

不同前作对烟田土壤养分、酶活性及烤烟生长的影响

嵇其翠^{1,2}, 宋文静¹, 董建新¹, 胡海洲¹, 宋晓培^{1,2}, 陈玉蓝³, 李磊磊^{1,2},
况 帅^{1,2}, 芦伟龙^{1,2}, 梁洪波^{1*}

(1. 中国农业科学院烟草研究所, 农业部烟草生物学与加工重点实验室, 青岛 266101; 2. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; 3. 四川省烟草公司凉山州公司, 四川 西昌 615000)

摘要: 为明确不同前茬作物对土壤和烤烟生产的影响, 采用田间试验研究了冬闲、绿肥和大蒜 3 种前茬处理对土壤养分、土壤酶活性、烤烟生长和烟叶质量的影响。结果表明: (1) 与冬闲处理相比较, 烤烟移栽时, 前作种植大蒜与种植绿肥处理的土壤 pH 分别降低了 0.48 和 0.46 个单位; 土壤速效钾分别增加了 108.80 和 217.39 mg/kg; 采收结束后, 前作大蒜和绿肥处理的土壤有效磷、速效钾及可溶性有机碳含量显著升高, 且绿肥效果显著大于大蒜; 前作大蒜和绿肥处理提高了土壤蔗糖酶、脲酶活性, 且绿肥效果大于大蒜处理。(2) 前作大蒜处理烤烟生物产量移栽后 30 d 与冬闲处理相当, 移栽后 60 d 显著高于冬闲处理; 前作绿肥处理在移栽后 30 d 生物产量显著低于冬闲处理, 但移栽后 60 d 显著高于冬闲处理; 不同前作处理对烤烟氮素和钾素吸收的影响与对生物产量影响的趋势相一致。(3) 前作种植大蒜和绿肥可以提高烟叶产量和产值, 且绿肥效果高于大蒜, 但需要注意的是种植绿肥导致烟叶氮含量增加, 烟叶感官评吸质量明显下降。综上所述, 前茬种植大蒜与绿肥均能在一定程度上改善烟田土壤条件、提高烟叶产量, 绿肥还田后烤烟要适当减少施肥量。

关键词: 烤烟; 前作; 土壤 pH; 土壤养分; 土壤酶活; 烟叶产量; 烟叶质量

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2018) 01-0064-08

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2018.01.009

Effects of Different Preceding Crops on Conditions of Tobacco-planting Soil Nutrients, Enzyme Activities and the Growth of Flue-cured Tobacco

ZHUO Qicui^{1,2}, SONG Wenjing¹, DONG Jianxin¹, HU Haizhou¹, SONG Xiaopei^{1,2},
CHEN Yulan³, LI Leilei^{1,2}, KUANG Shuai^{1,2}, LU Weilong^{1,2}, LIANG Hongbo^{1*}

(1. Institute of Tobacco Research of CAAS, Key Laboratory of Tobacco Biology and Processing, Ministry of Agriculture, Qingdao 266101, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Liangshan Tobacco Company of Sichuan Province, Xichang, Sichuan 615000, China)

Abstract: In order to study the effects of different preceding crops on the nutrients of tobacco-planting soil and on growth, yield and quality of flue-cured tobacco, a field experiment was conducted by using winter fallow and garlic and green manure. The results showed that: (1) Compared with the winter fallow treatment, the garlic and green manure treatments significantly decreased soil pH by 0.48 and 0.46 units, while increased soil available potassium by 108.80 and 217.39 mg/kg respectively. Garlic and green manure treatments significantly increased the contents of soil available phosphorus, available potassium and soluble organic carbon, and the effects of green manure were significantly higher than those of garlic. Both garlic and green manure treatments significantly enhanced the activities of soil invertase and urease and the effect of green manure was higher than that of garlic. (2) Compared with the winter fallow treatment, tobacco biomass of the garlic treatment was similar 30 d after transplanting, but significantly higher 60 d after transplanting. Tobacco biomass of the green manure treatment was significantly lower 30 d after transplanting, but became significantly higher than that of the winter fallow treatment 60 d after transplanting. The same trends were found in the effects of different pre-treatments on absorption of nitrogen and potassium in flue-cured tobacco. (3) The garlic and green manure treatments increased the yields and output values of tobacco, but the green manure treatment increased nitrogen content in tobacco leaves, thus significantly decreased the sensory evaluation quality of tobacco leaves. Therefore nitrogen fertilizer should be reduced when planting tobacco in this case. Overall, the preceding crops garlic and green manure could improve the soil conditions of the tobacco field to a certain extent, and increase the yield of tobacco leaves, but the amount of fertilizer should be reduced properly after the green manure was returned to the field.

Keywords: tobacco; preceding crops; soil pH; soil nutrients; soil enzyme activities; yield of tobacco leaves; tobacco leaf quality

基金项目: 四川省烟草专卖局(公司)科技项目“凉山山地原生态特色烟叶关键生产技术研究应用与品牌开发”(LSYC201601); 中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-TRIC03-2016)

作者简介: 嵇其翠(1991-), 女, 在读硕士, 研究方向为作物栽培理论与技术。E-mail: 1456500718@qq.com. *通信作者, E-mail: lianghongbo@caas.cn

收稿日期: 2017-11-14

修回日期: 2018-01-05

我国农民长期以来形成了精耕细作的生产方式,复种指数高,种植模式多种多样,田块间土壤肥力的差异较大。研究表明,不同种植模式对土壤的肥力有显著影响^[1-4],不同前茬作物对后茬作物的生长、产量和品质也有较大影响^[5-7]。

烤烟作为以收获叶片为主的经济作物,其产量和质量对土壤肥力较为敏感。研究表明,不同的前茬作物对烟叶生长和品质有不同的影响。徐照丽等^[8]研究发现,在不施氮肥的条件下,烤烟总生物量由低到高的前作依次为大麦、洋葱、油菜和甜脆豌豆。刘优雄等^[9]研究表明,前茬种植水稻和油菜能够促进烤烟生长、改善化学成分协调性,而玉米则抑制了烤烟生长且使其化学成分协调性变差。刘枫等^[10]研究表明,油菜、小麦、大麦和绿肥等前茬作物对土壤氮素有效性、烟株生物量、氮磷钾养分吸收量、土壤氮磷钾养分残留以及氮素表观损失和磷钾表观盈余有显著的影响。

凉山是我国主产烟区之一,烤烟种植模式主要有冬闲 烤烟、绿肥 烤烟、油菜 烤烟、其他经济作物 烤烟等,导致烤烟平衡施肥和生产管理复杂化。本项研究选择冬闲 烤烟、绿肥 烤烟、大蒜 烤烟三种最为典型的种植模式,明确不同前作对土壤和烤烟生产影响,旨在进一步指导不同种植模式下的土壤保育和优质烤烟生产。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2016 年 10 月—2017 年 9 月在四川省西昌市大兴乡中国农业科学院西昌烟草资源与环境野外科学观测试验站进行。试验地块位于东经 102° 21' 49", 北纬 27° 50' 49", 海拔 1700 m, 供试土壤为水稻土, pH 7.63, 有机质 24.0 g/kg, 可溶性有机碳 9.61 mg/kg, 铵态氮 1.67 mg/kg, 硝态氮 13.20 mg/kg, 有效磷 3.21 mg/kg, 速效钾 190 mg/kg。

1.2 试验设计

大田试验设置 3 个处理, 处理 1 为冬闲 烤烟, 处理 2 为大蒜 烤烟, 处理 3 为绿肥(光叶紫花苕)

烤烟。采用大田随机区组试验, 设置 3 次重复, 共计 9 个小区, 小区面积为 100 m²。2016 年 10 月 1 日分别播种大蒜和绿肥, 其中大蒜地施肥量折合每公顷尿素 300 kg、硫酸钾 150 kg, 绿肥地不施肥。2017 年 5 月 1 日分别收获大蒜和绿肥压青还田。2017 年 5 月 7 日移栽烤烟, 品种为云烟 87, 施肥量折合每公顷农家肥(腐熟牛粪) 1.5 t, 复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 15%、15%、15%) 450 kg, 硫酸钾(K₂O 含量为 50%) 225 kg。

1.3 取样时期及测定方法

在烤烟移栽时及烤烟采收结束时, 每个小区随机确定 3 个点, 采集 0~20 cm 耕层土壤充分混匀。铵态氮、硝态氮采用 1 mol/L KCL 溶液浸提, Seal-AA3 连动流动分析仪测定^[11]; pH 采用电位法(水土比为 2.5:1), 有效磷采用钼锑抗比色法, 速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法^[12]; 可溶性有机碳参照陈安强等^[13]方法, 采用 0.5 mol/L 的 K₂SO₄ (水土比为 5:1) 浸提, Muti N/C-3100 型 TOC 分析仪测定。烤烟移栽第 0、30、60、90 和 120 天, 每个小区随机确定 3 个点, 采集 0~20 cm 耕层土壤混合为一份土壤, 测定土壤蔗糖酶、土壤脲酶和土壤中性磷酸酶活性。土壤蔗糖酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 土壤脲酶活性用靛酚蓝比色法, 土壤中性磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法^[14]。

烤烟移栽后第 30、60 天, 每个小区取 5 株有代表性的烟株, 分根、茎、叶在 105 °C 下杀青 0.5 h, 然后 70 °C 烘干至恒重, 称重并记录。经 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮后, 凯氏定氮法测定氮含量, 火焰光度法测定钾含量^[14]。

采集 C3F 等级初烤烟叶, 送农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心测定总氮^[15]、总植物碱^[16]、总糖^[17]、还原糖^[17]、钾^[18]及氯^[19]含量, 并进行烤烟感官质量评吸。评吸专家来自农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心, 共计 7 人。烟感官质量评吸赋分方法参照标准 YC/T 138—1998 烟草及烟草制品 感官评价方法, 并进行修订: (1) 劲头: 大、较大、适中、较小、小; (2) 浓度: 浓、较浓、

中等、较淡、淡;(3)香气质:好 15~13、较好 12~10、中等 9~7、较差<7;(4)香气量:足 20~18、较足 17~15、尚足 14~12、有 11~9、较少<9;(5)余味:舒适 25~22、较舒适 21~18、尚舒适 17~14、欠适 13~10、差<10;(6)杂气:微有 18~16、较轻 15~13、有 12~10、略重 9~7、重<7;(7)刺激性:轻 12~11、微有 10~9、有 8~7、略大 6~5、大<5;(8)燃烧性:强 5、较强 4、中等 3、较差 2、熄火 0;(9)灰色:白色 5、灰白 3、黑灰<2。

1.4 统计分析

数据采用 Microsoft Excel 2007 和 SAS 9.2 统计软件进行分析。

2 结果

2.1 不同前作处理对烟田土壤的影响

2.1.1 不同前作处理对烟田土壤养分的影响 由表1可知,烤烟移栽前,与冬闲处理相比较,大蒜与绿肥处理均能显著降低土壤pH;大蒜与绿肥处理的土壤硝态氮、有效磷、速效钾和可溶性有机碳均有不同幅度的提高,其中绿肥处理的提高幅度高于大蒜处理;绿肥处理的土壤硝态氮、速效钾和可溶性有机碳含量均有大幅提高,增幅分别为50.66、217.39和1.81 mg/kg;大蒜处理的土壤速效钾含量显著提高,增幅为108.80 mg/kg。

烤烟采收结束后,大蒜处理土壤有效磷、速效

钾和可溶性有机碳含量显著高于冬闲,分别为0.63、66.34和1.87 mg/kg;pH、铵态氮和硝态氮差异不显著。绿肥处理pH显著低于冬闲处理,降低了0.15个单位;绿肥处理硝态氮、有效磷、速效钾和可溶性有机碳显著高于冬闲处理,分别增加了8.66、1.03、172.67和4.62 mg/kg;二者铵态氮无显著差异。烤烟采收结束后与烤烟移栽前相比,3个处理的土壤pH、硝态氮、速效钾均下降,而土壤铵态氮、有效磷、有机碳含量均升高。

2.1.2 不同前作处理对土壤酶活性的影响 由图1a可知,在烤烟种植期间,土壤蔗糖酶活性总体表现为绿肥>大蒜>冬闲,且前期差异显著。总体来看,随着时间的变化,冬闲处理烤烟生长过程中土壤蔗糖酶活性呈缓慢上升趋势;大蒜处理土壤蔗糖酶活性呈下降趋势;除第90天之外,绿肥处理土壤蔗糖酶活性呈下降趋势。在烤烟采收结束后,各处理土壤蔗糖酶活性趋于一致。由图1b可知,在烤烟整个生长过程中,除烤烟移栽后90d外,土壤中脲酶活性为绿肥>大蒜>冬闲。总体来看,随着时间的变化,各处理土壤脲酶活性均表现出先下降(0~60d)后上升(60~90d)再下降(90~120d)趋势。烤烟采收结束后,与冬闲处理相比,大蒜和绿肥处理的烟田土壤脲酶活性分别提高17.57%和31.50%。由图1c可知,总体来看各处理烟田土壤磷酸酶活性均表现出先升高后降低趋势。大蒜处理的土壤磷酸酶活性变化曲线相对较平缓,起始时土

表1 不同前作处理对耕层土壤主要养分的影响

时期 Period	处理 Treatment	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	可溶性有机碳 Soluble organic carbon
烤烟移栽前 Before transplanting	冬闲 Winter fallow	7.77±0.08a	2.09±0.12ab	13.51±4.46b	2.96±0.44a	243.12±22.18c	6.97±0.52b
	大蒜 Garlic	7.55±0.12b	2.48±0.32a	14.24±4.17b	3.62±0.42a	351.92±9.46b	7.41±0.29b
	绿肥 Green manure	7.55±0.08b	1.88±0.09b	64.17±11.85a	3.99±0.84a	460.51±34.92a	8.78±0.46a
烤烟采收结束 After transplanting	冬闲 Winter fallow	7.24±0.09a	3.42±0.50a	8.94±0.41b	3.38±0.15c	209.33±10.07c	9.23±0.58c
	大蒜 Garlic	7.17±0.06ab	2.94±0.20a	7.33±1.27b	4.01±0.09b	275.67±10.69b	11.10±1.38b
	绿肥 Green manure	7.09±0.02b	2.85±0.13a	17.60±4.55a	4.41±0.12a	382.00±8.19a	13.85±0.58a

注:表中数据为平均数±标准偏差。同列数据后不同字母表示经 Duncan's 多重比较法验证在 $p<0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: The data in the table were mean±standard deviation. Values followed by different letters were significantly different by verification of Duncan's multiple comparison method at 0.05 probability level for the same growth stage. The same below.

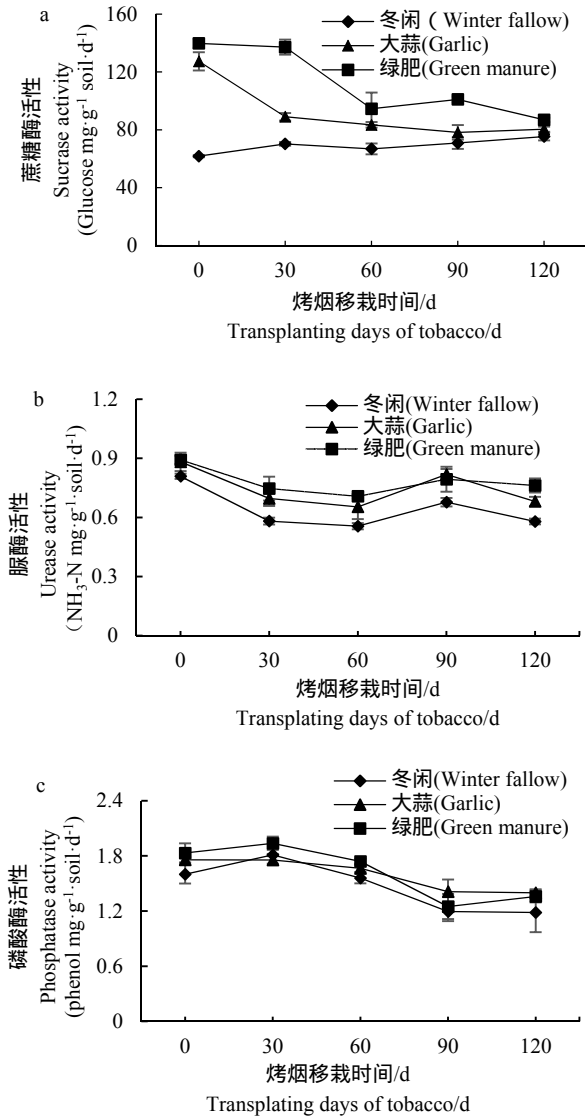


图 1 不同前作对烟田表层土壤酶活性的影响

Fig. 1 Effects of different preceding-crops on enzyme activities in plough soil of tobacco-field

壤磷酸酶活性是绿肥 > 大蒜 > 冬闲，第 90 天是大蒜 > 绿肥 > 冬闲，第 120 天是绿肥 > 大蒜 > 冬闲。而绿肥处理的土壤磷酸酶活性始终高于冬闲处理。

2.2 不同前作处理对烤烟生长的影响

2.2.1 不同前作处理对烤烟生物量的影响 由表 2 可知，烤烟移栽后 30 d，与冬闲处理相比，大蒜处理烤烟根、茎和叶干物质积累量均有所提高，但未达到显著差异水平；绿肥处理烤烟根、茎、叶干物质积累量降低，降幅分别为 38.55%、15.09%和 40.23%，其中根和叶达到显著差异，可能的原因是绿肥在土壤中快速腐解对烤烟生长造成不利影响。移栽后 60 d，与冬闲处理相比，大蒜处理烤烟根、

茎、叶干物质积累量均显著提高，增幅分别为 91.58%、89.64%和 93.39%；绿肥处理烤烟根、茎、叶干物质积累量均显著提高，增幅分别为 71.88%、65.63%和 110.11%。大蒜和绿肥处理之间无显著差异。可见，与冬闲处理相比，在烤烟生长旺长期，大蒜与绿肥处理均能在一定程度上提高烤烟干物质积累量，有利于烤烟生长。

表 2 前作对烤烟干物质积累量的影响 g/株

Table 2 Effects of preceding crops on dry matter accumulation in flue-cured tobacco g/plant

移栽后时间 Days after transplanting/d	处理 Treatment	根 Root	茎 Stalk	叶 Leaf
30	冬闲 Winter fallow	0.83±0.17a	0.53±0.08a	7.01±1.41a
	大蒜 Garlic	0.84±0.17a	0.55±0.12a	7.04±1.32a
	绿肥 Green manure	0.51±0.07b	0.45±0.15a	4.19±0.82b
60	冬闲 Treatment	23.29±1.70b	26.56±4.17b	57.06±7.83b
	蒜地 Garlic	44.62±5.52a	50.37±5.12a	110.35±7.37a
	绿肥 Green manure	40.03±4.89a	43.99±1.86a	119.89±6.438a

2.2.2 不同前作对烤烟氮素吸收的影响 由表 3 可知，烤烟移栽 30 d 后，与冬闲处理相比，大蒜处理的烤烟根、茎、叶中氮积累量升高，增幅分别为 4.59%、2.37%和 0.35%，但未达到显著水平；绿肥处理的烤烟根、茎、叶中氮积累量均显著降低，降幅分别为 38.04%、20.51%和 38.10%。烤烟移栽后 60 d，与冬闲处理相比，大蒜处理的烤烟根和茎中氮积累量显著提高，增幅分别为 83.61%和 99.95%，但叶中氮积累量无显著差异；绿肥处理的烤烟根、茎和叶中氮积累量均显著增高，增幅分别为 55.31%、104.16%和 98.86%。总体来说，与冬闲处理相比，大蒜与绿肥处理在烤烟旺长期均一定程度上增加了烟株对氮素的吸收量。

2.2.3 不同前作对烤烟钾含量的影响 由表 4 可知，烤烟移栽后 30 d，与冬闲处理相比，大蒜处理的烤烟根、茎、叶中钾积累量升高，增幅分别为 3.76%、3.13%和 3.23%，但均未达到显著差异水平；绿肥处理的烤烟根、茎、叶中钾积累量均显著降低，降低

表3 不同前作处理对烤烟氮积累量的影响 mg/株

Table 3 Effects of preceding crops on nitrogen accumulation in roots, stems and leaves of flue-cured tobacco		mg/plant		
移栽后时间	处理	根	茎	叶
Days after transplanting/d	Treatment	Root	Stalk	Leaf
30	冬闲 Winter fallow	22.87±3.87a	16.43±2.07a	285.79±55.05a
	大蒜 Garlic	23.92±4.09a	16.82±3.59a	286.78±50.79a
	绿肥 Green manure	14.17±1.612b	13.06±4.08b	176.90±37.47b
60	冬闲 Winter fallow	476.12±125.85b	579.46±126.66b	2057.45±457.52b
	大蒜 Garlic	874.22±129.30a	1158.64±211.68a	2098.16±258.58b
	绿肥 Green manure	739.46±77.90a	1183.01±238.13a	4091.35±200.65a

幅度分别为 41.06%、17.56%和 41.34%。烤烟移栽 60 d 后,与冬闲处理相比,大蒜和绿肥处理均能提高烤烟根、茎、叶中钾积累量,增幅分别为 109.24%、125.57%、22.54%和 61.66%、62.22%、140.38%。总体来说,与冬闲处理相比,大蒜与绿肥处理促进了烤烟旺长期对钾的吸收。

2.3 不同前作处理对烤烟产质量的影响

2.3.1 不同前作处理对烤烟经济性状的影响 由表 5 可知,与冬闲处理相比,大蒜和绿肥处理烤烟

上等烟比例、中上等烟比例、产量、产值和均价分别提高了 28.20%、5.49%、14.88%、24.14%、7.75%和 44.00%、11.31%、24.89%、46.09%、16.69%。3 个处理均是绿肥 > 大蒜 > 冬闲。这表明大蒜和绿肥处理可以提高烟叶的产量和产值,且绿肥处理效果更为明显。

2.3.2 不同前作处理对烟叶化学成分的影响 由表 6 可知,与冬闲处理相比,大蒜处理烟叶还原糖、总糖、总植物碱、总氮、钾、氯和糖碱比无显著差

表4 不同前作处理对烤烟钾积累量的影响 mg/株

Table 4 Effects of preceding crops on potassium accumulation in roots, stems and leaves of flue-cured tobacco		mg/plant		
移栽后时间	处理	根	茎	叶
Times after transplanting/d	Treatment	Root	Stalk	Leaf
30	冬闲 Winter fallow	31.15±6.45a	29.72±2.62a	385.91±98.59a
	大蒜 Garlic	32.32±6.08a	30.65±7.57a	398.36±72.80a
	绿肥 Green manure	18.36±1.99b	24.50±7.90b	226.38±50.75b
60	冬闲 Winter fallow	570.83±139.43b	1270.01±354.97b	2424.61±471.14b
	大蒜 Garlic	1194.38±241.65a	2865.92±953.55a	2971.04±892.36b
	绿肥 Green manure	922.83±80.74a	2060.49±374.46ab	5828.21±796.46a

表5 不同前作处理对烤烟经济性状的影响

Table 5 Effects of preceding crops on economic characters of flue-cured tobacco					
处理	上等烟	中上等烟比例	产量	产值/(元·hm ²)	均价/(元·kg ⁻¹)
Treatment	Proportion of superior leaves/%	Proportion of moderate and superior leaves/%	Tobacco yield/(kg·hm ⁻²)	Output value/(yuan·hm ⁻²)	Average price/(yuan·kg ⁻¹)
冬闲 Winter fallow	32.98±3.56c	77.45±6.44a	1990.70±117.11c	36870.88±1606.02c	18.57±1.41b
大蒜 Garlic	42.28±1.04b	81.70±6.44a	2286.87±117.46b	45770.20±3285.34b	20.01±0.92ab
绿肥 Green manur	47.49±1.39a	86.21±6.44a	2486.24±19.15a	53865.14±1846.81a	21.67±0.70a

表6 不同前作处理对烟叶化学成分的影响

Table 6 Effects of preceding crops on chemical components of tobacco leaves							
处理	还原糖/%	总糖	总植物碱	总氮	钾	氯	还原糖/总植物碱
Treatment	Reducing sugar/%	Total sugar/%	Total alkaloid/%	Total nitrogen/%	Potassium/%	Chlorine/%	Reducing sugar/Total alkaloid
冬闲 Winter fallow	19.00±2.20ab	31.00±1.80ab	1.97±0.03a	1.67 ± 0.06b	2.29±0.23a	0.25±0.05a	9.62 ± 0.98a
大蒜 Garlic	20.60±2.20a	34.00±3.10a	1.88±0.23a	1.58 ± 0.14b	2.32±0.19a	0.27±0.06a	11.15 ± 2.78a
绿肥 Green manur	16.10±2.00b	26.60±2.10b	2.14±0.34a	1.89 ± 0.09a	2.58±0.11a	0.21±0.01a	7.72 ± 1.97a

表 7 不同前作处理对烤烟感官评吸质量的影响

Table 7 Effects of preceding crops on sensory evaluation quality of flue-cured tobacco

处理 Treatment	劲头 Strength	浓度 Smoke concentration	香气质 Aroma quality	香气量 Aroma concentration	余味 Aftertaste	杂气 Impurity	刺激性 Irritation	燃烧性 Combustion	灰色 Ash	总分 Total score
冬闲 Winter fallow	适中	中等	11.58	16.08	19.75	13.33	8.83	3.00	3.08	75.75
大蒜 Garlic	适中	中等	11.50	16.25	19.83	13.33	8.83	3.00	3.08	75.83
绿肥 Green manur	适中	中等	11.17	15.75	18.85	12.67	8.67	3.00	3.08	73.25

异；绿肥处理总氮含量有显著增加，还原糖、总糖含量和糖碱比有所降低，总植物碱和钾含量小幅增加，但未达到显著差异水平。

根据中国烟草种植区划研究中对烤烟化学成分指标赋值方法，较好的烤烟中部烟叶总植物碱含量应为 2.2%~2.8% 左右，总氮含量 2.0%~2.5%，还原糖含量 18%~22%，钾离子 2.5% 以上，还原糖和烟碱比值 8~10 左右^[20]。对比上述优质烟指标，大蒜和冬闲处理烟叶化学成分协调性较好，但是烟碱和总氮含量较低；绿肥处理总植物碱较为符合，但还原糖含量和还原糖/总植物碱比值较低。

2.3.3 不同前作处理对烤烟感官评吸质量的影响
由表 7 可知，烤烟感官评吸质量得分为大蒜 > 冬闲 > 绿肥。与冬闲处理相比，大蒜处理烤烟香气量及余味均有提高，而绿肥处理烤烟香气质、香气量、余味均有降低。

3 讨 论

本研究表明，与冬闲相比较，前作大蒜和绿肥降低了土壤 pH，提高了土壤有效磷、速效钾和可溶性有机碳含量，以种植绿肥提高幅度较大，其中种植绿肥还可大幅提高土壤硝态氮含量；土壤酶活性总体趋势为绿肥 > 大蒜 > 冬闲。前作种植大蒜可以有效提高旺长期（移栽后 60 d）的生物产量；而绿肥在生育前期（移栽后 30 d）生物产量显著低于冬闲和种植大蒜处理，主要原因是前期绿肥在土壤中快速腐解对烤烟生长造成不利影响。不同前作对烤烟氮素和钾素吸收的影响与对生物产量影响的趋势相一致。前作种植大蒜和绿肥可以提高烟叶产量产值，绿肥效果高于大蒜，但是种植绿肥导致烟叶氮含量增加，烟叶感官评吸质量明显下降。

土地利用方式作为人类生产生活对土地利用的综合反映，会直接而深刻的影响土壤肥力^[21-22]。已有研究表明，土地利用方式及管理措施的差异易导致土壤养分、土壤酶活性及土壤 pH 等重要土壤肥力评价指标的变化^[23]，且对土壤理化指标的影响显著性程度存在差异。王振平等^[24]研究指出土壤化学性质受到气候、成土母质、地质等非生物因素和人类、生物活动等生物因素的共同影响，说明前作对于土壤肥力指标的影响又因生态环境和管理方式的不同而存在差异，进一步表明了土壤肥力受前作影响的复杂性。本研究结果表明，与冬闲相比，前作种植绿肥处理烤烟前期生长较慢，后期生长较快，烟碱含量高，这与彭云等^[25]的研究结果一致；前作种植大蒜可以增加烟叶产量产值，且对烟叶质量没有负面作用，与黄光荣^[26]、赖荣泉^[27]的研究结果一致。综上可以看出，大蒜 烤烟种植模式可以有效促进烟叶产值和产量，是综合效益较好的种植模式；同时前作种植大蒜对烟草黑胥病具有较好的防控效果^[28]。本研究中，种植绿肥虽然影响到当季烤烟前期生长和烟叶质量，但是绿肥还田是当前我国培肥地力的重要措施，其功能不仅仅是供氮，更重要是通过提升土壤有机质含量，促进土壤大团聚体形成，从而改善土壤结构。本研究中，绿肥于烟草移栽前 1 周还田，在烟草生长前期绿肥快速腐解过程中微生物繁殖需要大量的氮、磷等元素，存在和烟株竞争养分的可能，同时绿肥在微生物腐解过程中产生的某些中间代谢产物对植物根系有抑制作用，因此绿肥还田的土壤烟株一般前期生长较为缓慢；加之本研究在前茬种植绿肥的情况下没有适当调减后茬烤烟的施肥量，从而造成烟叶氮含量较高，品质有所下降，在以后的研究中应注意绿肥的

还田时期和烤烟合理施肥量方面的运筹。

4 结 论

与冬闲相比较,烤烟前茬种植大蒜和绿肥均可以提高土壤养分含量和土壤酶活性,绿肥效果显著大于大蒜;同时土壤 pH 有所下降。前茬种植大蒜和绿肥均显著增加了烟叶产量和产值,绿肥的效果显著高于大蒜。烟叶质量方面,与冬闲相比较,前茬种植大蒜有利于烟叶品质的提高,而绿肥处理由于烟叶氮含量增加,烟叶感官评吸质量明显下降,因此绿肥还田后烤烟要适当减少施肥量。

参考文献

- [1] 李菡,孙爱清,郭恒俊. 农田不同种植模式与土壤质量的关系[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 365-372.
LI H, SUN A Q, GUO H J. Effects of different planting patterns on farm land soil quality in Yellow River alluvial plain of Shandong Province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(2): 365-372.
- [2] 褚慧,宗良纲,汪张懿,等. 不同种植模式下菜地土壤腐殖质组分特性的动态变化[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 931-939.
CHU H, ZONG L G, WANG Z Y, et al. Different changes in humus components in vegetable soils different cultivation mode[J]. Acta Pedologica Sinica, 2013, 50(4): 931-939.
- [3] 邱晓蕾,宗良纲,刘一凡,等. 不同种植模式对土壤团聚体及有机碳组分的影响[J]. 环境科学, 2015, 36(3): 1045-1052.
QIU X L, ZONG L G, LIU Y F, et al. Effects of different cultivation patterns on soil aggregates and organic carbon fractions[J]. Environmental Science, 2015, 36(3): 1045-1052.
- [4] 雍太文,杨文钰,向达兵,等. 不同种植模式对土壤氮素转化及酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3227-3235.
YONG T W, YANG W Y, XIANG D J, et al. Effects of different planting modes on soil nitrogen transformation and related enzyme activities[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(12): 3227-3235.
- [5] 刘彩霞,李明,杜天庆,等. 半干旱地区不同前作模式对后茬大豆产量和土壤水分的影响[J]. 作物杂志, 2017(3): 121-126.
LIU C X, LI M, DU T Q, et al. Effects of different pre-prduction patterns on soybean yield and soil moisture in semiarid region[J]. Crops, 2017(3): 121-126.
- [6] 贾文燕,梁银丽,白彩虹,等. 不同前茬对线辣椒生长生理和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(1): 151-156.
JIA W Y, LIANG Y LI, BAI C H, et al. Effects of different preceding crops on growth physiology and quality of hot pepper[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2011, 29(1): 151-156.
- [7] 宋树慧. 不同前茬对马铃薯生育及土壤特性的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
SONG S H. Effects of different preceding crops on growth and soil properties of potato[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2014.
- [8] 徐照丽,杨宇虹. 不同前作对烤烟氮肥效应的影响[J]. 生态学杂志, 2008, 27(11): 1926-1931.
XU Y L, YANG Y H. Influence of different preceding crops on nitrogen fertilizer effect of flue-cured tobacco[J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(11): 1926-1931.
- [9] 刘优雄. 不同前作和肥料调控对烤烟产质量及主要化学成分影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
LIU Y X. The effect of different fore-rotating crops and fertilizer control on the yield, quality and chemical components of tobacco[D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2011.
- [10] 刘枫,赵正雄,李忠环,等. 不同前茬作物条件下烤烟氮磷钾养分平衡[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2622-2626.
LIU F, ZHAO Z X, LI Z H, et al. Nutrient balance between N,P and K in flue-cured tobacco production under different pre-ceeding crops planting[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(10): 2622-2626.
- [11] 苏涛,司美茹,王朝辉,等. 土壤矿质氮分析方法的影响因素研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1238-1242.
SU T, SI M R, WANG Z H, et al. Effects of pretreatment, shaking and conserving method and extracting solution on results for soil mineral nitrogen[J]. Journal of Agro-environment Science, 2005, 24(6): 1238-1242.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
LU R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [13] 陈安强,付斌,鲁耀,等. 有机物料输入稻田提高土壤微生物碳氮及可溶性有机碳氮[J]. 农业工程学报, 2015, 31(21): 160-167.
CHEN A Q, FU B, LU Y, et al. Exogenous organic materials applied to paddy field improving soil microbial biomass C,N and dissolved organic C, N[J]. Transactions of the Chinese society of Agricultural Engineering, 2015, 31(21): 160-167.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

- BAO S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [15] 国家烟草专卖局. YC/T 161—2002 烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 161—2002 Tobacco and tobacco products-determination of total nitrogen-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [16] 国家烟草专卖局. YC/T 160—2002 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 160—2002 Tobacco and tobacco products-determination of total alkaloids-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [17] 国家烟草专卖局. YC/T 159—2002 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 159—2002 Tobacco and tobacco products-determination of water soluble sugars-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2002.
- [18] 国家烟草专卖局. YC/T 173—2003 烟草及烟草制品 钾的测定火焰光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 173—2003 Tobacco and tobacco products-determination of potassium-flame photometry[S]. Beijing: China Standards Press, 2003.
- [19] 国家烟草专卖局. YC/T 162—2011 烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
State Tobacco Monopoly Administration. YC/T 162—2011 Tobacco and tobacco products-determination of chlorine-continuous flow method[S]. Beijing: China Standards Press, 2011.
- [20] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 36.
WANG Y T, XIE J P, LI Z H. Chinese tobacco planting regionalization[M]. Beijing: Science press, 2010: 36.
- [21] CRIST P J, KOBLEY T W, OAKLEA f J. Assessing land-use impacts on biodiversity using an expert system tool[J]. Landscape Ecology, 2000, 15(1): 47-62.
- [22] 王清奎, 汪思龙, 高洪, 等. 土地利用方式对土壤有机质的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 360-363.
WANG Q K, WANG S L, GAO H, et al. Influence of land use on soil organic matter[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(4): 360-363.
- [23] 朱祖详. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1983: 276-279.
ZHU Z X. Soil science[M]. Beijing: Agriculture Press, 1983: 276-279.
- [24] 王振平, 余辉, 汪怀建, 等. 大港河小流域土地利用方式对土壤肥力影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 1017-1022.
WANG Z P, YU H, WANG H J, et al. Effects of land use types on soil fertility in Dagang Watershed[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jianxiensis, 2011, 33(5): 1017-1022.
- [25] 彭云, 赵正雄, 李忠环, 等. 不同前茬对烤烟生长、产量和质量的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(2): 335-340.
PENG Y, ZHAO Z X, LI Z H, et al. Effects of different preceding crops on growth, yield and quality of flue-cured tobacco plant[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(2): 335-340.
- [26] 黄光荣. 烟蒜轮作增产增效的作用与评价[D]. 贵阳: 贵州大学, 2008.
HUANG G R. Smoke garlic round the fuction and the evaluation which make to boost production to increase an effect[M]. Guiyang: Guizhou University, 2008.
- [27] 赖荣泉. 套种大蒜对烟田土壤微生物群落及烟叶品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(4): 75-79.
LAI R Q. Effects of garlic intercropping on soil microbial communities and tobacco leaf quality[J]. Chinese Tobacco Science, 2015, 36(4): 75-79.
- [28] 薛超群, 牟文君, 胡利伟, 等. 前作大蒜行距对后作烤烟黑胫病防控效果的影响[J]. 中国烟草学报, 2016, 22(2): 61-66.
XUE C Q, MOU W J, HU L W, et al. Effects of row spacing of garlic on black shank disease control of succeeding flue-cured tobacco crop[J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 22(2): 61-66.