

曾誉煊,周伟,巢进,等.高硫甘油菜翻压对植烟土壤及烤烟生长和产质量的影响[J].江苏农业科学,2025,53(1):117-124.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.01.017

## 高硫甘油菜翻压对植烟土壤及烤烟生长和产质量的影响

曾誉煊<sup>1</sup>,周伟<sup>2</sup>,巢进<sup>2</sup>,张惠林<sup>3</sup>,成志军<sup>3</sup>,易克<sup>3</sup>,宋浩<sup>3</sup>,冉沛文<sup>1</sup>,孟响<sup>1</sup>,戴林建<sup>1</sup>

(1.湖南农业大学农学院,湖南长沙410128;2.湖南省烟草公司湘西自治州公司,湖南吉首416000;

3.湖南中烟工业责任有限公司,湖南长沙410000)

**摘要:**为探讨湘西烟区高硫甘油菜用作绿肥的最适宜翻压时期和翻压量,以湘烟7号品种为研究对象,采用双因素裂区试验设计,以冬季休闲为对照处理(CK),主区因素为高硫甘油菜翻压时期,设置抽薹期(T1)、初花期(T2)、盛花期(T3)3个水平,副区因素为高硫甘油菜翻压量,设置10 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y1)、20 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y2)、30 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y3)3个水平,分析植烟地高硫甘油菜不同翻压时期和翻压量对烤烟土壤特性以及烟株大田农艺性状、烤烟根茎病害发病情况、烤烟产质量的影响。结果表明,高硫甘油菜在抽薹期积累的氮元素和有机质含量最高,在盛花期积累的磷元素和钾元素含量最高,硫苷含量随着生长周期的推进而减少;高硫甘油菜翻压腐解后,能显著改善土壤的理化性状,与翻压前的土壤相比,各处理土壤容重下降0.18~0.33 g/cm<sup>3</sup>,pH值下降0.12~0.38,有机质含量提高0.43~1.80 g/kg,碱解氮含量提高17.58~45.65 mg/kg,速效钾含量提高10.19~14.49 mg/kg,有效磷含量提高21.36~49.14 mg/kg;高硫甘油菜翻压后可以促进烟株生长发育,改善烤烟农艺性状,降低烤烟青枯病、根黑腐病的发病率及病情指数;翻压高硫甘油菜能显著提高烟叶的产量、产值和上等烟比例,促使烤烟部分化学成分更协调。综合考虑,以抽薹期翻压20 000 kg/hm<sup>2</sup>高硫甘油菜的土壤改良效果最佳,以初花期翻压20 000 kg/hm<sup>2</sup>高硫甘油菜对烤烟增产增值效果最佳。

**关键词:**高硫甘油菜;翻压时期;翻压量;烤烟;生长指标;产量;烤烟质量;产值;上等烟比例

**中图分类号:**S572.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)01-0117-07

烟草是我国农业生产较重要的经济作物之一,在我国广为种植。湖南省湘西自治州,地理位置优越,光、热、水资源丰富,是我国重要的优质烟叶原料产区之一<sup>[1-2]</sup>。近年来,基于土地资源匮乏和土地流转困难,轮作模式开展困难;同时,广大烟农为了追求生产上的高效益,大量施用化肥,导致造植烟土壤板结、质量下降、养分供应失调、土传病害加重等问题频发<sup>[3-5]</sup>,这种单一的连作制度和不合理施肥导致的土壤质量和生产效益下降,已成为当前烤烟优质高效生产的最大限制因子。为此,探寻一种改良土壤、培肥地力,提高烟叶产质量,实现烟叶生产可持续高质量发展的栽培技术措施,成为湘西

烟区亟需解决的问题之一。种植绿肥,目前被认为是改善土壤特性的重要手段之一。大量研究结果表明,在冬季田闲期种植油菜、黑麦草等绿肥,翌年翻压后不仅可以降低土壤容重,还能增加土壤有机质含量<sup>[6-8]</sup>,且在绿肥生长过程中,还能通过养分吸收、根系分泌等方式,起到调节土壤养分平衡、活化和富集土壤养分等作用,显著提高土壤中脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性,提高土壤微生物活性<sup>[9-10]</sup>,增加植烟土壤中有益菌属的种类和数量<sup>[11-13]</sup>,抑制土传病害<sup>[9]</sup>,进一步提高烟叶产量,改善烟叶品质,促进中上等烟比例<sup>[14-17]</sup>。中国虽有悠久的油菜绿肥应用历史,但大多使用的是低芥酸和低硫甘油菜,且其主要用途是作为油料或制作油菜籽饼肥。目前,在湘西烟区植烟黄壤上,高硫甘油菜翻压对植烟土壤以及烤烟产质量影响的研究较少,亟需针对当地生态气候条件、耕作模式等因素筛选出较适宜的翻压时期和翻压量。本研究结合湘西烟区生产实际情况并借鉴前人经验,以高硫甘油菜作为绿肥,在冬季田闲期种植、翻压高硫甘油菜,

收稿日期:2024-02-22

基金项目:湖南省烟草公司湘西自治州公司项目(编号:2023433100200257)。

作者简介:曾誉煊(1999—),女,湖南长沙人,硕士研究生,主要从事烟草栽培与耕作研究。E-mail:15974128035@163.com。

通信作者:戴林建,博士,教授,主要从事烟草育种、烟草栽培和调制研究。E-mail:13755123196@163.com。

探究不同翻压时期、翻压量对植烟土壤环境及烤烟产质量的影响,旨在为湘西不同耕作模式下植烟土壤改良提供科学依据,构建优质烟叶生产的土壤环境。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点及材料

本试验于 2022 年 10 月在湘西苗族自治州花垣县道二乡烟草金叶科技园(海拔 463 m, 28°31'30"N、109°27'20"E)进行,属于亚热带季风性湿润气候。供试土壤为黄壤,其基础理化性质:pH 值为 5.30,有机质含量为 10.41 g/kg,碱解氮含量为 110.4 mg/kg,速效钾含量为 0.717 mg/kg,有效磷含量为 5.375 mg/kg。供试品种为湘烟 7 号(湖南省烟草公司提供),高硫甘油菜种子(湖南农业大学提供)。

### 1.2 田间管理

高硫甘油菜 2022 年 10 月播种,种植与管理均按当地传统方式进行,并分别于 2023 年不同生长时期(抽薹期 3 月 7 日、初花期 3 月 14 日、盛花期 3 月 23 日)用镰刀将油菜切成 10~20 cm 长的碎段,采用小型旋耕机(型号 ZN2022-XPI50,山东诚拓机械制造有限公司)翻压入土壤,翻埋深度为 10~20 cm。4 月 16 日,施肥整地起垄,4 月 18 日移栽烤烟,行株距 1.2 m × 0.5 m,施肥方式:烟草专用基肥 750 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 375 kg/hm<sup>2</sup>、生物有机肥 450 kg/hm<sup>2</sup>、烟草专用追肥 450 kg/hm<sup>2</sup>、烟草专用提苗肥 75 kg/hm<sup>2</sup>。基肥按常规的“101”施肥法(基肥施用 75% 的总施肥量,肥料施于移栽穴下方 10 cm 处左右,垂直于垄体;25% 的肥料用于追肥,施于移栽穴底部,追肥为兑水浇施),其栽培技术措施参照《湘西州烤烟标准化生产技术方案》进行。

### 1.3 试验设计

采用双因素裂区试验设计,其中主区因素为翻压时期,设置现蕾抽薹期(T1)、初花期(T2)、盛花期(T3) 3 个水平,副区因素为翻压量,设置 10 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y1)、20 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y2)、30 000 kg/hm<sup>2</sup>(Y3) 3 个,共计 9 个处理,重复 3 次;主区按随机机组设计排列,进行裂区设计,以不种植高硫甘油菜(休闲)为对照(CK),小区面积为 33.12 m<sup>2</sup>,各区组间有 0.6 m 过道,四周留有保护行各 2 行。

### 1.4 样品采集、测定项目及方法

1.4.1 土壤样品的采集及前处理 在高硫甘油菜翻压前及烤烟终采后,采用五点混合取样法,采集

试验小区 0~15 cm 耕层土壤样本,去掉土壤中可见植物根系和动植物残体,自然风干后研磨过 60 目筛,用于土壤理化性质的检测。土壤 pH 值采用电位法测定,土壤容重采用环刀法测定,土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法外加加热法测定,土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定,土壤速效磷含量采用浸提(钼锑抗比色法)测定,土壤速效钾含量采用浸提(火焰光度法)<sup>[18]</sup>测定。

1.4.2 高硫甘油菜不同翻压时期全株养分量及硫苷含量的测定 翻压高硫甘油菜前,在各小区油菜生长均匀的地方划定 1 m<sup>2</sup> 的取样地,分别于抽薹期、初花期、盛花期取长势均匀的油菜全株,洗净根部以测定油菜的鲜草生物量,然后换算出单位面积油菜的鲜草生物量。采用半微量凯氏法测定全氮含量,采用钼锑抗比色法测定全磷含量,采用火焰光度法测定全钾含量,采用 3,5-二硝基水杨酸法检测硫苷含量<sup>[19]</sup>。

1.4.3 烤烟农艺性状的测定 参照《烟草农艺性状调查测量方法》(YC/T 142—2010),在烤烟旺长期,每个试验区域内定点选取生长正常且具有代表性的烟株 9 株,采用钢卷尺测定最大叶的长与宽、株高,采用游标卡尺测定茎围,并计算有效叶数、最大叶面积等指标。

1.4.4 烤烟大田期根茎病害调查 在病害发病高峰期,参照《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/T 23222—2008)进行病害分级,烤烟成熟期每个小区调查青枯病、黑胫病、根黑腐病的发病情况,计算发病率和病情指数。

1.4.5 初烤烟叶主要经济性状指标考察 各处理按小区进行采烤,烟叶回潮后进行分级、测产,统计中、上等烟所占比例,计算烟叶的均价和产值。

1.4.6 初烤烟叶主要化学成分测定 每个处理选取上部烟叶(B2F)等级的初烤烟叶不少于 1.5 kg,进行烟叶常规化学成分含量的测定。总糖、总氮、总碱、还原糖、氯的含量均采用连续流动分析仪检测;钾离子含量采用火焰光度计法检测,具体检测方法参考标准 YC/T 159—2002《烟草及烟草制品水溶性糖的测定 连续流动法》。

### 1.5 数据处理

分别采用 Excel 2021、SPSS 22.0 对数据进行整理、分析及作图。多组数据比较采用单因素方差分析,组内多重比较方差齐性时采用 Duncan's 法检验,显著性水平为  $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 高硫苷油菜不同生长时期提供的养分含量

由表 1 可知,冬闲期种植高硫苷油菜,不同生长发育时期,其鲜重有差异,盛花期产量最高,为 36 500 kg/hm<sup>2</sup>,初花期产量最低,为 18 000 kg/hm<sup>2</sup>;折合干物质质量为 2 180 ~ 4 423 kg/hm<sup>2</sup>。不同生长时期的高硫苷油菜氮磷钾、有机质、硫苷等含量有差异。其中,全氮含量表现为 T1 > T3 > T2,T2 显著低于 T1 和 T3,T1 与 T3 间无显著性差异;全磷含量表现为 T3 > T1 > T2,T2 显著低于 T1 和 T3,T1 与 T3

间无显著性差异;全钾含量表现为 T3 > T2 > T1,各处理间有显著性差异;有机质含量表现为 T1 > T2 > T3,处理间有显著性差异;硫苷含量表现为 T1 > T2 > T3,T1 与 T2 间无显著性差异,T3 显著低于其余处理。

不同生长发育时期的油菜翻压做绿肥均能提供有机质、氮、磷、钾等养分,其中抽薹期和初花期提供的有机碳相对较多,抽薹期和盛花期提供的氮、磷相对较多,盛花期提供的钾相对较多,但全株硫苷含量随着生育时期推进而降低。

表 1 高硫苷油菜不同生长时期的产量及养分含量

生长时期	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	有机质含量 (g/kg)	硫苷含量 (mg/g)	鲜重 (kg/hm <sup>2</sup> )	干重 (kg/hm <sup>2</sup> )
T1(抽薹期)	37.83 ± 0.31a	3.24 ± 0.03ab	10.36 ± 0.07c	468.12 ± 4.34a	39.27 ± 0.99a	18 000	2 180
T2(初花期)	27.56 ± 0.37b	2.78 ± 0.05b	11.98 ± 0.07b	435.24 ± 5.38b	38.30 ± 0.34a	23 000	2 867
T3(盛花期)	34.41 ± 0.36a	3.71 ± 0.06a	13.91 ± 0.03a	346.51 ± 4.11c	29.76 ± 0.49b	36 500	4 423

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P < 0.05)。下表同。

2.2 高硫苷油菜翻压对植烟土壤的影响

由表 2 可知,高硫苷油菜翻压后,各处理的土壤容重和 pH 值均有不同程度的降低,其中土壤容重下降 0.18 ~ 0.33 g/cm<sup>3</sup>,以 T1、T2 时期效果最佳,pH 值一般下降 0.12 ~ 0.38,随着油菜翻压时期的推后,pH 值降幅也越显著。9 个翻压高硫苷油菜处理的植烟土壤有机质含量及速效养分含量均有不同程度的提高,显著或极显著高于翻压前的植烟土

壤。其中,有机质提高了 0.43 ~ 1.80 g/kg,除 T3Y2 处理外,其余 8 个处理相比 CK 增幅为 0.72% ~ 10.10%,土壤碱解氮含量提高了 17.58 ~ 45.65 mg/kg,相比 CK 增幅为 0.24% ~ 22.71%,土壤速效钾含量提高了 10.19 ~ 14.49 mg/kg,土壤有效磷含量提高了 21.36 ~ 49.14 mg/kg,速效钾含量和有效磷含量与 CK 存在显著差异。

表 2 高硫苷油菜翻压对植烟土壤理化性质的影响

翻压时期	翻压量	土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )	pH 值	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)
基本土样		1.32	5.30	10.41	110.40	0.72	5.38
T1(抽薹期)	Y1	1.10 ± 0.04a	5.02 ± 0.05c	12.21 ± 0.29a	157.05 ± 9.45a	12.48 ± 0.17bc	40.42 ± 1.56b
	Y2	1.11 ± 0.08a	4.95 ± 0.05d	12.20 ± 0.28a	150.34 ± 8.05a	15.00 ± 0.21a	54.52 ± 4.35a
	Y3	1.07 ± 0.06ab	5.06 ± 0.04c	11.37 ± 0.18bc	137.83 ± 11.15b	13.74 ± 0.07b	41.08 ± 2.93b
T2(初花期)	Y1	1.13 ± 0.07a	5.15 ± 0.05b	12.10 ± 0.33a	150.67 ± 6.93a	13.31 ± 0.19b	40.90 ± 2.95b
	Y2	1.14 ± 0.09a	5.17 ± 0.04b	11.98 ± 0.22ab	138.18 ± 7.34b	12.49 ± 0.10bc	37.36 ± 1.91bc
	Y3	1.13 ± 0.30a	5.18 ± 0.06b	11.17 ± 0.30bc	128.29 ± 4.91c	10.91 ± 0.04d	27.65 ± 2.99d
T3(盛花期)	Y1	1.01 ± 0.11bc	4.92 ± 0.03d	11.66 ± 0.28ab	144.04 ± 13.21b	11.71 ± 0.13c	39.72 ± 3.45b
	Y2	1.01 ± 0.09bc	4.93 ± 0.03d	10.84 ± 0.16c	137.34 ± 8.53b	12.25 ± 0.14bc	33.82 ± 3.44c
	Y3	0.99 ± 0.07c	4.91 ± 0.03d	11.35 ± 0.08bc	141.72 ± 10.01b	11.49 ± 0.09c	26.74 ± 2.18d
CK		1.00 ± 0.08c	5.26 ± 0.04a	11.09 ± 0.21bc	127.98 ± 4.63c	15.21 ± 0.16a	38.04 ± 3.56bc

由表 3 可知,翻压时期会显著影响土壤的 pH 值,翻压时期和翻压量会显著影响土壤容重及有机

质、碱解氮、速效钾、有效磷等的含量,且翻压时期 × 翻压量有显著的交互作用。因此,在适当的生

长周期,翻压适量的高硫苷油菜,可以在不影响烟株正常生长的情况下改善植烟土壤的理化性状,具有较好的生态效应和一定的土壤改良培肥效果,以 T1Y2 处理、T2Y1 处理和 T3Y1 处理效果最佳。

表 3 高硫苷油菜翻压对植烟土壤理化性质影响的方差分析

变异来源	自由度	土壤容重		pH 值		有机质含量		碱解氮含量		速效钾含量		有效磷含量	
		F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
翻压时期	2	19.60	0.00	76.03	0.00	25.12	0.00	24.14	0.00	84.68	0.00	47.72	0.00
翻压量	2	6.18	0.01	1.37	0.28	27.42	0.00	56.70	0.00	74.02	0.00	34.23	0.00
翻压时期×翻压量	4	1.31	0.30	2.11	0.12	9.86	0.00	11.09	0.00	68.03	0.00	12.47	0.00

2.3 高硫苷油菜翻压对烤烟生长效应的影响

2.3.1 对烤烟大田农艺性状的影响 由表 4 可知,高硫苷油菜不同翻压时期对烤烟大田主要农艺性状有一定影响。与 CK 相比,T1、T2 时期各处理的株高和茎围较 T3 时期各处理差异更明显,相同时期不同处理之间也存在显著差异。相较 CK,不同处理株高增幅显著的是 T2Y1、T1Y2 和 T1Y1;不同处

理茎围除 T3Y3 外都有显著变化,其中处理 T1Y1、T1Y2、T2Y2 变化极显著。综上,T1Y1、T1Y2、T2Y1 处理的烤烟大田农艺性状较好。由表 5 可知,翻压时期会显著影响烤烟株高、有效叶数、最大叶宽和茎围;翻压量会显著影响株高、最大叶宽和茎围,翻压时期与翻压量无显著交互作用。

表 4 高硫苷油菜翻压对烤烟农艺性状的影响

翻压时期	翻压量	株高 (cm)	有效叶数 (张)	最大叶长 (cm)	最大叶宽 (cm)	茎围 (cm)
T1(抽薹期)	Y1	108.60±3.15ab	17.67±0.58a	77.13±2.03a	32.10±0.30a	10.00±0.08a
	Y2	109.15±2.95ab	17.67±0.58a	77.73±1.89a	32.03±0.40a	10.02±0.17a
	Y3	105.50±0.80bc	17.33±0.58a	76.88±0.22a	30.38±1.03b	9.60±0.09b
T2(初花期)	Y1	110.75±1.45a	17.67±0.58a	76.60±5.10a	31.97±0.40a	9.99±0.08a
	Y2	106.13±1.51b	17.33±0.58a	76.15±0.75a	31.80±0.30a	10.05±0.15a
	Y3	105.30±2.46bc	17.00±0.00a	74.92±1.99ab	30.37±0.68b	9.80±0.08ab
T3(盛花期)	Y1	105.33±0.85bc	16.67±0.58a	73.90±0.40ab	28.92±0.98c	9.72±0.09b
	Y2	101.05±3.55d	16.67±0.58a	74.56±1.12ab	29.63±0.55bc	9.62±0.22b
	Y3	101.65±1.95cd	16.33±0.58b	73.81±3.07ab	29.03±0.34c	9.39±0.10c
CK		98.77±0.40d	16.67±0.58a	71.15±3.35b	29.81±1.00bc	9.30±0.02c

表 5 高硫苷油菜对烤烟农艺性状影响的方差分析

变异来源	自由度 df	株高		有效叶数		最大叶长		最大叶宽		茎围	
		F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
翻压时期	2	13.85	0.00	8.38	0.01	4.34	0.05	40.29	0.00	21.05	0.00
翻压量	2	7.50	0.01	1.63	0.22	0.41	0.67	10.66	0.00	17.00	0.00
翻压时期×翻压量	4	1.40	0.27	0.13	0.97	0.12	0.97	2.09	0.12	0.85	0.51

2.3.2 对烤烟根茎病害的影响 由表 6 可知,在烤烟成熟期,与 CK 相比,各处理青枯病和根黑腐病的病情指数和发病率均有所下降,其中青枯病降幅显著的处理分别是 T1Y2(病情指数和发病率分别下降 40.45%、35.73%)、T2Y1(病情指数和发病率分别下降 40.99%、39.29%),根黑腐病降幅显著的处理分别是 T1Y2(病情指数和发病率分别下降

39.75%、35.70%)、T2Y2(病情指数和发病率分别下降 39.34%、33.33%)、T3Y1(病情指数和发病率分别下降 39.75%、35.70%);黑胫病降幅明显的处理分别是 T1Y3、T2Y2,2 个处理的病情指数和发病率均分别下降 71.24%、59.94%。因此,在油菜抽薹期和初花期进行翻压,在一定程度上可以降低烤烟根茎病害的发生概率。

表 6 高硫苷油菜翻压对烤烟根茎病害的影响

翻压时期	翻压量	青枯病		黑胫病		根黑腐病	
		病情指数	发病率(%)	病情指数	发病率(%)	病情指数	发病率(%)
T1	Y1	7.92c	13.73ab	1.16b	2.61ab	12.93bc	18.30bc
	Y2	7.70c	11.76b	0.94b	1.96ab	10.68c	17.65c
	Y3	8.57bc	14.38ab	0.44b	1.31b	12.85bc	18.95bc
T2	Y1	7.63c	11.11b	1.23b	1.96ab	10.75c	18.30bc
	Y2	7.99c	13.07ab	0.44b	1.31b	10.89c	17.00c
	Y3	8.93bc	13.73ab	1.38ab	3.27ab	12.71bc	20.26bc
T3	Y1	9.22bc	13.73ab	2.25ab	3.27ab	10.68c	17.65c
	Y2	9.30bc	14.38ab	2.18ab	5.23a	15.03ab	24.18ab
	Y3	11.33ab	15.69ab	4.07a	6.54a	15.40ab	23.53ab
CK		12.93a	18.30a	1.53ab	3.27ab	17.72a	27.45a

由表 7 可知,翻压时期会显著影响烤烟青枯病、黑胫病和根黑腐病的病情指数和发病率,翻压量无显著影响,翻压时期与翻压量无显著交互作用。

表 7 高硫苷油菜翻压对烤烟根茎病害影响的方差分析

变异来源	自由度 <i>df</i>	青枯病				黑胫病				根黑腐病			
		病情指数		发病率		病情指数		发病率		病情指数		发病率	
		<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
翻压时期	2	4.18	0.03	4.04	0.04	5.31	0.01	3.98	0.04	5.20	0.01	3.65	0.04
翻压量	2	2.17	0.14	2.04	0.15	0.66	0.53	0.46	0.64	1.84	0.19	2.09	0.15
翻压时期×翻压量	4	0.21	0.92	0.72	0.58	0.80	0.54	0.72	0.59	1.17	0.35	1.37	0.28

2.4 高硫苷油菜翻压对烤烟经济性状的影响

由表 8 可知,高硫苷油菜翻压后在一定程度上能提升烟叶的产量、产值及上等烟比例。与 CK 相比,T1、T2 各处理的升幅较 T3 各处理更明显,Y1、Y2 处理较 Y3 处理更明显。相较 CK,不同处理产量增幅明显的是 T2Y1(10.08%)、T3Y1(6.56%);不同处理产值增幅极显著的分别是 T2Y1(28.65%)、T1Y1(23.80%);上等烟比例增幅显著

的分别为 T2Y1(36.89%)、T1Y1(30.11%)、T2Y2(27.62%)、T1Y2(26.67%);各处理之间的中等烟比例无明显差异。综上,T2Y1 处理的烤烟产量及经济效益最好,T1Y1、T1Y2 次之。

由表 9 可知,翻压时期会显著影响烤烟的产值、均价和上等烟比例,翻压量会显著影响烤烟的产量、产值和上等烟比例,翻压时期与翻压量无显著交互作用。

表 8 高硫苷油菜翻压对烤烟经济性状的影响

翻压时期	翻压量	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	均价 (元/kg)	上等烟比例 (%)	中等烟比例 (%)
T1(抽薹期)	Y1	2 076.19 ± 111.06ab	29 655.56 ± 1 905.18ab	29.04 ± 0.16a	45.46ab	47.11a
	Y2	2 047.89 ± 48.52ab	28 535.91 ± 1 171.17ab	27.88 ± 0.71ab	44.26ab	44.93a
	Y3	1 920.21 ± 10.73bc	26 287.54 ± 511.63cd	27.46 ± 0.56abc	40.56bc	45.10a
T2(初花期)	Y1	2 143.49 ± 171.45a	30 815.98 ± 3 286.59a	28.70 ± 0.47a	47.83a	41.22a
	Y2	1 973.67 ± 30.89bc	26 413.84 ± 2 778.28cd	27.66 ± 0.74abc	44.59ab	43.47a
	Y3	1 896.94 ± 83.14c	25 487.42 ± 477.33cd	26.88 ± 0.33abc	39.41bc	46.54a
T3(盛花期)	Y1	2 074.94 ± 124.25ab	27 454.49 ± 739.30bc	26.12 ± 0.93bc	39.32bc	44.09a
	Y2	1 962.35 ± 104.58abc	25 739.53 ± 1 189.53cd	25.56 ± 0.26cd	36.51c	47.60a
	Y3	1 912.03 ± 46.12bc	24 175.54 ± 539.95d	24.42 ± 0.52d	34.26c	48.86a
CK		1 947.26 ± 45.29abc	23 953.62 ± 1 061.85d	24.14 ± 0.72d	34.94c	45.69a

表 9 高硫苷油菜翻压对烤烟经济性状影响的方差分析

变异来源	自由度 <i>df</i>	产量		产值		均价		上等烟比例		中等烟比例	
		<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
翻压时期	2	0.26	0.77	4.69	0.02	15.45	0.00	14.42	0.00	1.72	0.20
翻压量	2	8.95	0.00	1.46	0.00	5.05	0.18	8.39	0.00	1.27	0.30
翻压时期 × 翻压量	4	0.51	0.72	0.83	0.52	0.09	0.98	0.35	0.83	1.07	0.39

2.5 高硫苷油菜翻压对初烤烟叶常规化学成分的影响

本试验测定 C2F 等级的初烤烟叶常规化学成分。由表 10 可知,试验烟叶的氮含量适宜,各处理均高于 CK,除了 T1Y3 处理以外,其余均与 CK 差异显著;烟叶钾含量整体偏低,氯含量整体偏高;除 T1Y2、T2Y1、T3Y1 处理外,还原糖含量适宜;总糖含

量整体偏高,但各处理均低于 CK;总植物碱含量适中。综合来看,T2Y2、T2Y3 处理较好,T1Y1、T1Y3 次之。

根据表 11 可知,翻压时期会显著影响氮、钾、还原糖、总糖、氯含量;翻压量也会显著影响氮、钾、还原糖、植物总碱、总糖、氯含量,翻压时期与翻压量有显著的交互作用。

表 10 高硫苷油菜翻压对烤烟常规化学成分的影响

翻压时期	翻压量	总氮含量 (%)	钾离子含量 (%)	还原糖含量 (%)	总糖含量 (%)	总植物碱含量 (%)	氯含量 (%)
T1	Y1	1.73 ± 0.04c	1.30 ± 0.04d	21.41 ± 0.49d	26.61 ± 0.27c	2.14 ± 0.10b	0.64 ± 0.04ab
	Y2	1.61 ± 0.03d	1.48 ± 0.04b	23.30 ± 0.27b	27.24 ± 0.42c	1.92 ± 0.07cd	0.54 ± 0.03de
	Y3	1.83 ± 0.02a	1.29 ± 0.05d	20.93 ± 0.24de	27.03 ± 0.17c	2.12 ± 0.06b	0.48 ± 0.02f
T2	Y1	1.62 ± 0.03d	1.44 ± 0.02bc	23.96 ± 0.20b	29.60 ± 0.24a	1.97 ± 0.07c	0.42 ± 0.03g
	Y2	1.82 ± 0.06ab	1.31 ± 0.05d	19.35 ± 0.22g	25.35 ± 0.26d	2.14 ± 0.04b	0.49 ± 0.03ef
	Y3	1.75 ± 0.04c	1.31 ± 0.04d	20.17 ± 0.17f	25.27 ± 0.18d	1.98 ± 0.07c	0.61 ± 0.04bc
T3	Y1	1.53 ± 0.03e	1.60 ± 0.07a	24.82 ± 0.25a	28.84 ± 0.56b	1.74 ± 0.05e	0.68 ± 0.03a
	Y2	1.65 ± 0.02d	1.40 ± 0.04bc	22.79 ± 0.48c	28.77 ± 0.50b	1.77 ± 0.08e	0.57 ± 0.02cd
	Y3	1.76 ± 0.04bc	1.34 ± 0.06cd	20.43 ± 0.39ef	24.62 ± 0.42e	2.37 ± 0.11a	0.57 ± 0.04cd
CK		1.48 ± 0.05e	1.61 ± 0.06a	23.18 ± 0.34c	29.70 ± 0.50a	1.95 ± 0.09cd	0.55 ± 0.03d

表 11 高硫苷油菜翻压对烤烟常规化学成分影响的方差分析

变异来源	自由度 <i>df</i>	总氮含量		钾离子含量		还原糖含量		总糖含量		烟碱含量		氯含量	
		<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
翻压时期	2	14.12	0.00	27.14	0.00	53.05	0.00	23.09	0.00	2.28	0.13	23.86	0.00
翻压量	2	38.93	0.00	8.20	0.00	183.18	0.00	161.30	0.00	36.65	0.00	5.22	0.02
翻压时期 × 翻压量	4	19.68	0.00	18.11	0.00	115.35	0.00	110.20	0.00	33.54	0.00	28.84	0.00

3 结论与讨论

良好的土壤环境是作物高产优质的基础<sup>[20]</sup>。高硫苷油菜作为绿肥翻压后,具有较好的生态效应和一定的土壤改良培肥效果。在不同的生长时期翻压高硫苷油菜,对土壤培肥效果也存在一定的差异,其中以抽薹期提供的氮、磷、钾养分最多。本试验绿肥翻压可以降低土壤容重、pH 值,提高土壤有机质、碱解氮、速效钾、有效磷等的含量,表明绿肥

翻压有利于提升土壤肥力并促进土壤养分循环,这与刘国顺等的研究结果<sup>[6-8,21]</sup>一致。其中,对土壤改良效果较好的是翻压抽薹期和初花期的油菜,原因可能是微生物分解有机物最适宜的 C/N 为 24<sup>[22]</sup>,抽薹期、初花期、盛花期的 C/N 分别是 12.4、15.8、10.1,初花期更接近,且抽薹期和初花期的油菜植株茎秆、叶片等器官较嫩,而盛花期的油菜根系旺盛且茎秆木质部发达,翻压后,在土壤微生物和各种酶的作用下,降解速度较抽薹期和初花期

慢,加之油菜盛花时期,气候变暖,降水量减少,对油菜翻压后养分释放、土壤有机质的形成量、土壤养分循环均有一定影响。本次试验中,土壤速效钾含量整体低,可能是因为该试验田前茬作物收获后,翻耕深度较浅,加之取样时湘西烟区气候干旱,土壤黏土矿物对钾有一定的固定作用,导致土壤表土层的缓效钾不能及时地转化补给,加速了表土层速效钾含量的下降。

高硫苷油菜翻压后可以改善烤烟的农艺性状,降低烤烟根茎病害的发病率。其中,以抽薹期和初花期翻压效果最显著,能够增加株高、有效叶数、最大叶长和茎围,降低烤烟青枯病、黑胫病、根黑腐病的发病率,且在田间调查病害时发现,对照小区的杂草比其他处理更多,原因可能是抽薹期和初花期油菜全株硫苷含量显著高于盛花期,油菜经机械破碎后翻压入土,其体内硫苷在内源芥子酶的作用下水解,产生类挥发性化合物异硫氰酸酯(isothiocyanates,简称 ITC)<sup>[23-24]</sup>,该类物质对许多有机体包括昆虫、杂草、真菌、细菌和植物寄生性线虫等具有一定的杀生作用。但在不同翻压时期和翻压量下,硫苷在土壤中的水解速度和效率可能存在差异,需进一步探究。

适宜的翻压时期和翻压量可以提高烤烟的经济性状,但是对烤烟化学品质的影响较小。高硫苷油菜不同时期翻压处理的后作烤烟长势较好,且均比 CK 增产,其原因可能是病害程度较 CK 低。绿肥翻压后烤烟的化学成分与土壤物理特性有良好的相关性<sup>[25]</sup>。本试验初烤烟叶钾元素含量偏低,可能是由于该试验地长期连作,且冬季田闲,尽管在种植油菜追肥过程中施加了复合肥,但随着油菜及烤烟生长周期的推进,土壤中速效钾含量依旧偏低。罗云等认为,轮作能保持土壤较高的供钾水平<sup>[26]</sup>,从而促进烟株吸收,提高烟叶含钾量,本研究高硫苷油菜用作绿肥,对于烤烟部分化学成分有一定影响,但未达到显著水平,可能是绿肥利用时间较短,需要长期种植利用绿肥才能达到对土壤质量和烟叶品质同步提升的优良效果。

在冬季田闲期种植高硫苷油菜,翌年翻压后,可以促进土壤养分循环,有一定的土壤改良效果,可有效提高烟株的农艺性状,降低烤烟根茎病害的发生率,促使烟叶部分化学成分更加协调,达到增产增值的效果。针对湘西烟区各气候、土壤环境条件、作物种植模式等各方面综合考虑,以抽薹期翻

压 10 000 kg/hm<sup>2</sup> 油菜的土壤改良效果最宜,以初花期翻压 20 000 kg/hm<sup>2</sup> 高硫苷油菜对烤烟增产增值效果最佳。

#### 参考文献:

- [1] 邓小华,周米良,田茂成,等. 湘西州植烟气候与国内外主要烟区比较及相似性分析[J]. 中国烟草学报,2012,18(3):28-33.
- [2] 邓小华,杨丽丽,周米良,等. 湘西喀斯特区植烟土壤速效钾含量分布及影响因素[J]. 山地学报,2013,31(5):519-526.
- [3] 滕凯,陈前锋,周志成,等. 烟草连作障碍与土壤理化性质及微生物多样性特征的关联[J]. 微生物学通报,2020,47(9):2848-2856.
- [4] 李孝超,宋贺萱. 烟草黑胫病与青枯病发生原因及防控对策[J]. 湖北农业科学,2019,58(增刊2):286-288,294.
- [5] 宁诗琪,蒋如,李治模,等. 三种绿肥对烤烟产质量及土壤养分和酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2024(4):128-135.
- [6] 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.
- [7] 奚柏龙,党军政,马哲. 冬油菜翻压量对烟田土壤性状及烤烟品质的影响[J]. 现代农业科技,2013(3):14-16.
- [8] 田峰,陆中山,邓小华,等. 湘西烟区翻压不同绿肥品种的生态和烤烟效应[J]. 中国烟草学报,2015,21(4):56-62.
- [9] 张黎明,邓小华,周米良,等. 不同种类绿肥翻压还田对植烟土壤微生物量及酶活性的影响[J]. 中国烟草科学,2016,37(4):13-18.
- [10] 祖韦军. 不同绿肥品种及耕作方式对土壤特性和烤烟生长的影响[D]. 贵阳:贵州大学,2020.
- [11] 方宇,白涛,刘冬梅,等. 烟草黑胫病植株根际土壤真菌群落多样性及结构分析[J]. 西南农业学报,2022,35(4):822-830.
- [12] 樊俊,谭军,王瑞,等. 烟草青枯病发病土壤理化性状及细菌群落结构分析[J]. 中国烟草科学,2021,42(6):15-21.
- [13] 匡希茜,何永宏,符容蓉,等. 烟田土壤带菌量与烟草青枯病发生的相关性分析[J]. 烟草科技,2018,51(9):20-26.
- [14] 黄平娜,秦道珠,龙怀玉,等. 绿肥还田对烟田土壤培肥和烤烟产量品质的作用[J]. 土壤通报,2010,41(2):379-382.
- [15] 袁家富,徐祥玉,赵书军,等. 绿肥翻压和减氮对烤烟养分累积、产量及质量的影响[J]. 湖北农业科学,2009,48(9):2106-2109.
- [16] 赵文军,杨继周,尹梅,等. 绿肥模式下减量施氮对烤烟产量与品质的影响[J]. 中国农业科技导报,2023,25(4):189-196.
- [17] 罗贞宝. 绿肥对烟田土壤的改良作用及对烟叶品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2006.
- [18] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [19] 申建波,毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京:中国农业大学出版社,2011.
- [20] 连文慧,董雷,李文均. 土壤环境下的根际微生物和植物互作关系研究进展[J]. 微生物学杂志,2021,41(4):74-83.

马 玉,徐士璵,张 斌,等. 覆盖栽培对旱地冬小麦土壤肥力及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(1):124-132.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.01.018

# 覆盖栽培对旱地冬小麦土壤肥力及产量的影响

马 玉<sup>1</sup>,徐士璵<sup>1</sup>,张 斌<sup>1</sup>,卢杍达<sup>1</sup>,王可琳<sup>1</sup>,周 静<sup>1</sup>,李常成<sup>1</sup>,王小平<sup>1</sup>,刘梦云<sup>1,2</sup>

(1.西北农林科技大学资源与环境学院,陕西杨凌 712100; 2.富平现代农业综合试验示范站,陕西富平 711799)

**摘要:**在土壤表面覆盖秸秆、薄膜等可以控制土壤理化性质,使之朝着增加农作物产出的方向发展。这种种植技术可以有效提高农田利用自然降水的效率,增强保墒能力,演化出多种栽培模式。然而,已有研究未能充分比较多种栽培模式对作物产量的影响,限制了试验结果应用于旱区雨养小麦集雨保墒和高产稳产等方面的研究。以渭北旱塬区雨养小麦为研究对象,设计传统栽培模式(T)、秸秆覆盖(SM)、地膜覆盖(PM)、裸露垄沟(BRF)、垄上覆膜沟内秸秆覆盖(MRF)、绿肥轮作(GM)6种栽培模式的对比试验,以探究农田土壤理化性质及小麦产出对上述栽培模式的响应。结果表明:(1)与传统栽培相比,除 BRF 处理外,各栽培模式均提高了土壤有机碳含量和孔隙度大小,降低了土壤容重,有效提高了土壤酸碱度;其中,SM 模式和 MRF 模式较为突出,前者使硝态氮含量增长了 32.6% (0~10 cm),后者使硝态氮含量增长了 58.5% (>10~20 cm)。(2)产量方面发现 GM 模式>PM 模式>MRF 模式>BRF 模式>SM 模式,冬小麦的产量分别提高了 51.21%、22.04%、19.58%、15.46%、0.13%,水分利用效率分别提高了 54.56%、22.26%、13.73%、11.77% (SM 处理水分利用效率较 T 处理降低);冬小麦产量在不同栽培模式下与水分利用效率(相关系数  $r=0.99$ )呈显著正相关关系,说明水分利用效率的变化对冬小麦产量的影响十分显著。因此,绿肥轮作栽培模式在提高冬小麦生产力的同时,也能提升渭北旱地土壤肥力水平,是适宜渭北旱塬区的冬小麦新型增产模式。

**关键词:**渭北旱塬区;水分利用效率;覆盖栽培;冬小麦产量

**中图分类号:**S512.1+10.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)01-0124-09

旱地农业历史悠久,是世界农业的重要生产方式,其耕地面积和粮食作物生产量分别占世界的 82% 和 60%<sup>[1-2]</sup>。渭北旱塬,位于黄土高原南部,是重要的旱作农业区,主要种植冬小麦、春玉米等。

收稿日期:2024-01-05

资助项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC0501703);陕西省自然科学基金基础研究计划(编号:2017JZ008);中国科学院重点部署项目(编号:KFZD-SW-306)。

作者简介:马 玉(1999—),女,陕西榆林人,硕士,从事资源利用与植物保护研究。E-mail:ama@nwafu.edu.cn。

通信作者:刘梦云,博士,教授,从事土地生态恢复方面的碳循环、生态系统服务功能评价等方面的研究。E-mail:lm471993@163.com。

该区降水量少,分布不均,容易在冬小麦生育期造成水分亏缺的现象,极大程度上制约该区域冬小麦产量<sup>[3-4]</sup>。因此,旱区亟需寻求可提高有限降水利用率和集雨保墒能力的农业生产方案,以稳定并提高小麦产量。

传统栽培模式因地表长期裸露,导致八成以上的农田土壤水分向大气散失,小麦生产始终处在中低水平<sup>[5]</sup>。因此,通过改变冬小麦栽培方式来改善土壤性状是增加粮食作物生产的有效手段。地膜覆盖、秸秆杂物覆盖,对土壤理化性质有改善作用,对土壤水热条件有调节作用,对土壤蓄水量、作物

[21]冯 瑜,陈 华,付利波,等. 利用绿肥提高云南抚仙湖径流区烟田土壤养分和烤烟品质[J]. 植物营养与肥料学报,2023,29(11):2083-2094.

[22]Sänger A, Reibe K, Mumme J, et al. Biochar application to sandy soil: effects of different biochars and N fertilization on crop yields in a 3-year field experiment[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2017, 63(2): 213-229.

[23]Wright A J, Back M A, Stevens M, et al. Evaluating resistant brassica trap crops to manage *Heterodera schachtii* (Schmidt) infestations in eastern England[J]. Pest Management Science,

2019, 75(2): 438-443.

[24]Liu Y B, Li J S, Stewart C N Jr, et al. The effects of the presence of Bt-transgenic oilseed rape in wild mustard populations on the rhizosphere nematode and microbial communities[J]. The Science of the Total Environment, 2015, 530/531: 263-270.

[25]程培军,郝浩浩,张 翔,等. 不同绿肥品种部分替代化肥对烟叶质量及土壤肥力的影响[J]. 山西农业科学, 2021, 49(7): 882-887.

[26]罗 云,杨焕文,王绍坤,等. 轮作与连作对美引品种 NC102 和 NC297 烟叶品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(27): 15-17.