

腐植酸和氮肥用量及其互作对植烟土壤质量的影响^①

穆金丽¹, 谭 钧², 刘国顺¹, 丁松爽^{1*}, 温心怡¹

(1 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002; 2 香港中向国际有限公司, 北京 100022)

摘要:以中烟 100 为材料, 采用腐植酸和氮肥双因子盆栽试验, 研究了腐植酸和氮肥用量及其互作对植烟土壤团聚体组成、养分及酶活性的影响。结果表明: 干、湿筛法测定的土壤团聚体的平均重量直径均以 T3 处理(腐植酸 900 mg/kg + 氮肥 40 mg/kg)最高, 与其他处理相比提高幅度分别为 15.3%~23.2% 和 6.5%~20.0%; 方差分析显示, 腐植酸与氮肥互作对土壤 pH、有机质影响不显著, 但对土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量的影响达到极显著水平 ($P < 0.01$); 二者互作对烤烟各生育期土壤脲酶、蔗糖酶活性影响不同。由此, 腐植酸和氮肥用量及其互作对提高土壤团聚体稳定性、土壤主要养分含量及酶活性具有显著效果。

关键词: 腐植酸; 团聚体; 土壤养分; 土壤酶活性

中图分类号: S572 **文献标识码:** A

土壤是作物生长的基础, 良好的土壤环境和土壤质量是优质烤烟生产的前提, 但近年来由于土壤的不合理使用导致土壤板结、营养失调, 对优质烟叶的生产造成了严重的影响。土壤营养状况是影响烟叶品质, 特别是影响烟叶香吃味的重要因素^[1]。腐植酸应用于烟草生产已有多, 其在改良土壤、促进土壤养分有效化和提高肥料利用率等方面有明显的效果。通过在一些作物上的研究表明, 腐植酸在改善土壤理化性质, 提高土壤肥力方面有较好的作用。这是由于腐植酸具有较大的表面积, 同时具有较强的吸附性, 施入土壤能显著增加土壤中的养分含量, 增加土壤中水稳性团粒结构的含量, 改善土壤物理结构, 提高土壤的缓冲性能^[2]。氮素是影响烟叶产量和品质的重要营养元素。但关于腐植酸与氮肥互作对植烟土壤影响方面的研究报道甚少, 因此研究不同腐植酸与氮肥水平及其互作对植烟土壤的影响对于合理施肥、改良土壤、提高烟叶品质具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2015 年在河南农业大学许昌校区烟草试验基地进行, 试验采用盆栽设计, 供试烟草品种为中烟 100。塑料盆装土, 每盆装土 25 kg, 供试土壤基

础肥力为有机质 32.3 g/kg, 碱解氮 64.6 mg/kg, 有效磷 3.26 mg/kg, 速效钾 106.3 mg/kg, pH 7.75。试验用肥料分别为硝酸铵、磷酸二氢钾、硫酸钾和腐植酸。腐植酸由香港中向国际有限公司提供, pH 5.4, 含 N 6.2~9.3 g/kg、P₂O₅ 0.075 g/kg、K₂O 0.168 g/kg、有机质 681.4~962.8 g/kg、总腐植酸 315.0~753.5 g/kg。

1.2 试验方法

试验设腐植酸两个水平: HA 300 mg/kg(H1)、HA 900 mg/kg(H2), 氮肥两个水平: N 40 mg/kg(N1)、N 120 mg/kg(N2), 共 4 个处理, 分别为: T1, 腐植酸 H1 氮肥 N1; T2, 腐植酸 H1 氮肥 N2; T3, 腐植酸 H2 氮肥 N1; T4, 腐植酸 H2 氮肥 N2。所有处理保持磷、钾肥用量一致: 施磷量 P₂O₅ 180 mg/kg, 施钾量 K₂O 360 mg/kg。每个处理 15 盆, 随机排列。

试验样品采集于移栽后 30 d 开始, 每隔 15 d 采集 1 次, 每个处理随机取 3 盆, 混合制样, 装袋后带回实验室, 样品经风干后过 20 目筛备用。另外采集一部分原状土样, 尽量避免挤压, 以保持原状土壤结构带回实验室于阴凉通风处晾干。团聚体组成情况的测定采用干筛法: 将原状土风干后取一小部分过孔径为 5、2、1、0.5、0.25 mm 的筛组进行筛分, 然后按其百分比, 配成 2 份质量为 50 g 的土样, 做湿筛法分析。湿筛法: 将样品放置于孔径自上而

基金项目: 香港中向国际有限公司“木本泥炭新型肥料在烟草领域应用”项目和中国烟草总公司浓香型特色优质烟叶开发项目(110201101001(TS-01))资助。

* 通讯作者(shuangsd@126.com)

作者简介: 穆金丽(1989—), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail: 1951800462@qq.com

下为 2、1、0.5、0.25 mm 的各级套筛之上,先用水缓慢湿润 5 min 后,再放入圆柱筒的水中进行筛分。湿筛完成后将各筛层上的土样转移至已称重铝盒,圆柱筒中水土悬浊液过 0.106 mm 筛,将筛上土样淋洗入铝盒,105℃烘干 12 h 后称重,最后计算得到各级团聚体的含量。

土壤有机质采用重铬酸钾外加热法、碱解氮采用碱解扩散法、有效磷采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法、速效钾采用火焰光度法、pH 采用土:水=1:5 酸度计法测定^[3];土壤脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法,蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[4]。

土壤酶活性测定采用移栽后 30、45、60、75、90 d 样品,土壤养分及团聚体测定采用移栽后 90 d 样品。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2013 和 IBM Statistics SPSS22.0 进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 腐植酸与氮肥互作对土壤团聚体稳定性的影响

土壤团聚体作为土壤结构的基本单位,其稳定性直接影响土壤表层的水、土界面行为,影响土壤的水肥气热状况^[5]。团聚体是决定土壤肥力状况的重要因素,也是衡量和评价土壤肥力的重要指标^[6]。通常情

况下,土壤团聚体按照粒径大小分为>0.25 mm 的大团聚体和<0.25 mm 的微团聚体^[7]。土壤大团聚体是土壤结构最基本的单元,是土壤肥力的中心调节器,具有保证和协调土壤中的水肥气热、维持和稳定土壤疏松熟化层等作用,在一定程度上表征土壤通气性与抗蚀性^[8-9],因此大团聚体含量越多土壤结构越稳定,即>0.25mm 的团聚体是最理想的团聚体^[10]。表 1 显示的是干筛法测定的土壤团聚体组成结果。从表 1 可知,T1、T2 处理土壤以 1~2 mm 粒级团聚体含量最高,T3、T4 处理土壤以 2~5 mm 粒级团聚体含量最高。团聚体的稳定性一般用平均重量直径(MWD)来表示,大团聚体的百分比越高,MWD 的值越大,土壤结构越稳定^[11]。本研究各处理土壤平均重量直径 MWD 以 T3 处理最大,分别高于 T1、T2、T4 处理 15.34%、23.16%和 15.96%。

湿筛法测定的团聚体是水稳性团聚体,能够很好地反映土壤抗水蚀的能力^[12]。土壤水稳性团聚体含量高低能够反映土壤结构保持和供应养分能力的强弱^[13]。由表 2 可以看出,各处理土壤水稳性团聚体皆以微团聚体为主,各处理<0.25 mm 团聚体含量分别为 666、576、617 和 652 g/kg。平均重量直径以 T3 处理最大达到 0.66 mm,与干筛法结果一致,即均以 T3 处理土壤团聚体较为稳定,相对于其他处理 MWD 分别提高了 20.0%、6.45% 和 11.86%。

表 1 干筛法测定的各处理土壤团聚体组成

Table 1 Soil aggregate compositions under different treatments measured by dry-sieving method

处理	团聚体组成(g/kg)						MWD (mm)
	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm	
T1	65	222	268	195	137	113	1.89
T2	44	232	256	224	155	89	1.77
T3	103	253	200	207	148	89	2.18
T4	63	235	232	222	144	105	1.88

表 2 湿筛法测定的各处理土壤团聚体组成

Table 2 Soil aggregate compositions under different treatments measured by wet-sieving method

处理	团聚体组成(g/kg)						MWD (mm)
	>2 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	0.106~0.25 mm	<0.106 mm	
T1	71	71	75	117	396	270	0.55
T2	77	93	105	149	360	215	0.62
T3	94	85	99	105	387	230	0.66
T4	80	80	84	104	350	302	0.59

2.2 腐植酸与氮肥互作对土壤主要养分含量的影响

土壤养分是土壤肥力的物质基础,也是土壤的基本属性和本质特征,其对烟草的产量和品质有极大影响,特别是对于烟叶香吃味的影响。不同处理土壤主要养分的极差分析如表 3 所示。结果表明,N2 处理

(T2、T4)相对于 N1 处理(T1、T3),pH 有所降低,有机质、有效磷含量均有所增加,碱解氮和速效钾含量均有较大增加;H2 处理(T3、T4)相对于 H1 处理(T1、T2),pH 有所降低,有机质有所增加,碱解氮含量有较大增加,速效钾含量则有所降低。各养分指标中氮

肥处理的极差均大于腐植酸处理极差,氮肥的影响较大。方差分析表明,腐植酸、氮肥对土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量的影响均达到极显著水平($P < 0.01$);二者交互作用对碱解氮含量的影响达到显著($P < 0.05$),对有效磷、速效钾含量的影响达到极显著

($P < 0.01$),这可能是由于腐植酸的施用改善了土壤团粒结构,增加了对氮素的吸附缓释,减少了氮素流失;同时也减少了磷素和钾素的固定与流失。腐植酸、氮肥及二者的交互作用对土壤 pH 和有机质的影响均不显著($P > 0.05$)(表 4)。

表 3 腐植酸与氮肥互作对土壤主要养分含量的影响
Table 3 Effects of interaction between humic-acid and nitrogen on main nutrients of soil

处理	pH	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
T1	7.55 a	21.5 a	95.9 c	15.1 b	153.3 b
T2	7.66 a	20.4 a	124.5 b	16.0 b	160.9 a
T3	7.54 a	22.0 a	120.6 b	12.8 b	129.5 c
T4	7.59 a	20.6 a	176.6 a	28.2 a	156.4 b
氮肥处理极差	0.08	-1.2	42.3	8.2	17.3
腐植酸处理极差	-0.04	0.4	38.4	5.0	-14.3

注：同列小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著，下同。

表 4 腐植酸与氮肥互作对土壤主要养分含量影响的 F 检验
Table 4 F -test of the effects of interaction between humic acid and nitrogen on main nutrients of soil

来源	pH	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾
腐植酸	0.25	0.09	78.55**	23.80**	72.92**
氮肥	0.85	0.98	95.28**	64.30**	107.70**
腐植酸×氮肥	0.11	0.02	9.94*	50.32**	33.63**

注：*表示达到 $P < 0.05$ 的显著水平；**表示达到 $P < 0.01$ 的极显著水平。下同。

2.3 腐植酸与氮肥互作对土壤酶活性的影响

2.3.1 土壤脲酶 土壤酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向,其大小可表征生化反应的方向和强度,在营养物质转化方面起着重要的作用^[14]。土壤脲酶是土壤中最活跃的水解酶类之一,其酶促反应产物氨是植物氮源之一,因此脲酶活性能够表征土壤氮素状况^[15]。由表 5 可知,各处理在整个大田期脲酶活性变化趋势大致相同,都呈现出先降低,后有所升高之后又降低的变化趋势,这可能是由于腐植酸是天然的脲酶抑制剂,能减少氨挥发,且腐植酸中的羧基、酚羟基等基团对铵态氮有络合作用、吸附缓释作用,可以减少氮的流失,所以前期脲酶活性有下降趋势,随着氮的释放,脲酶活性提高,后期

由于氮素含量低,脲酶活性又呈现下降趋势。

腐植酸与氮肥互作对不同时期土壤脲酶活性影响的极差分析如表 5 所示,N1 处理(T1、T3)相对于 N2 处理(T2、T4),移栽后 45 d 和 90 d 土壤脲酶活性有所增加,60 d 则有所降低;H1 处理(T1、T2)相对于 H2 处理(T3、T4),移栽后 45 d 和 60 d 土壤脲酶活性有所增加;移栽后 30、45 和 90 d,氮肥处理极差均大于腐植酸处理极差,氮肥对脲酶活性影响较大,60 d 和 75 d 时腐植酸对脲酶活性影响较大。方差分析表明,腐植酸对各时期脲酶活性的影响不显著($P > 0.05$);氮肥对移栽后 45 d 脲酶活性的影响达到显著水平($P < 0.05$);二者互作对移栽后 30 d 和 75 d 土壤脲酶活性的影响达到显著水平($P < 0.05$)(表 6)。

表 5 腐植酸与氮肥互作对植烟土壤脲酶活性的影响($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{mg}/(\text{g}\cdot 24\text{h})$)
Table 5 Effects of interaction of humic acid with nitrogen on urease activity of tobacco soil

处理	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d
T1	1.04 a	0.79 a	0.78 a	0.45 b	0.52 a
T2	0.63 b	0.56 b	0.8 a	0.49 ab	0.44 a
T3	0.68 b	0.57 b	0.69 a	0.58 a	0.49 a
T4	0.85 ab	0.50 b	0.76 a	0.47 b	0.48 a
氮肥处理极差	0.10	0.15	-0.05	0.04	0.05
腐植酸处理极差	0.07	0.14	0.07	-0.06	-0.01

表 6 腐植酸与氮肥互作对植烟土壤脲酶活性影响的 F 检验
Table 6 F -test of the effects of interaction between humic acid and nitrogen on urease activity of tobacco soil

来源	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d
腐植酸	1.04	7.59	0.44	6.36	0.001
氮肥	3.62	7.96*	0.16	2.28	1.97
腐植酸×氮肥	19.57*	2.34	0.05	11.80*	1.10

2.3.2 土壤蔗糖酶 蔗糖酶与土壤肥力关系密切, 土壤蔗糖酶含量增加有利于土壤中有机质的转化, 有利于土壤肥力水平的改善和提高, 它对增加土壤中易溶性营养物质也起着重要的作用^[16]。由表 7 可知, 各处理在烤烟大田生育期土壤蔗糖酶活性变化趋势大致相同, 均呈现先上升后下降的趋势, 移栽后 60~75 d 蔗糖酶活性达到最高, 分别为 G 29.84、32.89、33.53、33.26 mg/(g·24h); 这可能是由于旺长期烤烟生长迅速, 对养分需求量大, 蔗糖酶活性提高促进了有机质的转化, 增加了土壤中易溶性营养物质以满足烤烟的生长需求。此外, 移栽后 45~75 d, T2、T3、T4 处理蔗糖酶活性均高于 T1 处理, 60 d 时各处理相对于 T1 处理蔗糖酶活性分别提高了 47.7%、45.9% 和 41.9%, 达到了显著差异($P<0.05$)。

腐植酸与氮肥互作对植烟土壤蔗糖酶活性影响的极差分析表明(表 7), 移栽后 45 d 和 90 d 各处理蔗糖酶活性差异不显著($P>0.05$)。N2 处理(T2、T4)相对于 N1 处理(T1、T3), 移栽后 45 d 蔗糖酶活性有所增加; 移栽后 75 d 和 90 d, H2 处理(T3、T4)相对于 H1 处理(T1、T2)蔗糖酶活性有所增加; 移栽后 45、60 和 90 d, 氮肥处理极差均大于腐植酸处理极差, 氮肥影响较大; 30 d 和 75 d 则是腐植酸对蔗糖酶活性影响较大。方差分析表明, 移栽后 30 d 和 75 d, 腐植酸对土壤蔗糖酶活性影响达到显著水平($P<0.05$); 移栽后 60 d 氮肥对蔗糖酶活性影响达到显著水平($P<0.05$); 二者的交互作用则是在移栽后 30 d 和 60 d 对蔗糖酶活性影响达到显著水平($P<0.05$)(表 8)。

表 7 腐植酸与氮肥互作对土壤蔗糖酶活性的影响(G, mg/(g·24h))
Table 7 Effects of interaction of humic acid with nitrogen on invertase activity of tobacco soil

处理	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d
T1	23.7 a	21.0 a	22.3 b	29.8 b	22.8 a
T2	21.1 ab	22.9 a	32.9 a	32.3 ab	21.1 a
T3	19.4 b	19.8 a	32.5 a	33.5 a	23.9 a
T4	21.6 ab	23.5 a	31.6 a	33.3 a	21.3 a
氮肥处理极差	-0.21	2.81	4.86	1.12	-0.87
腐植酸处理极差	-1.91	-0.29	4.47	2.31	0.60

表 8 腐植酸与氮肥互作对植烟土壤蔗糖酶活性影响的 F 检验
Table 8 F -test of the effects of interaction between humic acid and nitrogen on invertase activity of tobacco soil

来源	30 d	45 d	60 d	75 d	90 d
腐植酸	12.19*	0.04	6.83	15.26*	0.23
氮肥	0.14	3.44	8.08*	3.58	3.07
腐植酸×氮肥	19.81*	0.37	11.40*	5.50	0.13

3 讨论

土壤团聚体是土壤的“养分库”, 是形成土壤结构的基础^[5]。良好的土壤结构不仅有利于水土保持, 提高土壤结构稳定性, 还间接控制着土壤的水、肥、气、热等综合性质^[17-18]。在本试验干筛法中各处理 >0.25 mm 团聚体含量介于 887~911 g/kg, 湿筛法中各处理 >0.25 mm 团聚体含量介于 334~424 g/kg, 说明土壤团聚体稳定性较好。这可能是由于腐植酸作为一种亲

水性的有机胶体, 能与土壤中的矿物质发生凝聚反应形成有机-无机复合体, 这种复合体活性高, 吸附能力强, 可以粘结土壤中的细粒物质, 并逐渐形成土壤团粒结构^[19]; 土壤团粒结构的形成提高了土壤有机无机复合度, 从而增加了土壤水稳性大团聚体的数量, 改善了土壤结构。团聚体的稳定性一般用平均重量直径(MWD)来表示, 干筛法和湿筛法中均以 T3 处理(腐植酸 900 mg/kg + 氮肥 40 mg/kg)MWD 值较高。

土壤养分是土壤肥力的物质基础, 也是土壤的基

本属性和本质特征,其对烟草的产量和品质有极大影响,特别是对于烟叶香吃味的影响。有研究证实腐植酸可增强土壤保水保肥能力,促进氮、磷、钾的转化和吸收,改善土壤环境,提高土壤肥力。试验结果表明,腐植酸与氮肥互作对碱解氮含量的影响达到显著水平($P<0.05$),对有效磷和速效钾含量的影响均达到极显著水平($P<0.01$),这可能是由于腐植酸的施用提高了有机物的矿化速度,促进了养分元素的释放。

腐植酸与氮肥互作对烤烟移栽后 30 d 和 75 d 土壤脲酶活性的影响达到显著水平($P<0.05$);对于蔗糖酶活性的影响则是在移栽后 30 d 和 60 d 达到显著水平($P<0.05$),这可能是由于腐植酸对脲酶的抑制作用使得前期脲酶活性较低,后期随着氮素释放,脲酶活性增加。

4 结论

腐植酸和氮肥用量及其互作有利于提高土壤大团聚体数量稳定性,并且干筛法和湿筛法中均以 T3(腐植酸 900 mg/kg + 氮肥 40 mg/kg)处理 MWD 值较高。腐植酸与氮肥互作对碱解氮含量的影响达到显著水平($P<0.05$),对有效磷和速效钾含量的影响均达到极显著水平($P<0.01$);但腐植酸、氮肥及二者的交互作用对土壤 pH 和有机质含量的影响均不显著($P>0.05$)。二者互作对烤烟移栽后 30 d 和 75 d 土壤脲酶活性的影响达到显著水平($P<0.05$);对于蔗糖酶活性的影响则是在移栽后 30 d 和 60 d 达到显著水平($P<0.05$)。综上,以 T3(腐植酸 900 mg/kg + 氮肥 40 mg/kg)处理对改善植烟土壤质量的效果最好。

参考文献:

[1] 胡国松, 赵元宽, 曹志洪, 等. 中国一些主要产烟省烤烟元素组成和内在化学品质评价[J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36-44

[2] 陈伏生, 曾德慧, 陈广生, 等. 风沙土改良剂对白菜生理特性和生长状况的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 152-155

[3] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000

[4] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986

[5] 赵红, 袁培民, 吕贻忠, 等. 施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J]. 土壤, 2011, 43(2): 306-311

[6] 孙艳, 王益权, 刘军, 等. 日光温室蔬菜栽培对土壤团聚体稳定性的影响——以陕西省泾阳县日光温室土壤为例[J]. 土壤学报, 2011, 48(1): 168-174

[7] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates in soils[J]. Journal of Soil Science, 1982, 33(2): 141-163

[8] 史奕, 陈欣, 沈善敏. 土壤团聚体的稳定机制及人类活动的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1491-1494

[9] 李阳兵, 魏朝富, 谢德体, 等. 岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体稳定性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 232-234

[10] Six J, Bossuyt H, Degryze S, et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics [J]. Soil and Tillage Research, 2004, 79(1): 7-31

[11] 苏静, 赵世伟. 土壤团聚体稳定性评价方法比较[J]. 水土保持学报, 2009, 29(5): 114-117

[12] 侯晓静, 杨劲松, 王相平, 等. 不同施肥方式下滩涂围垦农田土壤有机碳及团聚体有机碳的分布[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 818-826

[13] 王清奎, 汪思龙. 土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 415-421

[14] 路怡青, 朱安宁, 张佳宝, 等. 免耕和秸秆还田对潮土酶活性及微生物量碳氮的影响[J]. 土壤, 2013, 45(5): 894-898

[15] 邱现奎, 董元杰, 万勇善, 等. 不同施肥处理对土壤养分含量及土壤酶活性的影响[J]. 土壤, 2010, 42(2): 249-255

[16] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 406-410

[17] Walen J K, Chang C. Macro aggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications[J]. Soil Science Society of American Journal, 2002, 66: 1637-1647

[18] 蒋先军, 李航, 谢德体, 等. 分形理论在土壤肥力研究中的应用与前景[J]. 土壤, 2007, 39(5): 677-683

[19] 李善祥. 我国风化煤利用现状与展望[J]. 腐植酸, 1996(2): 1-3

Effects of Humic Acid and Nitrogen Levels and Their Interaction on Tobacco Planting Soil Quality

MU Jinli¹, TAN Jun², LIU Guoshun¹, DING Songshuang^{1*}, WEN Xinyi¹

(1 *College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;*

2 Hongkong Zhongxiang International Limited Company, Beijing 100022, China)

Abstract: A pot experiment was carried out on effects of different humic acid and nitrogen levels and their interaction on tobacco planting soil aggregate composition, nutrient and enzyme activity with the flue-cured tobacco variety of zhongyan100. The results showed that the soil aggregate mean weight diameters of the treatment with T3 (900 mg/kg humic acid + 40 mg/kg nitrogen) were the highest in both dry and wet sieving method, and compared with those of the other treatments, they were increased by 15.3 percent to 23.2 percent and 6.5 percent to 20 percent, respectively. Variance analyses showed that the interactions of humic acid and nitrogen were not significant on soil pH and organic matter, but extremely significant on soil available nitrogen, available phosphorus and available potassium contents ($P < 0.01$), and different on soil urease and invertase activities in each growing period. The results indicated that humic acid, nitrogen and their interactions have significant effects on improving soil aggregate stability, soil nutrient contents and soil enzyme activities.

Key words: Humic acid; Aggregates; Soil nutrient; Soil enzyme activity