

# 翻压绿肥对植烟土壤理化性状及 烤烟常规化学成分的影响

李 正<sup>1</sup>, 敬海霞<sup>1</sup>, 解昌盛<sup>1</sup>, 向永光<sup>1</sup>, 曹安全<sup>1</sup>, 张登荣<sup>1</sup>, 陈明富<sup>1</sup>, 刘国顺<sup>2</sup>, 叶协锋<sup>2</sup>

(1. 重庆市烟草公司巫溪分公司, 重庆 巫溪 405800; 2. 河南农业大学, 国家烟草栽培生理  
生化研究基地, 烟草行业烟草栽培重点实验室, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 研究了黑麦草不同翻压量对植烟土壤理化性状的影响。结果表明, 翻压黑麦草的各处理均能够明显改善土壤的理化性状, 提高烟叶品质, 其中以翻压量为 22 500 kg/hm<sup>2</sup> 的综合效果最好。与对照相比, 22 500 kg/hm<sup>2</sup> 翻压量的处理在烟株移栽后 30 d 时土壤容重降低了 0.064 g/cm<sup>3</sup>, 土壤孔隙度和土壤含水率分别提高了 2.48% 和 3.71%; 在烟株整个生育期, 土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量分别提高了 12.18% ~ 30.84%、6.82% ~ 21.46%、62.19% ~ 119.20%、40.02% ~ 85.44%, 烟叶品质指标相对其他处理更优。翻压黑麦草的各处理均能够较好的调节土壤的 pH 值, 改善土壤理化性状, 表明翻压黑麦草后土壤生物过程活跃, 有利于土壤有机物质的转化和烤烟正常生长所需的营养供应。

**关键词:** 绿肥; 土壤理化性状; 品质; 烤烟

中图分类号: S142 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0275-06

## Effects of Green Manure Application on Soil Physical and Chemical Properties and Chemical Composition of Flue-cured Tobacco Leaves

LI Zheng<sup>1</sup>, JING Hai-xia<sup>1</sup>, XIE Chang-sheng<sup>1</sup>, XIANG Yong-guang<sup>1</sup>, CAO An-quan<sup>1</sup>,  
ZHANG Deng-rong<sup>1</sup>, CHEN Ming-fu<sup>1</sup>, LIU Guo-shun<sup>2</sup>, YE Xie-feng<sup>2</sup>

(1. Wuxi Tobacco Company of Chongqing, Chongqing 405800, China; 2. Henan Agricultural University,  
National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Centre, Key Laboratory for  
Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Through a field experiment to study the effects of different ryegrass application rates on soil physical and chemical properties and quality of flue-cured tobacco leaves, results showed that: burying ryegrass could improve soil physical and chemical properties and quality of flue-cured tobacco leaves. Compared with the control, the treatment of burying 22 500 kg/ha was the most obvious. The treatment of which could reduce soil bulk density by 0.064 g/cm<sup>3</sup>, increase soil porosity and soil water content by 2.48% and 3.71% at the 30th days after transplanting. In addition, the treatment could increase soil organic matter, available N, available P, available K by 12.18% - 30.84%, 6.82% - 21.46%, 62.19% - 119.20%, 40.02% - 85.44% respectively, improve soil perviousness and soil retention of water and fertilizer, improve quality of flue-cured tobacco leaves. The promotion of enzyme activity was of great advantage to the turnover of organic matter and provision of nutrition to meet the needs of tobacco's regular growth.

**Key words:** Green manure; Soil physical and chemical properties; Quality; Flue-cured tobacco leaves

施肥是提高作物产量的重要措施。我国农业生产上单纯依赖化肥, 忽视有机肥投入的现象十分严

重, 农田对化肥的依赖性越来越大, 造成了土壤板结, 肥力下降。合理施肥, 尤其是合理施用有机肥是

收稿日期: 2012-09-10

基金项目: 国家烟草专卖局“重庆市山地特色烟叶生产技术体系研究”项目(200801001/200801002)。

作者简介: 李 正(1981-), 男, 河南南阳人, 硕士, 主要从事烟草栽培生理生化研究。

通讯作者: 叶协锋(1979-), 男, 河南郑县人, 副研究员, 博士, 主要从事烟草生理生化研究。

当前维持和提高地力的最有效方式,也是实现农业可持续发展的根本保证<sup>[1-4]</sup>。烟草作为一种特殊的农作物,对肥料的要求相比其他农作物更加严格。国内外大量实践证明,要实现烟草生产的可持续发展,就必须为烟草的生长发育创造一个良好的土壤环境<sup>[5-6]</sup>。但是,长久以来我国烟草主要种植区却忽视了有机肥的施用和合理轮作,致使烟田土壤肥力逐年下降、土壤养分供应失调和化肥利用率低下,从而造成烟叶化学成分失调、香气量不足和上部烟叶工业利用性差等,严重阻碍了我国烟叶质量的进一步提高<sup>[7-10]</sup>。

近年来,随着人们环保意识的增强,对有机肥的研究成为了土壤肥料界研究的热点问题,尤其对绿肥在改良土壤上的研究越来越多<sup>[11-13]</sup>。绿肥作为一种重要的有机肥料,其在减少化肥用量、提高作物产量、培肥土壤地力等方面起到了积极的作用,绿肥压青后能够提高土壤的团粒结构和孔隙度,使土壤容重降低,土壤物理结构改善,还能提高土壤保水性,增强土壤透气性<sup>[14]</sup>。烟田种植绿肥可以达到改良土壤、增加土壤有机质含量、提高烟叶质量的目的<sup>[15-16]</sup>。但在烟叶生产实践中,也有因有机肥施用不合理(如有机肥施用量大或施用未腐熟的有机肥)造成烟叶后期不落黄和上部叶烟碱含量过高等报道<sup>[5-6]</sup>。因此,本研究立足重庆烟区实际,以适合本地区生态条件的绿肥黑麦草为材料,研究不同绿肥翻压量对土壤理化性状及烟叶品质的影响,为重庆烟区土壤改良及烟叶产业可持续发展提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

试验于2008-2009年在重庆市武隆县赵家乡新华村老街自然村进行(海拔1 036 m, E107°33.588', N29°16.593'),供试土壤类型为水稻土,土壤肥力中等,供试绿肥品种为黑麦草,在绿肥翻压前测定鲜草平均含水率为87.38%,干草平均含碳量为38.26%,平均含氮量为1.03%,C/N为37.14。烤烟品种为云烟87,大田行距1.2 m,株距0.55 m,密度15 000株/hm<sup>2</sup>。移栽时间均为5月5日左右。基肥施用烤烟专用复合肥600 kg/hm<sup>2</sup>,过磷酸钙75 kg/hm<sup>2</sup>;追肥施用硝酸钾150 kg/hm<sup>2</sup>。设置绿肥翻压量处理为T1(翻压绿肥7 500 kg/hm<sup>2</sup>)、T2(翻压绿肥15 000 kg/hm<sup>2</sup>)、T3(翻压绿肥22 500 kg/hm<sup>2</sup>)和T4(翻压绿肥30 000 kg/hm<sup>2</sup>),每个处理小区面积334 m<sup>2</sup>,以不翻压绿肥(即翻压绿肥量为0 kg/hm<sup>2</sup>)只种

植烤烟的地块为CK(对照),每个处理重复3次,绿肥在移栽前20 d翻压。

### 1.2 测定项目与方法

分别于移栽后10、30、45、60、75、90 d随机选取烟垄上两株烟正中位置(距烟株27.5 cm处)5~20 cm土层采集5个土样,混匀,阴凉处风干,实验室内测定速效氮、磷、钾、有机质、pH值,试验取土时测定土壤容重、孔隙度、含水率,分别于烘烤结束后取烤后样C3F,分析常规成分。

土壤碱解氮采用碱解扩散法,土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗显色分光光度法,土壤速效钾采用醋酸铵提取火焰光度法,土壤pH值测定采用电位法,土壤容重采用环刀法均参照[17],并利用容重数据计算孔隙度,测定土壤容重时兼顾测定含水率。烟叶化学品质测定按照“国家烟草栽培生理生化研究基地”实验方案方法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑麦草不同翻压量对土壤化学性状的影响

2.1.1 黑麦草不同翻压量对烤烟各生育时间内土壤pH值的影响 由表1可知,翻压绿肥对提升酸性土壤pH值有重要影响,在烟株整个生育期,除旺长至打顶阶段(45~60 d)pH值有明显降低外,其余阶段pH值均有大幅度提升。对照的pH值在烤烟生育期内变化幅度相对平稳,基本上在4.64~5.14范围内变化;但翻压黑麦草的各处理,烤烟生育期内土壤pH值变化幅度较大。从翻压绿肥的各处理和对照pH值动态变化来看,在旺长至打顶阶段(45~60 d)pH值均降低,尤其对照pH值也降低,说明这一阶段pH值降低可能与翻压绿肥的影响并不大,而pH值降低的可能原因是烟株在旺盛生长过程根系分泌小分子有机酸<sup>[18]</sup>。表1还可以看出,除了60 d左右T4、T3与对照差异不显著外,其余生育阶段与对照相比差异均显著。总体上看,翻压绿肥后对大部分生育期提升土壤pH值均有一定的影响,因此,翻压绿肥对于改良偏酸性土壤有一定作用。

2.1.2 黑麦草不同翻压量对烤烟各生育时间内土壤有机质含量的影响 由表2可知,翻压绿肥后土壤有机质含量在整个生育期内均明显高于不翻压绿肥的处理。尤其T2、T3、T4处理的有机质含量与对照相比,在各个时期差异均显著,总体上T3、T4含量均较高,而以T3最高。所有翻压黑麦草的处理土壤有机质含量在烤烟生育期内呈现相似的规律,即先是迅速下降,到移栽后30 d至最低,而后迅速上升,并在移栽45 d后缓慢降低。由表2还可看

出,除 T1 在 10、30 d 时低于对照外,其余所有翻压黑麦草处理的有机质含量都高于 CK。各个时期土壤有机质含量基本随翻压量的增加而增加。T3 和 T4 之间土壤有机质含量差异较小,整个生育期内分别比对照增加 12.18% ~ 30.84% 和 9.45% ~

29.50%。土壤中的有机质变化较大可能是由于化肥的施入,使有机质增加,同时翻压绿肥后,初期造成了有机质的激发效应,促进了有机质的分解;随后则是纤维素在微生物的作用下转化为有机质,因而趋于平缓<sup>[19]</sup>。

表 1 黑麦草不同翻压量对土壤 pH 值的影响

Tab. 1 Effects of different ryegrass application rates on soil pH

处理 Treatment	移栽后天数/d Days after transplanting					
	10	30	45	60	75	90
T4	5.41a	5.42b	5.09a	4.61a	5.44a	5.63a
T3	5.42a	5.61a	5.11a	4.55a	5.45a	5.61a
T2	5.23b	5.35b	5.01a	4.43b	5.42a	5.39b
T1	5.11b	5.15c	4.82b	4.41b	5.21b	5.22c
CK	5.14b	5.02c	4.81b	4.64a	4.81c	4.79d

注: 同列中不同字母表示差异达到 5% 显著水平,表 2 ~ 5 下同。

Note: Different letters within the same column mean significant at 5% levels, the same as Tab. 2 ~ 5.

表 2 黑麦草不同翻压量对土壤有机质含量的影响

Tab. 2 Effects of different ryegrass application rates on the content of SOM

处理 Treatment	移栽后天数/d Days after transplanting					
	10	30	45	60	75	90
T4	34.86a	30.76b	33.81b	33.59a	32.56a	31.96a
T3	35.78a	32.14a	35.21a	34.21a	33.98a	32.05a
T2	33.67a	29.71b	32.56c	30.92b	30.56b	29.52b
T1	30.03c	28.32c	31.24c	31.16b	30.31b	29.34b
CK	31.85b	28.65c	27.40d	26.75c	25.97c	24.68c

2.1.3 黑麦草不同翻压量对烤烟各生育时间内土壤碱解氮含量的影响 由表 2 可知,翻压绿肥能够明显提升土壤碱解氮含量,尤其翻压量较大的 T2、T3、T4 与对照相比在各生育时期差异均显著,T1 处理只有在 90 d 时与对照相比差异不显著。整个生育期内,T3 和 T4 的土壤碱解氮含量是各处理中相对较高的,尤以 T3 最高,T3 和 T4 分别比对照增加了 6.82% ~ 21.46% 和 6.35% ~ 17.35%,两处理之间在 45、60 d 时无显著差异,但明显高于 T1 和 T2

处理。由表 2 还可以看出,CK 在整个生育期总体上呈降低趋势,而翻压绿肥的所有处理土壤碱解氮含量在烤烟生育期内呈现波动性的变化,即分别在 45、75 d 出现峰值。在移栽初期,所有处理碱解氮含量较高,随后逐渐下降,T3、T4 下降的趋势最明显,这可能是由于黑麦草碳氮比较高,腐解过程存在微生物与烟株争夺氮素的竞争作用,微生物活性增强,其固氮作用也增强,从而能够加速绿肥腐解<sup>[20]</sup>。

表 3 黑麦草不同翻压量对土壤碱解氮含量的影响

Tab. 3 Effects of different ryegrass application rates on the content of soil analytics nitrogen

处理 Treatment	移栽后天数/d Days after transplanting					
	10	30	45	60	75	90
T4	146.23b	129.68b	137.31a	128.79a	133.51a	118.35a
T3	151.71a	133.56a	139.16a	129.36a	131.43b	118.37a
T2	136.05c	126.73c	130.50b	127.89a	131.44b	113.82b
T1	128.91d	123.82d	127.30b	124.08b	126.56c	110.51c
CK	124.92e	121.18e	123.50c	121.12c	119.22d	108.34c

2.1.4 黑麦草不同翻压量对烤烟各生育时间内土壤有效磷含量的影响 由表 4 可知,翻压绿肥明显提升土壤有效磷含量,T2、T3、T4 在各生育时期与对照相比差异均显著,T1 处理只有在 90 d 时与对照相比差异不显著。所有翻压绿肥处理的有效磷

含量都高于 CK,但速效磷并不是黑麦草翻压量最大的 T4 含量最高,而是 T2、T3 处理的含量较高,在烤烟各生育期内 T2 处理的土壤有效磷含量明显高于其他处理的,在整个生育期内 T2、T3 处理土壤有效磷含量分别比对照提高了 75.94% ~ 143.60% 和

62.19% ~ 119.20%。所有处理的土壤有效磷含量在烤烟生育期内呈现有规律的变化,前期含量较低,随后逐渐升高,在45 d左右达到高峰,与对照相比,在45 d时 T1、T2、T3、T4 分别比对照提高了62.15%、106.59%、101.02%、71.51%。随后所有

处理都逐渐降低。有效磷在烟株生育期的这种动态变化规律可能是因为随着烟株生长,进入旺长阶段,根系分泌物增多,使土壤酶活性增强,尤其土壤磷酸酶活性增强,对土壤有效磷的富集起到了一定的作用<sup>[11-12]</sup>。

表4 黑麦草不同翻压量对土壤有效磷含量的影响

Tab.4 Effects of different ryegrass application rates on the content of soil available phosphorus

处理 Treatment	移栽后天数/d Days after transplanting					
	10	30	45	60	75	90
T4	25.03c	28.52c	35.16b	23.51c	24.58b	28.34a
T3	32.53b	32.26b	41.21a	27.64b	27.69a	28.95a
T2	36.15a	36.04a	42.35a	37.62a	27.94a	29.31a
T1	20.15d	27.64c	33.24b	21.24c	22.37b	17.28b
CK	14.84e	19.89d	20.52c	16.83d	15.88c	14.25b

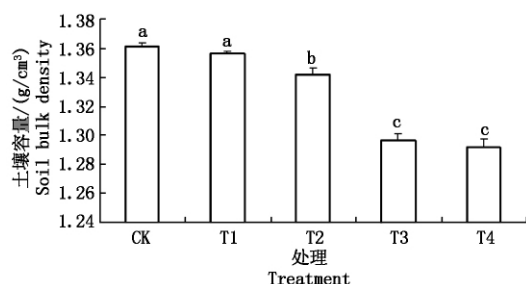
2.1.5 黑麦草不同翻压量对烤烟各生育时间内土壤速效钾含量的影响 由表5可知,翻压绿肥的各处理明显提高了土壤速效钾含量,所有处理的速效钾含量都高于CK,而且在各生育阶段与对照相比差异均显著。T2、T3处理的速效钾含量高于T1、T4,尤其T3的在烤烟各生育阶段都是最高的,T2和T3

之间差异不显著,但与T1、T4之间差异都显著。在整个生育期内,T3处理土壤速效钾与对照相比提高了40.02%~85.44%。所有处理的土壤速效钾含量在烤烟生育期内呈现有规律的变化,总体表现为前期高,后期低。除对照外,翻压黑麦草的各处理均表现为先上升,在移栽后30 d达最高峰,而后下降。

表5 黑麦草不同翻压量对土壤速效钾含量的影响

Tab.5 Effects of different ryegrass application rates on the content of soil available potassium

处理 Treatment	移栽后天数/d Days after transplanting					
	10	30	45	60	75	90
T4	218.57c	235.75b	215.32c	183.29b	163.27b	156.31c
T3	246.24a	262.92a	231.71a	189.32a	177.98a	169.38a
T2	230.15b	254.18a	223.78b	188.35a	175.31a	163.27b
T1	198.61d	205.68c	189.37d	176.34c	157.69c	134.21d
CK	173.64e	169.43d	152.34e	135.21d	117.37d	91.34e



不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。图2~3同。  
Different letters mean significant Difference  
( $P < 0.05$ ). The same as Fig. 2-3.

图1 移栽后30 d不同黑麦草翻压量对土壤容重的影响  
Fig.1 Effects of different ryegrass application rates on soil bulk density at the 30th day after transplanting

## 2.2 黑麦草不同翻压量对土壤物理性状的影响

2.2.1 黑麦草不同翻压量对土壤容重的影响 移栽后30 d测定土壤容重(图1),结果表明,翻压黑麦草后土壤容重都有了一定的降低。且随着翻压量的增加,降低的趋势越明显。T1处理降低幅度较小,与对照相比差异不显著,其余处理与对照相比均达到显著水平。翻压量较大的T3、T4处理容重降低幅度较大,分别降至1.297、1.292 g/cm<sup>3</sup>,比对照

降低了0.064、0.069 g/cm<sup>3</sup>。

## 2.2.2 黑麦草不同翻压量对土壤孔隙度的影响

黑麦草不同翻压量对土壤孔隙度的影响则与土壤容重相反,由图2可以看出,随着翻压量的增加,土壤孔隙度呈现增加的趋势,而且翻压量越大,增幅越明显,所有处理与对照相比均达到显著水平。T1处理增加幅度较小,T3、T4处理土壤孔隙度分别为51.23%和51.25%,与对照相比分别增加了2.48和2.50个百分点。

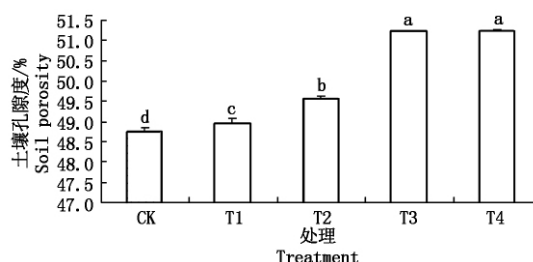


图2 移栽后30 d不同黑麦草翻压量对土壤孔隙度的影响  
Fig.2 Effects of different ryegrass application rates on soil porosity at the 30th day after transplanting

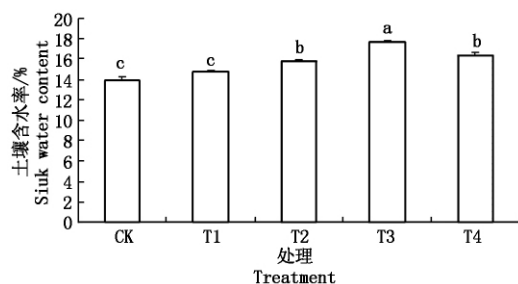


图3 移栽后30 d不同黑麦草翻压量对土壤含水率的影响

Fig.3 Effects of different ryegrass application rates on soil water content at the 30th day after transplanting

## 2.2.3 黑麦草不同翻压量对土壤含水率的影响

由于重庆烟区正常年份在烟草生育期间雨水分布很不均匀,含水率的测定易于受到影响,因此在移栽后30 d持续无降雨的情况下取不同处理土样进行了含水率的比较测定,图3的结果表明,翻压黑麦草有一定的蓄水保墒作用,随着翻压量的增加,土壤含水率有增加的趋势,除T1外,其余处理均与对照差异均显著,其中,T3的含水率显著高于其他处理。T3、

T4处理土壤含水率分别为17.72%和16.33%,比对照的14.01%分别增加了3.71和2.32个百分点。

### 2.3 黑麦草不同翻压量处理烤后烟常规化学成分的影响

由表6可知,各处理中部叶总糖和还原糖含量与对照相比均有所升高,尤其T3、T4处理含量相对较高;淀粉含量各处理均比对照低,以T3处理最低;总氮含量T2略高于对照,其余处理均低于对照;翻压黑麦草的各处理烟碱含量明显降低;氮碱比在0.85到0.94之间,还原糖与总糖比在0.86到0.92之间,与CK相比,翻压绿肥的各处理氮/碱、还原糖/总糖均略有上升;石油醚提取物在8.91%到9.41%之间,与CK相比,基本上呈现出随翻压量的增加,石油醚提取物随之增加的趋势。由表6还可以看出,还原糖与总糖比、总氮、氮碱比各处理之间差异均不显著,其余指标T3、T4处理与对照相比差异均显著。

表6 不同黑麦草翻压量烤后烟常规化学成分比较(中部叶)

Tab.6 Comparison of chemical components in flue-cured tobacco for different ryegrass application rates

处理 Treatment	总糖/% Total sugar	还原糖/% Reducing sugar	还原糖/总糖 Ratio of reducing sugar to total sugar	淀粉/% Starch	总氮/% Total N	烟碱/% Nicotine	氮碱比 Ratio of nitrogen to nicotine	石油醚提取物/% Petroleum ether extract
CK	22.44b	19.65c	0.86a	7.80a	1.76a	2.08a	0.85a	8.91d
T1	23.46b	21.63b	0.92a	7.60a	1.78a	1.93b	0.92a	9.01d
T2	23.75b	21.26b	0.90a	7.31a	1.65a	1.81b	0.91a	9.16c
T3	26.73a	24.44a	0.91a	6.24b	1.71a	1.88b	0.91a	9.44a
T4	25.61a	22.31b	0.89a	6.25b	1.74a	1.86b	0.94a	9.21b

## 3 结论与讨论

已有的研究表明,种植绿肥能够提高土壤有机质的含量,提高各化成学成指标含量,显著改善土壤微生物的活力和微生物功能多样性<sup>[21-22]</sup>。绿肥能促进土壤中真菌、细菌、放线菌3大类群微生物的总量成倍或成十几倍的大幅度增加<sup>[18]</sup>,微生物数量增加及活性增强能够加速绿肥分解,促进养分释放,满足烟株生长对养分的需求。本研究结果表明,翻压绿肥能够明显降低土壤容重,提高土壤孔隙度和土壤含水率,调节土壤pH值,同时提高土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量。总体上不同绿肥处理以翻压量在15 000~30 000 kg/hm<sup>2</sup>效果均较好,尤其在22 500~30 000 kg/hm<sup>2</sup>效果更好,这说明翻压绿肥只有达到一定量的时候,施用绿肥的优势和肥效才能发挥出来。

从翻压绿肥的各处理对土壤容重、孔隙度、含水率的影响效果来看,尤其以翻压量在30 000 kg/hm<sup>2</sup>

效果最好,对照及翻压量在7 500 kg/hm<sup>2</sup>时效果较差,而且对土壤物理性状的影响有随着翻压量增加而效果增强的趋势;从各处理对土壤化学养分指标的影响来看,当翻压量在15 000~30 000 kg/hm<sup>2</sup>之间时对土壤肥力均有较好的效果,但是翻压量在22 500 kg/hm<sup>2</sup>时对土壤各化学性状指标的影响明显好于其他处理。从绿肥对土壤理化指标的综合分析来看,翻压绿肥必须结合实际情况,总体考虑绿肥对土壤物理性状、化学性状的综合影响,绿肥翻压量并不是越多越好,翻压绿肥必须注意量的控制。

王岩等<sup>[23]</sup>研究表明,不同有机肥种类对烟叶内烟碱含量、总糖、还原糖含量等都产生了不同的影响。除翻压苜蓿处理因供应N素偏多烟碱偏高总糖和还原糖含量略偏低外,其他有机肥处理均提高了烟叶的品质。本研究结果表明,翻压绿肥能够明显提高中部烟叶总糖、还原糖、醚提物含量,降低淀粉、总氮和烟碱含量,氮/碱均高于0.9,还原糖/总糖高于0.89,说明翻压绿肥后中部烟叶化学成分更

加协调。从化学成分各指标综合情况来看,以翻压量在 22 500 ~ 30 000 kg/hm<sup>2</sup>时,总体化学成分指标更优,以 22 500 kg/hm<sup>2</sup>最好。

综上所述,根据不同绿肥翻压量处理对土壤理化性状指标和烟叶品质指标的影响来看,翻压绿肥能够明显改善土壤理化性状,提升烟叶品质,翻压量在 15 000 ~ 30 000 kg/hm<sup>2</sup>时对土壤和烟叶均有明显的影响,从总体效果来看,以 22 500 kg/hm<sup>2</sup>综合指标最好。

#### 参考文献:

- [1] 刘更另,金维续.中国有机肥料[M].北京:中国农业出版社,1991.
- [2] 何平安,李荣.中国有机肥料养分志[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [3] 李菊梅,王朝辉,李生秀.有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J].土壤学报,2003,40(2):232-238.
- [4] Ni J Z, Xu J M, Xie Z M. Changes of labile organic carbon fractions in soils under different rotation systems[J]. Pedosphere, 2004, 14(1): 103-109.
- [5] 窦逢科,张景略.烟草品质与土壤肥料[M].郑州:河南科学技术出版社,1992.
- [6] 曹志洪.优质烤烟生产的土壤与施肥[M].南京:江苏科学技术出版社,1991.
- [7] 沈中泉.有机无机肥配合施用对烟草品质的影响[J].烟草科技,1988,6(6):49-53.
- [8] 钱立信,温祥哲.烤烟有机肥与无机肥配合施用的效果[J].中国烟草,1990,3(3):17-20.
- [9] 唐莉娜,熊德中.有机无机肥配施对烤烟 N、P、K 营养分配及产量的影响[J].福建农业大学学报,1999,14(2):50-55.
- [10] 唐莉娜,熊德中.有机肥与化肥配合施用对烤烟生长发育的影响[J].烟草科技,2000,10(10):32-35.
- [11] 刘国顺,李正,敬海霞,等.连年翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(6):1472-1478.
- [12] 李正,刘国顺,敬海霞,等.翻压绿肥对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J].草业学报,2011,20(3):225-232.
- [13] 李正,刘国顺,敬海霞,等.绿肥与化肥配施对植烟土壤微生物量及供氮能力的影响[J].草业学报,2011,20(6):126-134.
- [14] 韩永进.发展绿肥养地增益[J].土壤肥料,2002,(4):17-18.
- [15] 王先伟,孟庆宏,王术科,等.绿肥在烤烟生产中的利用[J].中国烟草科学,2001,4(4):44-45.
- [16] 石屹,计玉,姜鹏超,等.富钾绿肥籽粒苋对夏烟烟叶品质的影响研究[J].中国烟草科学,2002,3(3):5-7.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [18] 刘国顺,罗贞宝,王岩,等.绿肥翻压对烟田土壤理化性状及土壤微生物量的影响[J].水土保持学报,2006,20(1):95-98.
- [19] 马俊永,李科江,曹彩云,等.有机-无机肥长期配施对潮土土壤肥力和作物产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(2):236-241.
- [20] 韩晓日,郑国砥,刘晓燕,等.有机肥与化肥配合施用土壤微生物量氮动态、来源和供氮特征[J].中国农业科学,2007,40(4):765-772.
- [21] 姜培坤,徐秋芳,周国模,等.种植绿肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响[J].2007,29(3):120-125.
- [22] 程森,吴家森,王平,等.绿肥、鸡粪和钙肥使用对新垦红壤土壤肥力和烟草生长的影响[J].中国烟草学报,2008,14(5):39-44.
- [23] 王岩,刘国顺.不同种类有机肥对烤烟生长及其品质的影响[J].河南农业科学,2006(2):81-84.