, 较高的碳氮比有利于改善土壤的物

基金项目: 烟草行业烟草栽培重点实验室资助项目“植烟土壤肥力培育及提高肥料利用率技术研究”(中烟办[2014]334号)

作者简介: 冯婷婷(1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: ycfengting@163.com。*通信作者, E-mail: ypfu01@163.com

收稿日期: 2016-03-29

修回日期: 2016-05-10

理结构,从而促进土壤微生物的生长和养分的矿化及平衡供应。烟叶碳/氮可作为反映烟叶碳氮代谢协调程度的重要指标,烟叶发育及成熟过程中的碳/氮与烤后烟叶评吸总分呈显著的二次曲线相关关系^[4-5]。研究表明高碳/氮的秸秆和绿肥在土壤中腐解可增加土壤有机质,提高土壤碳氮比,改善土壤理化性状,促进微生物大量繁殖生长,增强土壤酶活性,提升烟叶品质^[6-10]。

本试验在豫中烟区研究了不同有机物料施用后土壤碳、氮及烟叶碳/氮的动态变化,分析了土壤碳、氮和烟叶碳/氮与烟叶质量的关系,以期为豫中烟区土壤改良的有效途径和提高烟叶品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2014—2015 年在平顶山市郟县李口镇袁杨庄进行,土壤类型为褐土,土壤 pH 7.45,有机质 12.42 g/kg,全碳 10.68 g/kg,全氮 1.16 g/kg,碱解氮 65.42 mg/kg,有效磷 13.75 mg/kg,速效钾 112.16 mg/kg,缓效钾 601.32 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设 5 个处理 随机区组设计 小区面积 667 m²,重复 3 次。处理如下,CK:按当地常规施肥;T1:CK+施用腐熟麦秸秆;T2:CK+翻压黑麦草;T3:CK+翻压黑麦草+微生物菌剂 30 kg/hm²;T4:CK+翻压黑麦草+纳米醇豆 11.25 kg/hm²。常规施肥施氮量为 30.0 kg/hm², $m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O})$ 为 1:2:6,其中复合肥(10:10:20)150 kg/hm²,腐熟芝麻饼肥 300 kg/hm²(含氮 5%),磷、钾不足部分由重过磷酸钙、硫酸钾补充。饼肥及 70%的化肥做基肥起垄时条施,30%的化肥移栽时穴施。腐熟小麦秸秆、黑麦草按当地烟田实际生产最优添加量施加。腐熟麦秸秆(以干物质 6000 kg/hm²计)碳、氮、磷、钾含量分别为 27.64%、0.34%、0.19%、0.41%,在整地时均匀撒在试验田里,用机器旋翻至耕层与土壤混合均匀。黑麦草于 2014 年 11 月份播种,2015 年

4 月初翻压,翻压时干重 3572.36 kg/hm²,碳、氮、磷、钾含量分别为 32.19%、1.79%、0.22%、0.43%。微生物菌剂为河南省鹤壁市禾盛生物科技有限公司生产的功能型微生物菌剂,纳米醇豆是由中国农业科学院烟草研究所研制的一种土壤有益微生物田间扩繁剂。

供试烤烟品种为中烟 100,于 5 月 6 日移栽,9 月 17 日采收结束,株行距 50 cm×120 cm,大田管理按照当地优质烟叶生产技术规范进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤碳、氮 各处理分别于移栽后 30、60、90、120 d 用土钻按“S”形采集各处理耕层 0~20 cm 土样。所采土样分为 2 份,一份碾碎过 2 mm 筛后置于 4 °C 冰箱中保存,另一份风干过筛保存。土壤微生物量碳、氮采用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 提取法(FE)测定^[11],土壤全氮采用德国 Elementar 公司生产的碳氮元素分析仪(Vario Max)测定,土壤有机碳采用重铬酸钾容量法外加热法测定^[12]。

1.3.2 烟叶碳、氮及感官质量 分别在移栽后 30、60、90 d、烘烤后取各处理具有代表性的中部叶,105 °C 杀青 30 min,65 °C 下烘干至恒重,粉碎过 60 目筛后备用。采用碳氮元素分析仪(Vario Max)测定烟叶全碳、全氮。

烤后烟叶感官质量由河南中烟技术中心 7 名具有行业评吸资格的评吸委员进行,满分为 100 分。各指标取专家评吸打分平均值进行分析。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 19.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果

2.1 不同有机物料对土壤碳、氮的影响

2.1.1 土壤有机碳和全氮 不同处理烤烟大田生长期间土壤有机碳含量呈先增后降趋势,高峰出现在移栽后 60 d 时。图 1 表明,施加秸秆和黑麦草增加了土壤有机碳,且绿肥施肥微生物菌剂处理土壤有机碳含量最高。说明添加绿肥和秸秆等有机物料

能够影响土壤中碳的储存和转化,在烤烟生育期可以快速改善土壤肥力,促进烟株生长。

图2表明,T1处理土壤全氮含量随着烤烟生育期的推进呈逐渐下降的趋势,翻压绿肥的处理呈先上升后下降,之后略有上升的趋势,移栽后60d时达到峰值。各处理间相比,移栽后30d,T1处理全氮含量最高,比对照CK提高了17.16%;60d时T3处理全氮含量最高,90d时各处理全氮含量均降低,下降幅度(与60d相比)由高到低的顺序为:T3>T4>T2>CK>T1,除T1处理外,其余处理全氮含量与CK差异不显著;120d时,各处理与CK差异不显著。整体看来,植烟土壤添加有机物料能增加土壤全氮含量,促进烟株前期的生长发育,T2、T3、T4处理在后期适时降低有利于烟叶成熟落黄。

2.1.2 土壤微生物量碳、氮 如图3所示,在烤烟生育期内,对照CK与处理T2土壤微生物量碳含

量随烟株生育期的推进呈逐渐降低的趋势,处理T1、T3、T4微生物量碳含量呈先升高后降低的变化趋势。移栽后30d,与CK相比,土壤微生物量碳增加幅度分别为26.10%~57.67%,处理T2、T3、T4间差异不显著,但显著高于处理T1;60d时除T2处理外,其余3个处理土壤微生物量碳含量均达到最大值,各处理间差异显著;90~120d时,各处理微生物量碳含量逐渐降低,但均显著高于对照,处理T3、T4显著高于处理T1。

由图4可以看出,土壤微生物量氮含量呈先减少后增加,之后又降低的趋势,施加有机物料后土壤微生物量氮含量明显高于对照处理。各处理土壤微生物量氮含量在移栽后30d最高,大小为40.03~8.94mg/kg;60d时各处理耕层土壤微生物量氮含量减少,这可能是因为烟株进入功能盛期,对氮素的需求增加导致的;90d时土壤微生物量氮含

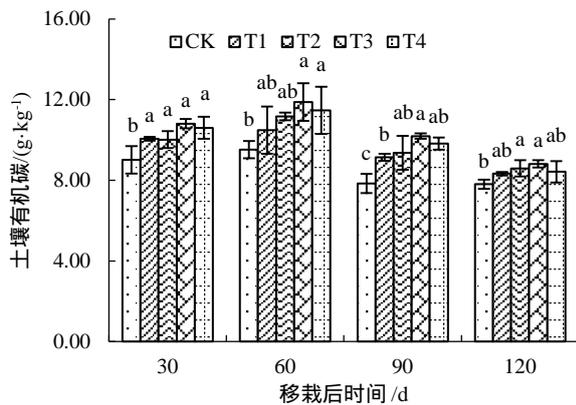


图1 不同有机物料对土壤有机碳的影响

Fig. 1 Effect of different organic materials on organic carbon of soil

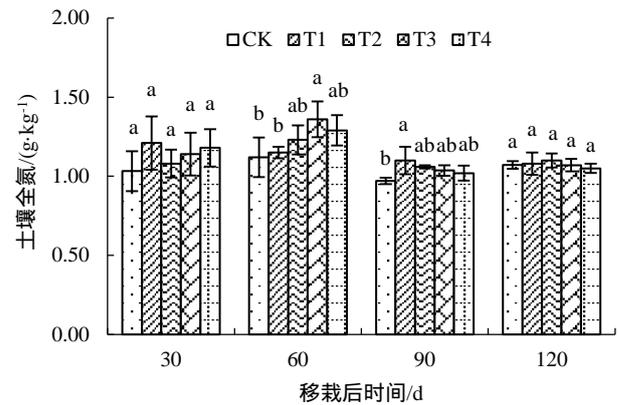


图2 不同有机物料对土壤全氮的影响

Fig. 2 Effect of different organic materials on total nitrogen of soil

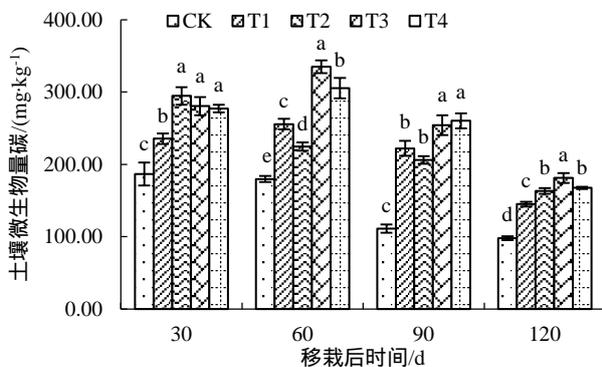


图3 不同有机物料对土壤微生物量碳的影响

Fig. 3 Effect of different organic materials on microbial biomass C of soil

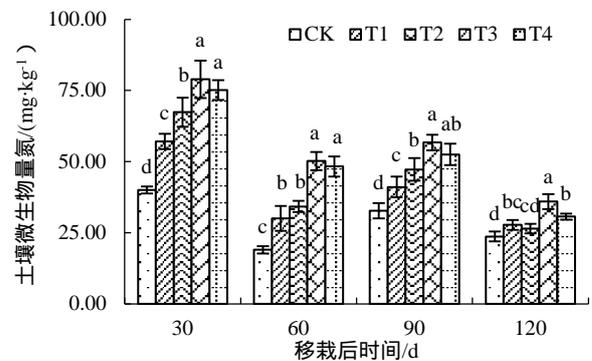


图4 不同有机物料对土壤微生物量氮的影响

Fig. 4 Effect of different organic materials on microbial biomass N of soil

量又略有回升，这可能与烟叶在生育后期对氮肥需求量减少有关。在烤烟生育期所有处理土壤微生物量氮含量大小基本表现为 T3 > T4 > T2 > T1 > CK。

2.1.3 土壤微生物商、微生物量碳/微生物量氮 微生物商是指土壤微生物量碳占土壤有机碳含量的百分比，能有效指示有机物质施入土壤后向微生物量碳转化的效率、土壤碳素损失等。表 1 表明，各处理微生物商在烤烟整个生育期的变化较小，平均值均显著高于对照，变化规律和差异与微生物量碳相似，但处理 T1 的微生物商低于同时期处理 T2、T3、T4 (90 d 除外)。

从烟株整个生育期土壤微生物量碳氮比平均值来看，处理 T1 高于 CK，处理 T2、T3、T4 低于 CK，但各处理均值均在 5 左右，表明土壤微生物可能以细菌为主。所有处理土壤微生物量碳氮比在移栽后 60 d 时最高，说明此时土壤养分供应充足，微生物分解速度较慢，土壤养分可得到有效转化保存。各处理间比较来看，处理 T3、T4 在整个生育期内微生物量碳氮比波动稍平缓，说明绿肥配施菌肥促使土壤微生物分解、合成不至于太过剧烈，利于土壤和绿肥养分的释放和保存。

表 1 不同有机物料对土壤微生物商、微生物量碳/微生物量氮的影响

Table 1 Effect of different organic materials on microbial quotient and microbial biomass C/N of soil

项目	处理	移栽后时间/d				平均值
		30	60	90	120	
微生物商/%	CK	2.07±0.10dC	1.89±0.04cB	1.42±0.06cB	1.26±0.02dC	1.66
	T1	2.34±0.05cBC	2.45±0.21bA	2.43±0.15abA	1.74±0.02cB	2.24
	T2	2.94±0.16aA	2.01±0.03cB	2.22±0.26bA	1.90±0.07bA	2.27
	T3	2.59±0.07bB	2.83±0.19aA	2.49±0.11abA	2.06±0.04aA	2.49
	T4	2.62±0.14bB	2.67±0.16abA	2.66±0.19aA	1.98±0.11abA	2.48
微生物量碳/微生物量氮	CK	4.67±0.39aA	9.48±0.68aA	3.41±0.11dC	4.15±0.26cC	5.43
	T1	4.13±0.09bABC	8.62±1.11aA	5.44±0.48aA	5.24±0.34bB	5.86
	T2	4.39±0.40abAB	6.58±0.45bB	4.38±0.26cB	6.18±0.31aA	5.38
	T3	3.56±0.17dC	6.67±0.45bB	4.49±0.29bcB	5.05±0.21bB	4.94
	T4	3.69±0.10cdBC	6.36±0.67bB	4.96±0.18abAB	5.47±0.14bB	5.12

注：同列中大、小写字母不同分别表示处理间存在极显著 ($p < 0.01$) 和显著 ($p < 0.05$) 差异，下同。

2.2 不同有机物料对烟叶碳/氮的影响

烟叶碳/氮是反映叶片光合产物分配方向的重要指标，适宜的烟叶碳/氮有利于烟叶优良品质的形成及烟叶碳氮代谢强度和协调程度。由表 2 可知，烟叶碳氮比在发育和成熟过程中呈持续增长态势，而烘烤后烟叶碳/氮下降。移栽后 60 d 以前，烟叶碳/氮增长缓慢，60 d 以后进入快速增长期，烟叶由氮代谢为主转向碳代谢为主转换。

2.3 不同有机物料对烟叶感官质量的影响

表 3 是不同有机物料对烤后中部叶单料烟评吸

质量的影响，总分越高表明烟叶的综合评吸品质越好。烟叶感官质量以处理 T3 最好，处理 T1 次之，处理 T2 略优于 CK。处理 T3 的香气量和余味得分最高，杂气和刺激性较弱。

2.4 土壤碳、氮，烟叶碳/氮与感官质量的相关性

由表 4 可知，相关分析结果表明，有机碳和全氮含量均与浓度呈显著或极显著负相关，与评吸总分、杂气、余味、劲头、燃烧性和灰色均呈显著或极显著正相关，说明土壤有机碳和全氮含量较高时，烟叶整体感官质量较好；土壤微生物量碳和微生物量氮与评吸总分、杂气、灰色均呈显著或极显著正相关，且以微生物量氮的相关系数较高，微生物量氮还与刺激性和余味呈显著正相关，说明土壤微生物量碳、氮含量较高时杂气较小，烟叶灰色较白，整体感官质量较好；微生物量碳氮比与香气质和浓度呈显著和极显著正相关，与其他各感官指标均呈

表 2 不同有机物料对烟叶碳/氮的影响

Table 2 Effect of different organic materials on tobacco C/N

处理	30 d	60 d	90 d	烘烤后
CK	9.70aA	10.54aA	20.27abA	20.00aAB
T1	8.65aA	11.00aA	21.55abA	20.71aA
T2	10.00aA	12.95aA	22.30aA	19.10abAB
T3	9.32aA	11.37aA	19.02bA	17.39bcAB
T4	8.28aA	11.35aA	19.63abA	16.55cB

显著或极显著负相关,说明土壤微生物量碳氮比较大时,烟叶劲头不足、余味舒适度降低,整体感官质量较差;微生物商与灰色呈显著正相关,但与其他感官指标相关性不显著;土壤微生物量碳氮比、微生物量碳、微生物量氮和微生物商4个指标与感官质量相关性比较,微生物量碳氮比与感官质量的相关性最好,微生物商与感官质量的相关性最弱。

烟叶各时期碳氮比与评吸总分、杂气、燃烧性、灰色不存在线性相关关系,但与香气量、刺激性、余味和劲头存在不同程度的负相关关系;与香气质、浓度存在明显正相关关系,且与香气质的相关系数较高;表明随着烟叶碳氮比的增加,香气质变好、浓度提高、刺激性减小,但香气量减少、劲头不足、余味舒适度降低。

表3 不同有机物料对烤后烟叶感官质量的影响

Table 3 Effect of different organic materials on sensory quality of cured tobacco

处理	香气质 (20)	香气量 (20)	浓度 (10)	杂气 (10)	刺激性 (10)	余味 (15)	劲头 (5)	燃烧性 (5)	灰色 (5)	评吸总分 (100)
CK	15.33	15.50	6.50	5.33	6.00	9.50	4.50	2.67	2.33	67.66
T1	15.50	15.17	6.17	6.00	6.00	10.17	4.83	3.33	3.00	70.16
T2	15.83	15.00	6.50	5.83	6.00	9.63	4.16	2.83	3.00	68.79
T3	15.17	15.50	6.17	6.63	6.17	10.50	4.83	3.00	3.00	70.96
T4	14.50	15.67	6.00	6.00	6.17	10.00	5.00	3.00	3.00	69.33

表4 土壤碳、氮,烟叶碳/氮与感官各指标的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between soil carbon and nitrogen, tobacco C/N and sensory quality indices

项目	评吸总分	香气质	香气量	浓度	杂气	刺激性	余味	劲头	燃烧性	灰色
土壤										
有机碳	0.846**	-0.422	0.185	-0.760*	0.917**	0.793*	0.817**	0.538*	0.527*	0.871**
碳氮										
全氮	0.747*	-0.381	0.072	-0.873**	0.597*	0.399	0.729*	0.747*	0.939**	0.748*
微生物量碳	0.529*	-0.069	-0.201	-0.336	0.672*	0.496	0.405	-0.005	0.217	0.866**
微生物量氮	0.717*	-0.364	0.135	-0.613*	0.852**	0.777*	0.669*	0.349	0.326	0.845**
微生物量碳氮比	-0.831**	0.623*	-0.455	0.865**	-0.892**	-0.907**	-0.872**	-0.740*	-0.502*	-0.698*
微生物商	0.297	0.128	-0.388	-0.079	0.449	0.260	0.137	-0.280	0.051*	0.757*
中部										
30d	-0.420	0.741*	-0.486	0.924**	-0.298	-0.497	-0.500*	-0.902**	-0.689*	-0.398
叶碳/氮										
60d	0.045	0.428	-0.627*	0.266	0.179	-0.082	-0.148	-0.599*	-0.117	0.555*
90d	-0.312	0.770*	-0.915**	0.530*	-0.426	-0.829**	-0.502*	-0.680*	0.095	0.117
烘烤后	-0.324	0.740*	-0.624*	0.579*	-0.539*	-0.930**	-0.388	-0.436	0.102	-0.400

注: *和**分别表示相关关系显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$)。

3 讨论

秸秆和绿肥作为现代农业重要的有机肥源,含有大量有机质及植物生长所需要的营养成分。李文军等^[13]对水稻土有机碳、氮的研究表明,化肥配施有机肥能显著提高土壤有机碳、全氮活性,更有利于土壤总有机碳氮积累。秸秆和绿肥施入土壤后,可以提高土壤有机碳、全氮含量,并且处理 T3、T4 有机碳提高幅度大于处理 T1、T2。绿肥和秸秆中的有机质补充到土壤中,增强微生物活性进而促进其对新鲜有机物质的固定^[14-15],菌肥通过一系列的生命活动又促进绿肥在土壤中的进一步腐解、促进微生物的大量繁殖及土壤养分的释放^[16]。

土壤微生物量碳、氮是土壤活性养分的重要储备库,可反映土壤微生物数量和土壤氮库氮素循环

的本质^[17-18]。有机物料为微生物生存提供了大量的有机碳源和氮源,刺激微生物数量迅速增加,使各处理微生物量氮和处理 T2 的微生物量碳含量在移栽后 30 d 最高, T1、T3 和 T4 处理在移栽后 60 d 微生物量碳含量最高。本研究中处理 T3、T4 在烟株生育期内微生物商值较大,说明绿肥与菌肥配施促进了土壤有机碳的形态转化向更容易被微生物和作物利用的方向进行,从而提高土壤养分有效性。处理 CK 和 T1 的微生物量碳氮比在 60 d 时最大,可能是由于微生物中真菌较多,其余各处理在烤烟生育期土壤中微生物以细菌为主^[19]。

碳氮代谢是烤烟最基本的代谢过程,碳氮代谢强度、协调程度及其在烟叶生长和成熟过程中的动态变化模式,对烟叶品质有重大影响^[20]。在烟叶烘

烤过程中，呼吸消耗相对较多，干物重损失15%~20%，烤后烟叶含氮量升高，含碳量和碳氮比降低。烟叶碳/氮与氮素不同施用量和不同来源之间有密切的关系，通过施肥可以有效调节烟叶的碳氮比^[4]，不同的碳氮比变化模式可作为植烟土壤科学施肥的参考。

王小东等^[21]研究表明，土壤有机质与烤烟感官评吸呈正相关关系。本试验中，土壤有机碳、全氮、微生物量碳和微生物量氮含量与烟叶感官质量呈显著或极显著正相关关系，土壤微生物量碳氮比与感官质量呈极显著负相关关系，而微生物商与感官质量的相关性不显著，表明随着土壤碳、氮含量的增加，可提高烟叶的整体品质。本试验烟叶碳/氮与感官评吸总分不呈线性相关，但与香气量、余味和劲头存在不同程度的负相关，与香气存在明显正相关的结论与姚忠达等^[22]的研究结果不完全一致，但与史宏志等^[5]的研究结果相同，这可能与试验中施肥方式和评吸方法中各参照指标略有差异有关，还需要进一步探讨。

4 结 论

施用腐熟麦秸秆、绿肥和绿肥配施菌肥等施肥方式在烤烟各生育期均提高了土壤有机碳、全氮、微生物量碳、微生物量氮和微生物商；微生物量碳在移栽后30和60d达到最大值，微生物量氮在30d达到最大值，微生物量碳/微生物量氮平均值在5左右；烟叶碳/氮在移栽后60d以前增长缓慢，之后进入快速增长期，烘烤后烟叶碳/氮下降；施用不同有机物料后烟叶感官质量得到改善；土壤碳、氮含量与评吸总分呈显著或极显著正相关，微生物量碳氮比与评吸总分呈极显著负相关，微生物商作为衍生指标间接影响感官质量；总体以绿肥配施微生物菌剂的处理效果最好。

参考文献

[1] H L Chen, G S Liu, Y F Yang, et al. Effects of rotten wheat straw on organic carbon and microbial biomass carbon of tobacco-planted soil[J]. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013, 11 (1): 1017-1021.

- [2] Qiao Y M, Wang Z Q, Duan Z H. Effects of different land-use types on soil carbon and nitrogen contents in the northern region of Qinghai Lake[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2009, 18(6): 105-112.
- [3] Yang C D, Long R J, Cheng X R, et al. Characteristics of carbon, nitrogen and phosphorus density in top soil under different alpine grasslands on the eastern Qilian Mountains[J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(1): 1-5.
- [4] 韩锦峰, 史宏志, 官春云, 等. 不同施氮水平和氮素来源烟叶碳氮比及其与碳氮代谢的关系[J]. 中国烟草学报, 1996 (1): 19-25.
- [5] 史宏志, 韩锦峰, 刘国顺, 等. 烤烟碳氮代谢与烟叶香味关系的研究[J]. 中国烟草学报, 1998, 4(2): 56-63.
- [6] 南雄雄, 田霄鸿, 张琳, 等. 小麦和玉米秸秆腐解特点及对土壤中碳、氮含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3): 626-633.
- [7] 徐祥玉, 孟贵星, 袁家富, 等. 翻压绿肥对植烟土壤活性有机质和土壤酶的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(10): 103-107.
- [8] 李正, 刘国顺, 叶协锋, 等. 绿肥翻压年限对植烟土壤微生物量 C、N 和土壤 C、N 的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(4): 62-65, 68.
- [9] 薄国栋, 张继光, 申国明, 等. 秸秆还田对植烟土壤有机质及团聚体特征的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(3): 12-16.
- [10] 曾宇, 符云鹏, 叶协锋, 等. 烟田施用腐熟小麦秸秆对烤烟产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(5): 40-44.
- [11] 吴金水, 林启美, 黄巧云, 等. 土壤微生物量测定方法及其应用[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 54-68.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 39-60, 57-79, 99-107.
- [13] 李文军, 彭保发, 杨奇勇. 长期施肥对洞庭湖双季稻区水稻土有机碳、氮积累及其活性的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(3): 488-500.
- [14] 慕平, 张恩和, 王汉宁, 等. 连续多年秸秆还田对玉米耕层土壤理化性状及微生物量的影响[J]. 水土保持学报, 2012, 25(5): 81-85.
- [15] 邓小华, 石楠, 周米良, 等. 不同种类绿肥翻压对植烟土壤理化性状的影响[J]. 烟草科技, 2015, 48(2): 7-10, 20.
- [16] 夏振远, 李云华, 杨树军. 微生物菌肥对烤烟生产效应的研究[J]. 中国烟草科学, 2002, 23(3): 28-30.

- [7] 郭春燕,代晓燕,刘国顺,等. 施氮量和留叶数对豫西地区云烟87干物质和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(9): 53-58.
- [8] 刘卫群,郭群召,汪庆昌,等. 不同施氮水平对烤烟干物质、氮素积累分配及产质量的影响[J]. 河南农业科学, 2004(8): 25-28.
- [9] 邱标仁,周冀衡,郑开强,等. 施氮量对烤烟产质量和烟碱含量的影响[J]. 烟草科技, 2003(11): 41-43.
- [10] 李长军,宫长荣,肖鹏,等. 施氮水平和烘烤条件对烟叶品质和含氮组分的影响[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(1): 4-7.
- [11] Anonym. Fertilized to death[J]. Nature, 2003, 425: 894-895.
- [12] 高肖贤,张华芳,马文奇,等. 不同施氮量对夏玉米产量和氮素利用的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(1): 121-126, 131.
- [13] 孙占详,邹晓锦,张鑫,等. 施氮量对玉米产量和氮素利用效率及土壤硝态氮累积的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(5): 119-123.
- [14] 巨晓棠,潘家荣,刘学军,等. 北京郊区冬小麦/夏玉米轮作体系中氮肥去向研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 264-270.
- [15] 袁仕豪,易建华,蒲文宣,等. 多雨地区烤烟对基肥和追肥氮的利用率[J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2223-2227.
- [16] 单德鑫,杨书海,李淑芹,等. ^{15}N 示踪研究烤烟对氮的吸收及分配[J]. 中国土壤与肥料, 2007(2): 43-45.
- [17] 焦永鸽,李天福,张云贵,等. 有机质对红壤烤烟氮素累积分配特征的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 923-929.
- [18] 杨志晓. 南雄烟区土壤-烟株氮素循环规律及氮肥调控方式研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [19] 朱兆良. 中国土壤氮素[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [20] 刘卫群,郭群召,张福锁,等. 氮素在土壤中的转化及对烤烟上部叶烟碱含量的影响[J]. 烟草科技, 2004(5): 36-39.
- [21] 韩锦锋,陈建军,黄元炯,等. 应用 ^{15}N 示踪法探讨烟草对氮素利用的影响[J]. 河南农业大学学报, 1992, 26(3): 224-227.
- [22] 陈萍,李天福,张晓海,等. 利用 ^{15}N 示踪技术探讨烟株对氮素肥料的吸收与分配[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 1-4.
- [23] 习向银,晁逢春,李春俭. 利用 ^{15}N 示踪法研究土壤氮对烤烟氮素累积和烟碱合成的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(6): 1232-1236.
- [24] 谷海红,刘宏斌,王树会,等. 应用 ^{15}N 示踪研究不同来源氮素在烤烟体内的累积和分配[J]. 中国农业科学, 2008, 41(9): 2693-2702.
- [25] 凌寿军,谢玉华,曾晓娥. 4种土壤养分供给特性及烟株对肥料的利用率研究[J]. 中国烟草科学, 2003, 24(3): 11-13.
- [26] 杨宏敏,陆引罡,魏长照,等. 应用 ^{15}N 示踪研究烤烟对氮的吸收及分布[J]. 贵州农业科学, 1991(5): 29-33.
- [27] 李志宏,张维理. 我国植烟土壤养分状况与烟草施肥技术[C]//中国烟叶生产购销公司. 中国烟叶生产实用技术指南, 2008.

(上接第27页)

- [17] 胡诚,曹志平,叶钟年,等. 不同的土壤培肥措施对低肥力农田土壤微生物量碳的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 808-814.
- [18] 沈其荣. 土壤生物态氮研究进展[J]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- [19] Campbell C A, Biederbeck V O, Zentner R P, et al. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem[J]. Canadian Journal of Soil Science, 1991, 71(3): 363-376.
- [20] 史宏志,韩锦峰. 烤烟碳氮代谢几个问题的探讨[J]. 烟草科技, 1998(2): 34-36.
- [21] 王小东,田晓莉,许自成,等. 不同土壤有机质水平对烤烟内在品质的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 99-105.
- [22] 姚忠达,胡海洲,刘新民,等. 烤烟烟叶碳氮平衡与感官质量关系分析[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(2): 312-316.