

烟草农艺性状和烟叶化学成分对不同 碳氮比有机物料的反应

姜桂英¹, 张 弘¹, 张玉军¹, 朱金峰², 刘世亮¹, 刘 芳¹

(1. 河南农业大学资源与环境学院, 河南 郑州 450002;
2. 河南省漯河市烟草公司, 河南 漯河 462000)

摘 要: 采用盆栽方法, 利用玉米秸秆和芝麻饼肥进行碳氮比的调节, 共设置 6 个碳氮比水平(0, 6, 20, 40, 60, 90), 研究了不同碳氮比的有机物料对烤烟生长发育和化学成分特征的影响。结果表明, 土壤碳氮比过高(C/N = 90)或过低(C/N = 0, 6)均抑制烤烟农艺性状的发育, 进而减少了根茎叶干物质累积; 而土壤碳氮比在 20 ~ 40 时, 则可以提高烟叶的叶面积(圆顶期达到 600 m² 左右), 有利于根茎叶干物质的累积(圆顶期叶片干重达到 80 ~ 95 g·株⁻¹)。碳氮比过高的处理(C/N = 90)阻碍了烤烟叶片对氮、磷的吸收, 降低了中下部烟叶烟碱的含量, 但有利于烤烟中下部叶片钾的吸收和累积, 最高达 31.3 g·kg⁻¹, 同时提高了钾氯比。烤烟的总糖和还原糖含量基本随土壤碳氮比增加而增加, 淀粉含量则呈现相反趋势。综合来看, 土壤碳氮比在 20 ~ 40 时, 更有利于烤烟农艺性状的发育, 同时促进碳氮代谢的协调发展, 有利于烤烟主要化学组分的合理分配。

关键词: 烤烟; 碳氮比; 有机物料; 农艺性状; 化学成分

中图分类号: S572.06 **文献标志码:** A

The response of the agronomical traits and chemical components of tobacco to organic materials with varied carbon/nitrogen ratios

JIANG Gui-ying¹, ZHANG Hong¹, ZHANG Yu-jun¹, ZHU Jin-feng², LIU Shi-liang¹, LIU Fang¹

(1. College of Resources and Enviromental Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;
2. Luohe City Tobacco Corporation of Henan Province, Luohe, Henan 462000, China)

Abstract: The carbon (C) and nitrogen (N) metabolism directly affects chemical component and quality of Tobacco, and the soil carbon-nitrogen ratio (C/N) is the major factor responsible for the C and N metabolism of tobacco and its chemical composition. In this study, six C/N ratio treatments were set: 0, 6, 20, 40, 60, 90, the C/N ratio in all of these treatments were adjusted by the maize straw and sesame manure, with the objectives to explore the effect of C/N ratio on the agronomic traits and chemical component of tobacco by the pot experiment. The results were showed that the dry matter of tobacco roots, stem, and leaves were decreased under the treatments with the C/N ratios of 90, 0, and 6. While under the treatments with C/N of 20 and 40, the tobacco leaf area was increased, approximately to 600 m², resulting in increase of dry matter of tobacco roots, stems, and leaves in the relevant treatments (i.e. the dry matter of tobacco leaf was around 80 ~ 95 g·plant⁻¹). For chemical component, under C/N of 90, the N and phosphorus absorption of tobacco leaf was reduced, and the content of nicotine in the tobacco leaf at middle and bottom part decreased, while the potassium (K) content increased to the maximum level of 31.3 g·kg⁻¹. The content of total sugar and reducing sugar of tobacco increased as C/N ratio increased. In conclusion, C/N ratio of 20 to 40 is favorable for tobacco growth and chemical composition.

Keywords: flue-cured tobacco; carbon and nitrogen ratio; organic materials; agronomical traits; chemical component

收稿日期: 2016-06-20
基金项目: 河南省烟草公司重大面上项目“不同生物炭对植烟土壤碳氮比和紧实度调节机制研究及应用”(LYKJ201504); “烟田有机废弃物高效生物发酵资源化利用与技术集成”(HYKJ201215)
作者简介: 姜桂英(1983—), 女, 河南鹤壁人, 讲师, 博士, 主要从事土壤肥力及其调控研究。E-mail: jgy9090@126.com。
通信作者: 刘世亮(1970—), 男, 河南信阳人, 博士, 教授, 主要从事土壤化学与植物营养调控研究。E-mail: shlliu70@163.com。

作为我国重要的经济作物,烤烟的产量和品质都是影响其经济效果的重要指标。碳氮代谢是作物最基本的代谢过程,其在作物生育期间的变化动态直接影响光合产物的形成、转化以及矿质营养的吸收、蛋白质的合成等。烟叶碳氮代谢的协调程度对烟叶的生长发育和决定烟叶产量、品质的化学成分的形成转化有重要影响,直接或间接关系到烟叶产量和品质的形成和提高^[1]。烟草是一种需肥量较大、大田生育期长的 C3 作物,碳氮代谢的协调程度不仅影响其生长发育进程,而且直接关系到烟草品质的优劣。因此,合理调控碳氮营养,对烟草适产优质至关重要。与化肥相比较,有机肥对烟草生长及植烟土壤肥力的提升都有积极作用。前人就烤烟有机肥施用的研究也较多。陈红丽^[2]研究表明,施用腐熟麦秸不仅显著提高了植烟土壤的有机质含量和有效营养元素(如碱解氮、有效磷和有效钾)含量,同时也提高了常见土壤酶类的活性;对土壤物理指标也有改善,降低了土壤容重,提高了土壤的保温保水性;同时显著提高烟叶总糖与还原糖的比值,提高上部叶的氮碱比和石油醚提取物含量,明显降低淀粉含量,从而有利于提高烟叶常规化学成分的协调性。也有学者研究发现,采用有机施肥模式,优化肥料中碳氮比组成,可以显著改善土壤的微生态环境,有利于培肥地力和烟株根系的生长,改善烟株农艺性状及烟叶品质,调节烟叶等级分配,提高土地产值^[3-5]。饼粕型烟草有机肥配施化肥有利于烤烟农艺性状及烤后内在化学组成及香气组成等品质指标的提升^[6]。可见,有机肥的施用不仅能提高烟草产量及品质,同时也促进了植烟土壤肥力的提升。虽然前人就烟草对不同有机物料响应的研究颇多,但大都没有考虑有机物料对植烟土壤以及烟草本身碳氮循环的影响,而这些恰恰与烟草的碳氮代谢直接相关。

当前,围绕烟田施用有机物料开展了大量研究,主要集中在秸秆还田、施用有机肥、种植绿肥等对土壤物理、化学和生物学性状的研究,但是以调节土壤 C/N 为基础的研究较少。有机物料种类繁多,其碳氮比变化幅度较大,作为浓香型烤烟的主要种植区域,豫中烟区不同有机物料碳氮比的调节对烤烟的品质及植烟土壤的可持续发展都有着重要影响。本研究拟选用玉米秸秆和芝麻饼肥来调节不同的碳氮比,以期探索豫中烟区合理的土壤碳氮比对烤烟生长和品质形成的影响,为豫中烟区有机物料的合理施用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

试验在河南农业大学科教园区网室进行,采取盆栽试验,每盆栽土 15 kg。供试土壤采自郑州市邙山区古荥镇,为普通褐土,土壤的基础理化性质:有机质 21.1 g·kg⁻¹,全氮 0.9 g·kg⁻¹,碱解氮 26.7 mg·kg⁻¹,速效磷(P₂O₅) 6.11 mg·kg⁻¹,速效钾(K₂O) 70.0 mg·kg⁻¹。供试的烤烟品种为中烟 101。

试验设置 C/N 不同的处理 6 个:(1) 对照,纯化肥处理,C/N = 0(T₀,CK);(2) C/N = 6(T₆);(3) C/N = 20(T₂₀);(4) C/N = 40(T₄₀);(5) C/N = 60(T₆₀);(6) C/N = 93(T₉₀)。根据玉米秸秆和饼肥的 C/N 不同(玉米秸秆有机碳 418.5 g·kg⁻¹,全氮 4.5 g·kg⁻¹,C/N = 93,全磷 1.02 g·kg⁻¹,全钾 10.8 g·kg⁻¹;芝麻饼肥有机碳 276 g·kg⁻¹,全氮 46 g·kg⁻¹,C/N = 6;全磷 20.6 g·kg⁻¹,全钾 13.2 g·kg⁻¹),配制成不同 C/N 的有机物料,并保持有机物料的氮量占所施肥料总氮量的 20%,各处理的玉米秸秆和芝麻饼肥的用量见表 1。不同处理施用相同的化肥水平,每盆施用纯氮量为 2.5 g,氮磷钾的比例是 1:1:3,氮肥基追比为 7:3,钾肥基追比 6:4。即每盆施用肥料量为:NH₄NO₃ 4.89 g,KH₂PO₄ 4.79 g,K₂SO₄ 6.87 g,追肥为 KNO₃ 5.36 g,另外,每盆施用微量元素肥料 ZnSO₄、H₃BO₃ 分别为 0.2 g 和 0.1 g。肥料与土壤充分混合后装盆,装土容重 1.20 g·cm⁻³。每个处理设置 10 盆,共计 10×6=60 盆,2015 年 5 月 13 日选烟株大小一致的烟苗进行移栽,每盆种植烟苗 1 株,随机排列,并进行统一管理。

表 1 各处理的有机物料用量/(g·盆⁻¹)

Table 1 The application rate of organic materials in different treatments/(g·pot⁻¹)

处理 Treatment	C/N	玉米秸秆(干重) Maize straw (dry matter)	芝麻饼肥(干重) Sesame cake fertilizer (dry matter)
T ₀	0	0	0
T ₆	6	0	10.87
T ₂₀	20	17.65	9.14
T ₄₀	40	43.13	6.65
T ₆₀	60	66.95	4.16
T ₉₀	93	111.11	0

1.2 采样与测定方法

分别在烟草生长的团棵期、旺长中期和圆顶期测定烟株的农艺指标。采样时,每个处理选长势相近的烟株 3 株,取中上部位的烟叶,其它的叶片

105℃杀青,60℃烘干后用于化学成分分析。成熟期按叶位分次采收,并采用三段式烤房烘烤。烘烤过的烟叶按照上、中、下三个部位分类,挑选烟叶等级相近的烟叶粉碎后过 40 目筛后用于化学成分分析。植株中全氮用凯氏定氮法^[7],全磷用钒钼黄比色法^[7],全钾用火焰光度计法^[7],氯离子含量用银量法^[8],烟碱含量用盐酸提取活性炭脱色法^[8],总糖、还原糖用水浸提 3,5-二硝基水杨酸显色法^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同碳氮比的有机物料对烤烟生长发育的影响

2.1.1 不同碳氮比下烤烟的农艺性状 表 2 显示,

整体来看,C/N 过高(如 T₉₀)或过低(如 T₀,T₆)都不利于烟株的生长。在烟株团棵期,T₉₀处理的叶片数、株高、茎围、最大叶长和叶宽均显著小于其它处理;而叶面积 T₂₀、T₄₀、T₆₀最大,在 430 m² 左右,且处理间差异不显著,T₉₀处理的叶面积显著小于其它处理。烟株在团棵期对 N 的需求量不是很大,但 C/N = 90 处理中,施入的玉米秸秆量在微生物矿化分解时不能及时从秸秆中吸收所需构建自身的 N,需要从土壤中吸收速效 N 供微生物本身进行繁殖,出现微生物和烟株竞争吸收土壤中速效 N 的现象,进而使烟株出现短期缺 N 的情况,这也就是通常所说的作物与微生物争 N 的现象。

表 2 不同处理下烤烟不同生育时期的农艺指标

Table 2 The agronomical traits of tobacco under different treatments during growth stage							
生育期 Growth stage	处理 Treatment	叶数 Leaf number	株高 Height /cm	茎围 Stem girth /cm	最大叶长 Maximum leaf length/cm	最大叶宽 Maximum leaf width/cm	叶面积 Area of leaf/cm ²
团棵期 Resettling stage	T ₀	11.33 a	12.33 a	5.30 a	35.27 a	17.56 a	393.0bc
	T ₆	11.67 a	12.50 a	5.33 a	33.83 a	18.66 a	400.5b
	T ₂₀	11.00 a	12.83 a	5.30 a	35.67 a	19.03 a	430.7a
	T ₄₀	11.67 a	12.43 a	5.20 a	35.57 a	19.03 a	429.5ab
	T ₆₀	11.33 a	12.33 a	4.80 a	35.27 a	18.73 a	419.2ab
	T ₉₀	9.67 b	6.00 b	3.37 b	22.00 b	12.93 b	180.5d
旺长中期 Vigorous growth stage	T ₀	14.67 a	31.17 b	7.17 b	39.67 b	22.16 b	557.8b
	T ₆	15.00 a	29.00 b	7.53 a	41.16 b	22.50 b	587.6ab
	T ₂₀	14.67 a	31.67 b	6.83 c	42.33 a	23.00 a	617.7a
	T ₄₀	15.00 a	34.16 a	7.00 b	41.33 b	22.33 b	585.6ab
	T ₆₀	16.00 a	33.67 a	6.43 c	40.33 b	22.33 b	571.4b
	T ₉₀	13.33 a	19.00 c	5.56 d	34.17 c	17.33 c	375.7c
圆顶期 Dome stage	T ₀	20.67 a	64.00 a	7.13 a	37.67 b	22.16 a	529.7b
	T ₆	21.00 a	64.33 a	7.00 a	38.00 b	22.67 a	546.6b
	T ₂₀	21.00 a	65.33 a	7.03 a	41.67 a	22.53 a	595.7a
	T ₄₀	22.33 a	66.67 a	7.13 a	42.33 a	23.00 a	617.7a
	T ₆₀	22.00 a	67.00 a	7.00 a	41.83 a	22.67 a	601.7a
	T ₉₀	19.33 b	65.33 a	5.67 b	35.17 c	18.33 b	409.0c

在旺长中期,T₉₀处理的叶片数与其它处理差异不明显,但其叶长、叶宽、最大叶长和叶面积仍显著小于其它处理。在 T₂₀、T₄₀处理中烟叶的主要农艺性状明显优于其它处理。在圆顶期,叶片数和茎围,除 T₉₀处理的叶片数显著小于其它处理外,其它处理的叶数差异不明显;各处理的株高差异也不明显;T₂₀、T₄₀、T₆₀处理的叶面积显著高于其它处理。总体来说,在圆顶期各处理的农艺性状差异进一步缩小,而且 T₉₀处理株高缩小了与其它处理间的差异,但是由于其氮素相对缺乏,其它农艺指标仍显著地小于其它处理,T₄₀的处理农艺指标总体上优于其它处理。

2.2.2 不同碳氮比下烤烟不同生育期干物质积累量

不同碳氮比的有机物料配施对烤烟根茎叶干物重形成影响显著。整体来说,不同时期烟株的根、茎、叶干物重与其叶部的生长情况类似,有机物料 C/N 比例过高或过低时,都不利于烟株干物质的累积。在烟株的团棵期,C/N 过高(如 T₉₀)对烟株的根茎叶干物质累积都造成显著负影响,这与此时期土壤微生物与作物争氮直接相关。而在 T₂₀和 T₄₀处理中,烟株的根、茎、叶干物质积累量明显高于其它处理。在烟株旺长期,不同 C/N 的有机物料对烟叶的影响要小于根和茎,除了 T₉₀处理的烟叶干物质仍显著低于其它

处理外,其它处理之间差异不明显。圆顶期时,T₀和T₉₀处理烟株根系干物质累积显著低于其它处理,在烟株茎、叶上表现还是以T₉₀处理最差。总体来说,有机物料C/N在20~40时,可以使烤烟在团棵期以前形成庞大的根系,从而为以后的生长奠定了基础,在各生长期,有机物料的C/N在20~40之间时,烤烟可获得最大生物量。

表 3 不同碳氮比处理下烤烟不同生育期的干物重/(g·株⁻¹)

Table 3 The dry matter of tobacco during different growth periods/(g·plant⁻¹)

生育期 Growth stages	处理 Treatment	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
团棵期 Resettling stage	T ₀	2.97 a	1.52 b	10.74 b
	T ₆	1.58 b	1.47 b	12.66 a
	T ₂₀	2.82 a	2.21 a	11.70 a
	T ₄₀	3.32 a	2.01 a	12.40 a
	T ₆₀	3.22 a	1.70 b	10.76 b
	T ₉₀	0.96 c	0.62 c	3.98 c
旺长中期 Vigorous growth stage	T ₀	28.02 b	20.86 b	45.99 a
	T ₆	57.47 a	26.28 a	43.92 a
	T ₂₀	34.53 b	21.57 b	45.24 a
	T ₄₀	34.53 b	21.57 b	50.86 a
	T ₆₀	52.20 a	23.41 a	40.17 b
	T ₉₀	26.08 b	13.51 c	36.61 b
圆顶期 Dome stage	T ₀	26.00 b	54.00 b	74.63 b
	T ₆	36.33 a	57.25 b	84.87 b
	T ₂₀	34.25 a	66.25 a	81.43 b
	T ₄₀	35.25 a	59.50 b	94.49 a
	T ₆₀	35.33 a	57.00 b	78.77 b
	T ₉₀	29.50 b	47.50 c	50.46 c

2.2 不同碳氮比的有机物料对烤烟化学成分的影响

2.2.1 烟叶氮含量 图1(a)显示,不同碳氮比处理中,烟叶中的全氮含量均低于20 g·kg⁻¹,且以中部叶含量最高,下部叶基本是中部叶的一半。上部叶中T₂₀和T₄₀处理中氮含量显著高于其它处理;中部叶片含氮量以T₄₀处理显著高于其它处理;下部叶片氮含量随有机物料碳氮比呈先升高后降低趋势,以T₀、T₂₀处理氮含量最高。整体来看T₉₀处理中的氮含量在所有部位叶片中均处于较低水平。说明有机物料碳氮比过高不利于烟株对氮素的吸收,从另一方面也验证了有机物料碳氮比过高降低了有机氮的矿化释放,同时,相同无机氮水平下,碳氮比过高的有机物料处理也容易造成微生物与作物争氮的现象,阻碍了作物对氮素的吸收。

2.2.2 烟叶磷含量 烟叶全磷含量则以上部叶的

含量较高(图1(b))。上部叶中,T₄₀和T₆₀处理全磷含量显著高于其它处理;在中部叶中,则以T₄₀处理全磷含量最高。下部叶中以T₂₀处理的磷含量显著高于其它处理。整体来看,碳氮比为40时更有利于烟株对磷的吸收。

2.2.3 烟叶钾含量 烟叶的全钾含量随烟叶部位的上升呈减少趋势,以上部叶全钾含量最低(图1(c))。在上部叶中T₄₀和T₆₀处理全钾含量显著高于其它处理;但在中部和下部叶中,全钾的含量随碳氮比的增加呈先增加后降低再增加的趋势,且以T₉₀处理的全钾含量最高,达到31.3 g·kg⁻¹。这可能是由于T₉₀处理的烟叶厚度薄,干物质积累少,从而使得钾素在烟叶中的浓缩效应所引起的。

2.2.4 氯离子含量 图1(d)显示烟叶氯离子在不同部位叶片中的含量,其含量以中部叶最低。上部叶中氯离子含量以T₄₀处理最高,碳氮比过高或过低处理的氯离子含量均较低。在中部和下部叶中,T₉₀处理的氯离子含量最高,这可能是由于其叶片小,而且身份薄,产生的浓缩效应,另外可能是由于施入大量的玉米秸秆带入的氯离子所造成的。整体来说烟株叶部氯离子含量相对较低,这可能是由于本试验所用的土壤为深层土,其中氯离子含量很低,并且本试验所用水为深层地下水,氯离子含量也很低,所以造成了烟叶中氯离子含量较低。

2.2.5 钾氯比 上部叶的钾氯比较中部和下部叶都低。不同碳氮比处理中,不同部位的叶片均以T₆处理的钾氯比值显著高于其它处理。

2.2.6 烟碱含量 随着烟叶部位降低,烟碱含量也逐渐降低。在上部叶中未施用有机物料的对照处理烟碱含量显著高于其它施用有机物料的处理。在中部叶中,烟叶中的烟碱含量基本随碳氮比的增加呈降低趋势。下部叶中,除对照外,其它处理的烟碱含量也随碳氮比的增加而降低。上部叶的烟碱含量,T₀显著高于其它处理,所以有机物料的合理碳氮比能够降低上部叶的烟碱含量。总体上,烟叶的烟碱含量随其氮含量增加呈线性增加(图2)。

2.2.7 总糖、还原糖和淀粉含量 表4显示,总糖和还原糖的含量以中部叶的最高,而淀粉的含量随着叶位的升高而逐渐升高。总糖和还原糖都有相同的规律,随着有机物料碳氮比的增大,总糖和还原糖含量逐渐增大,而淀粉含量随着有机物料碳氮比的增大而减小,这主要是随着有机物料中碳的含量升高,氮素含量减少,致使烟叶生长受限,烟叶中的糖分主要以水溶性的糖类物质存在,合成高分子化合物(如淀粉)的量很少。所以可以在不影响烟叶产量

的条件下,适当调节有机物料的碳氮比,增加烟叶中的总糖和还原糖,减少淀粉在叶片中的积累。

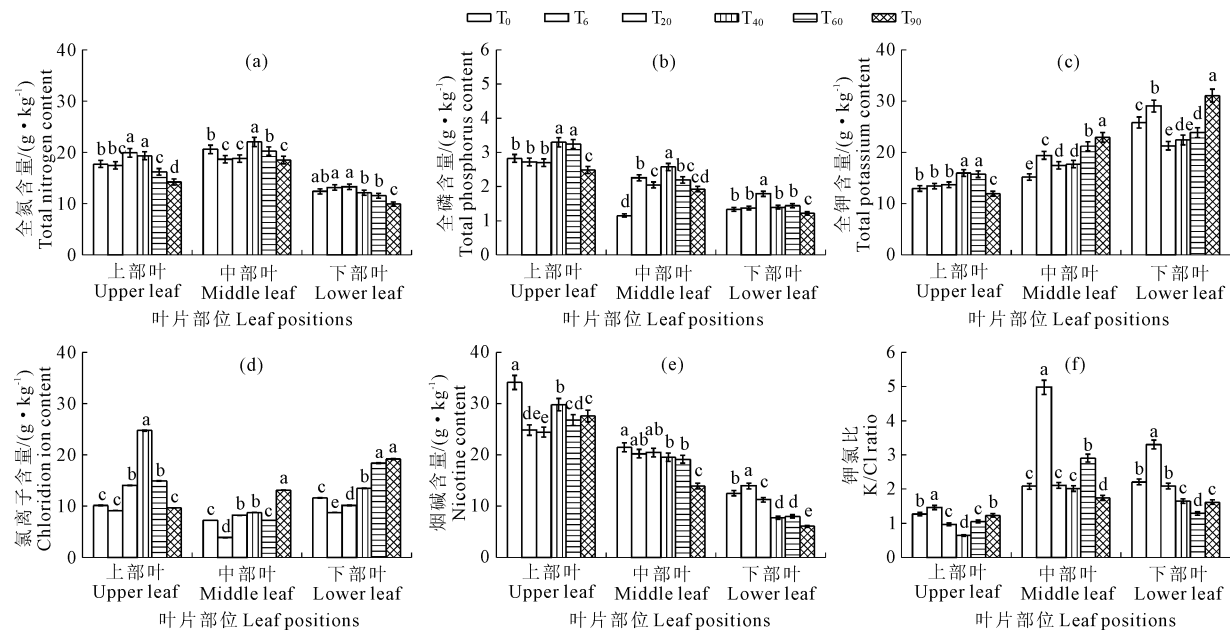


图 1 不同处理烟草不同部位叶片全氮(a)、全磷(b)、全钾(c)、氯离子(d)、烟碱(e)含量和钾/氯比(f)
Fig.1 The total nitrogen (a), total phosphorus (b), total potassium (c), chloridion ion (d), nicotine content (e) and K/Cl ratio at different leaf positions of tobacco under different treatments

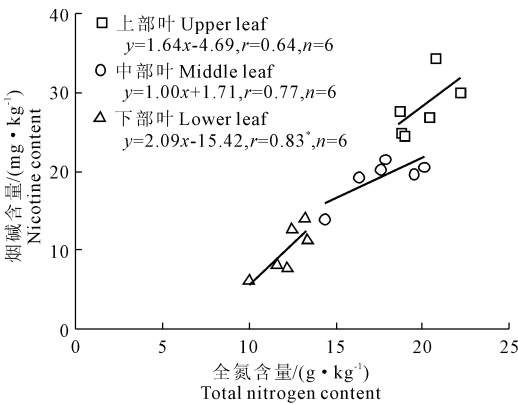


图 2 叶部烟碱含量对氮含量的响应
Fig.2 The response of nicotine content to total nitrogen content in tobacco leaf

不同碳氮比处理相比较,上部叶中 T₄₀和 T₆₀处理的总糖含量最高,而在中部叶中则以 T₆、T₄₀、T₆₀等 3 个处理的总糖含量显著高于其它处理;下部叶的总糖含量以 T₆₀和 T₉₀处理最高。还原糖以中部叶含量相对最高,且以 T₄₀、T₆₀、T₉₀处理的含量显著高于其它处理。相对于总糖和还原糖,淀粉的含量虽然是随着叶位的升高而升高,但在不同碳氮比处理中,均以 T₀ 处理显著高于其它处理。

除了不同的化学成分本身含量,不同化学成分之间的比值也是优质烟叶的评判标准。优质烟叶还

原糖/总糖比值应 ≥ 0.9 ,不同碳氮比下,还原糖/总糖比值不同位置烟叶变化规律不明显,且以下部烟叶比值最高。还原糖/烟碱比值在上部叶中没有明显规律,但在中部和下部叶中基本随碳氮比增加而增加,尤以下部叶 C/N = 90 比值最高,达到 31.22。全氮/烟碱比值以 1 或略小于 1 为好,总体而言,以 C/N 为 20、40 的中部叶最接近此比值。

3 讨论与结论

作为一种需肥量大,且对肥料配比要求较高的植物,烟草一方面对氮肥需求量较高,另一方面不同时期对氮肥的供应量又比较敏感,其碳氮代谢的协调与否直接关系到烟草本身的生长发育、化学组成、香气成分等品质指标的分配,最终影响其经济效益。有机物料不仅可以为烟草生长提供所必需的营养元素,同时也能改善植烟土壤的物理化学性质,进一步为烟草的生长提供适宜的土壤环境。不同的碳氮比导致不同的矿化和腐殖化效率的差异,这些差异直接影响土壤中某些有效态的元素含量的高低,特别是大量元素如氮、磷、钾等。本研究中设置不同的 C/N 范围也显示在 C/N 过高(如大于 60)或过低(如小于 20)时,对烟草的主要农艺性状影响较大,特别是在高 C/N 时,如 T₉₀处理的叶片数、叶宽、叶长和叶面积都显著小于其它处理。这与有机物料碳氮比

表 4 不同处理不同部位烟叶中总糖、还原糖和淀粉含量及相关成分比值
Table 4 The total sugar, reducing sugar and starch content at different positions of tobacco leaves

处理 Treatment		总糖 Total sugar /(g·kg ⁻¹)	还原糖 Reducing sugar /(g·kg ⁻¹)	淀粉 Starch /(g·kg ⁻¹)	还原糖/总糖 Reducing sugar/ total sugar	还原糖/烟碱 Reducing sugar/ nicotine	全氮/烟碱 Total nitrogen/ nicotine
上部叶 Upper leaf	T ₀	152.63c	101.44c	125.39a	0.66	2.95	0.60
	T ₆	162.56b	131.66b	92.93b	0.81	5.27	0.75
	T ₂₀	170.89b	140.27a	85.42b	0.82	5.70	0.77
	T ₄₀	180.34a	145.71a	75.92b	0.81	4.85	0.74
	T ₆₀	193.93a	146.03a	62.08c	0.75	5.42	0.76
	T ₉₀	155.80c	123.36b	55.25c	0.79	4.44	0.67
中部叶 Middle leaf	T ₀	205.37b	149.62b	75.69a	0.73	6.93	0.83
	T ₆	217.04a	154.71b	61.65b	0.71	7.60	0.86
	T ₂₀	203.59b	156.53b	57.53b	0.77	7.60	0.97
	T ₄₀	212.11a	163.67a	50.13b	0.77	8.32	0.99
	T ₆₀	221.81a	170.90a	42.70c	0.77	8.86	0.85
	T ₉₀	203.04b	181.20a	38.93c	0.89	12.94	1.02
下部叶 Lower leaf	T ₀	148.47c	129.74b	59.21a	0.87	10.31	0.99
	T ₆	159.17c	134.13b	52.44b	0.84	9.56	0.94
	T ₂₀	184.88b	144.82b	49.40b	0.78	12.79	1.18
	T ₄₀	204.98b	181.61a	45.36b	0.89	23.28	1.56
	T ₆₀	226.93a	195.93a	41.47c	0.86	24.37	1.45
	T ₉₀	214.37a	191.52a	38.20c	0.89	31.22	1.63

过高,大于 25:1 时,有机物料矿化与植株争氮,造成植株的生长缺氮有直接关系^[9]。有机物料的 C/N 直接影响其矿化程度,进而影响土壤中的不同有效元素的含量^[1,10]。本研究中烤烟叶部的氮含量以 C/N = 90 处理最低,也印证了 C/N 过大,会造成微生物与植物争氮,进而影响植物本身氮素的吸收。同时,烤烟叶部烟碱含量随氮素含量的升高呈线性上升(图 2),而在不同 C/N 处理中,C/N = 90 处理(T₉₀)的烟碱含量也相应较低。土壤氮素水平的高低直接影响烤烟体内的氮素及其相关物质的合成和分配^[11]。

另外,虽然本研究中主要调节了有机物料的碳氮比,但不同有机物料,除氮素以外,还含有大量磷、钾以及微量元素等营养元素,在不同碳氮比的处理下,玉米秸秆和芝麻饼肥的施用也改变了其它营养元素的水平。农作物地上部积累的钾素 80% 存在于秸秆中,在其矿化过程中也会释放大量有效钾,其性质与化学钾肥相似,能够进行替代施用^[12],也利于植物的吸收^[10],所以秸秆施用能显著增加土壤钾素含量,并促进钾素在植物体内的累积。同时,作为一种营养元素含量较高的有机物料,芝麻饼肥中氮、磷、钾含量也较高,在其矿化过程中,也能释放相应的营养元素,满足烤烟对这些营养元素的需求。烤

烟是一种喜钾作物,含钾量小于 30 mg·g⁻¹的烟叶,其化学成分欠协调,内在质量也不尽理想,而秸秆还田和增施有机物料恰好可以补充土壤速效钾,同时可以改善植烟土壤环境,促进烤烟根系的吸收,从而提高烟叶钾的含量^[13]。本研究中烤烟叶片中钾素含量在有机物料施用量较多的处理中其含量也较大,进一步印证了前人的研究,与曾宇^[14]的研究结果类似。

烟叶的化学成分影响烟气特性,因而化学成分可以作为鉴定烟叶品质的指标。优质烟叶要求烟叶的不同化学成分的含量要适宜,同时,几个主要成分间还要有一个相互协调的比值。一般认为优质烟的总糖含量要求达到 18% ~ 22%,还原糖含量为 16% ~ 18%,还原糖/总糖应 ≥ 0.9,总氮含量 1.5% ~ 3.5%,烟碱含量 1.5% ~ 3.5%,钾含量在 2% 以上,氯含量在 1% 以下。其相对比值:还原糖/烟碱以 8 ~ 12,总氮/烟碱以 1 或略小于 1 为宜,钾/氯以大于 4 为宜^[15]。比较不同碳氮比处理对烟草化学品质的影响,总体来说,烟叶的总氮、烟碱含量都在优质烟叶的范围内,而钾含量以中下部叶含量较高,且以碳氮比大于 60 的处理含量显著高于其它处理。但仍需提高钾的含量。

(下转第 136 页)

to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China[J]. Irrigation Science, 2008, 26: 147-159.

[5] 冯绍元, 马英, 霍再林, 等. 非充分灌溉条件下农田水分转化 SWAP 模拟[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 60-68.

[6] 陈玉民, 孙景生, 肖俊夫. 节水灌溉的土壤水分控制标准问题研究[J]. 灌溉排水, 1997, 16(1): 24-28.

[7] 程冬玲, 林性粹, 蔡焕杰. 膜下滴灌技术对新疆绿洲农业持续发展的效应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 59-62.

[8] 高龙, 田富强, 倪广恒, 等. 膜下滴灌棉田土壤水盐分布特征及灌溉制度试验研究[J]. 水利学报, 2010, 41(12): 1158-1165.

[9] 张振华, 蔡焕杰, 杨润亚, 等. 膜下滴灌棉花产量和品质与作物缺水指标的关系研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 26-29.

[10] 邵光成, 俞双恩, 杨道成, 等. 大田棉花膜下滴灌与沟灌的应用研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004, 32(1): 84-86.

[11] 邓忠, 白丹, 翟国亮, 等. 膜下滴灌水氮调控对新疆棉花产量及水氮利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(9): 2525-2532.

[12] 陈宝燕, 马兴旺, 盛建东, 等. 新疆内陆干旱区棉花水肥耦合研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(13): 124-128.

[13] 蔡焕杰, 邵光成, 张振华. 棉花膜下滴灌水毛布置方式的试验研究[J]. 水利学报, 2002, 33(11): 119-123.

[14] 张海娜, 李存东, 肖凯. 氮素对不同衰老特性棉花品种光合

特性和细胞保护酶活性的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(5): 170-174.

[15] 刘永红, 杨勤, 杨文任, 等. 花期干湿交替对玉米干物质积累与再分配的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(11): 1723-1727.

[16] 李培岭, 张富仓, 贾运岗. 沙漠绿洲地区膜下滴灌棉花利用的水氮耦合效应[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 1346-1354.

[17] 王海江, 崔静, 侯振安, 等. 膜下滴灌棉花水氮耦合对其干物质和水分利用效率的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 76-80.

[18] 余渝, 陈冠文, 林海, 等. 北疆棉区棉花蕾铃脱落规律的初步研究[J]. 中国棉花, 1999, 26(11): 12-13.

[19] 胡明芳, 田长彦, 马英杰, 等. 氮素营养对棉铃形成与脱落的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 95-98.

[20] 黄绍文, 金继运, 董悦厚, 等. 追肥运筹对优质小麦产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2003, (2): 2-6.

[21] 王春枝, 郭世乾, 刘凤芹, 等. 追肥运筹对不同品种春小麦蛋白质含量及组分的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 204-207.

[22] 王肖娟, 危常州, 张君, 等. 灌溉方式和施氮量对棉田氮肥利用率及损失的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2751-2758.

[23] 侯秀玲, 张炎, 王晓静, 等. 新疆超高密度棉田氮肥运筹对产量和氮肥利用的影响[J]. 棉花学报, 2006, 18(5): 273-278.

(上接第 66 页)

碳氮比较低的处理烟叶总糖和还原糖含量的合成受到抑制,特别是上部叶,而碳氮比大于 20 的处理中含量明显偏高;其还原糖/总糖的比值综合以碳氮比在 20~40 范围内最接近优质烟叶的标准。同时还还原糖/烟碱和总氮/烟碱的比值也以 20~40 范围综合接近标准。总体来说,不同碳氮比有机物料影响烤烟的碳氮代谢,进一步调节烟叶本身的碳氮相关化合物的分配,最终导致了烤烟产量和品质的等级划分。

综合不同碳氮比对烤烟农艺性状和化学成分的影响,碳氮比过高或过低均不利于烤烟的碳氮代谢及其相关品质指标;而碳氮比为 20~40 则使烤烟的碳氮循环更加协调,能够使烤烟在适当的时间从碳循环过渡到氮循环,从而提高烤烟的品质,故我们推荐在豫中浓香型烟区,施用有机物料调节碳氮比为 20~40 更有利于提升烤烟的产量和品质。

参考文献:

[1] 黄树永, 陈良存. 烟草碳氮代谢研究进展[J]. 河南农业科学, 2005, 4: 8-11.

[2] 陈红丽. 腐熟麦秸对植烟土壤的营养效应及其机理研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013.

[3] 杨双剑. 有机施肥模式对植烟土壤微生态的调控研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.

[4] 许静. 培肥措施对烟田土壤生化活性及烟草品质影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.

[5] 邢少峰, 刘海轮, 和文祥, 等. 培肥对烟田土壤化学性质及烟草品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(1): 126-130.

[6] 韩富根, 史金钟, 王校辉, 等. 窝肥施用芝麻类有机物料对烤烟化学成分和香气质量的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(14): 2980-2989.

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

[8] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990.

[9] 耿富卿, 苟剑渝, 何楷, 等. 不同碳氮比对有机肥发酵过程中微生物数量的影响[J]. 作物研究, 2013, 27(S1): 25-28.

[10] 邱学礼, 郑波, 鲁耀, 等. 玉米秸秆碳氮比调控施用对烟叶氮磷钾吸收的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(8): 125-129.

[11] 高琴, 刘国顺, 李姣, 等. 不同氮肥水平对烤烟质体色素和碳氮代谢及品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2013, 47(2): 138-142.

[12] 李继福, 任涛, 鲁剑巍, 等. 水稻秸秆钾与化肥钾释放与分布特征模拟研究[J]. 土壤, 2013, 46(6): 1017-1022.

[13] 李正风, 张晓海, 夏玉珍, 等. 秸秆还田在植烟土壤性状改良上应用的研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(5): 165-170.

[14] 曾宇, 符小鹏, 叶协锋, 等. 烟田施用腐熟小麦秸秆对烤烟质量的影响[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(3): 68-72.

[15] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.