

谭玉兰,曾庆飞,韦兴迪,等. 不同牧草品种与烤烟轮作对植烟土壤养分及物理性状的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):275-279.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.062

不同牧草品种与烤烟轮作对植烟土壤养分及物理性状的影响

谭玉兰¹, 曾庆飞², 韦兴迪¹, 陈超¹

(1. 贵州大学动物科学学院, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州省农业科学院草业研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要:为探明牧草轮作对烤烟地土壤养分及物理性状的改良效应,以贵州省晴隆县烤烟基地为研究对象,采取田间试验方法,以单作烤烟为对照,连续3年研究15种不同的豆科及禾本科牧草品种与烤烟轮作对土壤养分和物理性状的影响。结果表明,15个牧草品种轮作后都能增加土壤的有机质、全氮、速效氮、速效磷和速效钾含量。其中,土壤有机质的含量以轮作豆科牧草中的紫花苜蓿与紫云英、禾本科牧草中的多花黑麦草品种的增量较大,增量均在40 g/kg以上;轮作牧草后全氮含量的增量在0.05~0.65 g/kg之间,而且随着土壤有机质含量的增加而增加。与轮作前相比,15个牧草品种轮作后土壤中速效氮、速效磷、速效钾含量都有不同程度的增加,增量在不同牧草品种之间存在一定差异。经过3年烤烟—牧草的连续轮作,植烟地土壤平均容重从1.40 g/cm³降到了1.03 g/cm³,平均孔隙度从38.46%增加到了44.62%,随着轮作年限的增加,容重和孔隙度均不断朝着良性方向递变,不同牧草品种之间对土壤容重和孔隙度的改变量差异不显著。

关键词:烤烟;牧草;轮作;土壤肥力;土壤物理性状

中图分类号: S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0275-05

牧草是畜牧养殖过程中的重要饲料来源,而且由于其根系生长迅速,植株繁殖能力强,覆盖地面快,因而具有防风固沙、保持水土的作用^[1]。此外,主要被种植利用的豆科及禾本科牧草,它们发达的根系在土壤中能不断集聚有机物质,并在土壤微生物的作用下发挥胶结和团聚的作用,提高土壤腐殖质的含量,改善土壤团粒结构^[2]。豆科牧草根部形成的根瘤还具有共生固氮作用,能将空气中的游离氮分子转化成可被植物吸收利用的化合态氮,进而提高土壤的肥力^[3]。另有研究表明,在果园、茶园以及桉树林内间作牧草,不但能改善土壤理化性状,增加土壤养分含量,同时还能减少雨水冲刷及地面径流,改善园区生态环境。刘晨在库尔勒香梨果园间作

牧草后,经测定发现,0~60 cm土层土壤有机质含量得到有效提高,其中豆科牧草的效果优于禾本科牧草;种草区表层(0~30 cm)土壤全氮、全磷、全钾含量显著高于清耕区;牧草形成的地面覆盖可减少地表土壤水分蒸发,提高表层土壤含水量,调节果园气温和相对湿度,缓解生长季高温干旱对树体和果实造成的伤害,保持地温较平缓地变化^[4]。黄东风等在茶园套种百喜草、白三叶、平托花生,研究它们对土壤肥力的影响,结果表明,与没有套种牧草的茶园相比,套种牧草的茶园土壤的pH值与有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷含量都得到了有效提高,其中套种白三叶和平托花生对土壤全氮和碱解氮含量的提高幅度最为明显;套种牧草还使茶园的水土流失降低了25%~60%^[5]。王会利等在桉树林下套种牧草,以纯桉树林为对照,研究其对土壤肥力及地表径流量和土壤侵蚀量的影响^[6],也得到了相似的结论。因此近年来,牧草成为轮作、间套作种植模式中优选的作物种类。

贵州省是我国第二大烤烟生产基地,烟叶在国内烤烟生产中占有重要地位,但由于生产栽培条件等诸多原因,无轮作的烤烟种植制度普遍存在^[7]。研究证明,烤烟是一种忌连作的作物,长期连作,会使土壤理化性质恶化、养分失调、病虫害频发,从而使烟叶产质量下降,而且随着栽培年限的延长,烤

收稿日期:2018-06-28

基金项目:国家自然科学基金(编号:31560035,31560670)。

作者简介:谭玉兰(1991—),女,湖北武汉人,硕士研究生,主要从事牧草利用及草地肥力演变方面的研究。E-mail: tanyulan1991@163.com。

通信作者:曾庆飞,博士,副研究员,主要从事土壤微生物及草地利用方面的研究,E-mail: zengqingfei2008@163.com;陈超,博士,教授,主要从事草地草原及牧草综合利用方面的研究,E-mail: 690076748@qq.com。

[25] Jastrow J D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996, 28(4/5): 665-676.

[26] 董雪,王春燕,黄丽,等. 侵蚀程度对不同粒径团聚体中养分含量和土壤有机质稳定性的影响[J]. *土壤学报*, 2013, 50(3): 525-533.

[27] 刘晓利,何园球,李成亮,等. 不同利用方式旱地红壤水稳性团

聚体及其碳、氮、磷分布特征[J]. *土壤学报*, 2009, 46(2): 255-262.

[28] 徐阳春,沈其荣. 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体中C、N、P含量与分配的影响[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(5): 65-71.

[29] 李玮,郑子成,李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体碳氮磷生态化学计量学特征[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(1): 9-16.

烟的连作障碍会呈逐年加剧的累加效应^[8]。我国已有烤烟与油菜、蒜、小麦等作物的轮作试验,结果显示,轮作后土壤理化性质得到改善,病虫害降低,烟叶产量质量都有了不同程度的提高^[9]。何丹等对烤烟—黑麦草、烤烟—小麦、烤烟—油菜和烤烟—休闲4种轮作模式下的供肥规律进行了研究,结果显示,黑麦草、小麦与烤烟轮作的养分供应高于其他轮作方式,而烤烟—休闲地的碱解氮、铵态氮、速效钾、有效磷的供应均低于前面3种轮作地^[10]。目前,针对烟地轮作的研究主要集中在烤烟与玉米、水稻、油菜以及大蒜等作物轮作对土壤产生的影响方面^[11-12],而关于烤烟—牧草轮作对土壤养分及理化性状具体影响的研究鲜有报道。本研究先后选用了15种不同的豆科及禾本科牧草与烤烟轮作,测定其对烟地土壤养分和物理性状的系统影响,旨在为优质烤烟生产的可持续发展以及牧草在农牧业有效结合中的纽带作用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

轮作烤烟品种均为云烟87,2012年秋季轮作的6个牧草品种为紫花苜蓿阿尔冈金、天水红三叶、贵州白三叶、紫云英乐平、一年生黑麦草邦德和黔草4号鸭茅;2013年秋季轮作的5个牧草品种是紫花苜蓿苜蓿王、哈密红三叶、紫云英闽紫1号、一年生黑麦草海湾和黔南扁穗雀麦;2014年秋季轮作的4个牧草品种为紫花苜蓿金皇后、紫云英常德、一年生黑麦草特高和箭舌豌豆苏箭3号。

1.2 试验地概况

试验地马场村位于贵州省晴隆县马场乡中部,是马场乡政府驻地。全村土地面积10.52 km²,其中水田19 hm²,旱地117 hm²,林地133 hm²,草地133 hm²。全村海拔850~1200 m,属中山地区,降雨量在1050 mm左右,年均气温在14℃左右,无霜期在300 d以上。土壤多为黄壤,pH值为5~5.5。

1.3 试验设计与田间管理

试验采用烤烟—牧草的轮作方式。当每年的烟草叶片采收完毕后,组织农户及时砍除烟株,挖除烟兜,中耕松土,平整地块,种植牧草。草种的播种方式采用条播,不施任何基肥,拉绳挖浅沟,沟深5~10 cm,行距30 cm,种子播入后覆土盖种。播种用量分别为紫花苜蓿和紫云英4.50 g/m²,红三叶和白三叶2.25 g/m²,箭舌豌豆9.00 g/m²,多花黑麦草和鸭茅3.75 g/m²,扁穗雀麦4.50 g/m²。

牧草轮作试验采用大区组设计,每个烟农户选用1~2个牧草品种,随机连片排列。牧草的田间管理内容主要包括4个环节。(1)灌溉施肥。牧草播种前保持田间表土湿润,幼苗出齐后,若遇持续干旱天气,则组织烟农户及时浇水灌溉;不施用任何基肥和追肥,以便准确测定各牧草品种的培肥能力。(2)田间除草。在牧草苗期集中拔出田间杂草,消除杂草的竞争性生长。(3)病虫害防治。为防止轮作牧草刈割后的伤口受土壤中的真菌等病原微生物的危害,在第1次轮作前组织农户喷施1次多菌灵或代森锌作为预防。(4)轮作利用。轮作的牧草在株高达到50~60 cm以后进行第1次轮作,留茬5~10 cm,以后每隔约30 d轮作1次。轮作的鲜草直接作为饲草用于肉羊的喂养,每次轮作牧草播种后第2年

的4月上旬全部轮作完毕,牧草收获后整地、起垄,接着进行下一季的烟苗移栽。

1.4 土壤测定项目与方法

1.4.1 牧草轮作前后土样的采集 分别在2012年秋季牧草轮作前、2013年春季轮作牧草轮作后、2013年秋季牧草轮作前、2014年春季轮作牧草轮作后、2014年秋季轮作牧草播种前、2015年春季轮作牧草轮作后,在每个轮作牧草品种的地块选取3个采样点,每个采样点采用5点取样法,将采集的5个点的土壤充分混匀制成1个混合样,挑出根系、秸秆、石块、虫体等杂物以后,在田间采用四分法弃去多余部分,最后保留1.00 kg,先后6次采集每个草种轮作地的土样,共采集90个样品,将采集的土样编号后进行预处理,经风干、磨细、过筛、混匀后装瓶,用于土壤养分的测定。

1.4.2 土壤养分的测定 每份土样的测定内容包括有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量和pH值6个指标。其中土壤有机质含量采用重铬酸钾滴定法测定;土壤全氮含量采用重铬酸钾—硫酸消化法测定;土壤速效氮含量采用碱解扩散法测定;土壤有效磷含量采用碳酸氢钠法测定;土壤速效钾含量采用醋酸铵—火焰光度计法测定;pH值采用电位测定法测定^[13]。每个项目平行测定3次,求平均值。

1.4.3 土壤物理性状的测定 土壤物理性状的测定内容包括土壤容重和土壤孔隙度。在15个牧草品种轮作前后,分别用铝盒与环刀采集植烟地土样各30次。土壤容重的测定采用铝盒盛土乙醇燃烧法^[13],孔隙度的测定采用环刀取土吸水法^[13]。每个项目作3次重复测定,计算平均值。全部测定工作由贵州省农业科学院草业研究所常规营养分析室完成。

1.5 数据处理

采用Excel 2010和SPSS 19.0进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤营养成分测定结果

由表1、表2和表3可知,土壤养分测定结果显示,选用的15个牧草品种轮作后都能明显提高土壤的有机质、全氮、速效氮、速效磷和速效钾的含量,并能提高酸性土壤的pH值。轮作不同牧草品种,对提高土壤有机质、速效氮、速效磷和速效钾含量的影响程度有所不同,说明土壤养分的变化与种植不同牧草品种可能存在着一一定的相关性。

从表1可以看出,15个不同牧草品种与烤烟轮作后,土壤有机质含量变化差异较大,与轮作前相比,轮作后的增量为25.74~42.6 g/kg,总体趋向是轮作豆科牧草品种(紫花苜蓿阿尔冈金、苜蓿王、金皇后、天水红三叶、哈密红三叶、贵州白三叶、紫云英乐平、紫云英闽紫1号、紫云英常德及箭舌豌豆苏箭3号)的增量优于禾本科牧草品种(黔草4号鸭茅和黔南扁穗雀麦),其中多花黑麦草(邦德、海湾及特高)例外。豆科牧草紫花苜蓿中的苜蓿王、阿尔冈金、金皇后3个品种增量最为明显,分别为42.60、42.06、41.20 g/kg;紫云英中的闽紫1号、常德和乐平的增量略为次之,分别为41.64、40.77、39.66 g/kg;其他豆科牧草品种如白三叶、红三叶等的的增量均在29.8 g/kg及以上。与轮作前相比,禾本科牧草多花黑麦草中的海湾、特高及邦德的增量分别为40.94、40.67、40.03 g/kg,另外2种禾本科牧草黔草4号鸭茅与黔南扁穗雀

表1 轮作不同牧草品种前后土壤的pH值和有机质含量

轮作时间	品种名称	pH值		有机质含量(g/kg)	
		轮作前	轮作前	轮作前	轮作后
2012—2013年	紫花苜蓿阿尔冈金	5.75 ± 0.09ab	5.96 ± 0.05a	15.57 ± 1.44a	57.63 ± 2.06a
	天水红三叶	7.07 ± 0.30b	7.44 ± 0.18a	14.60 ± 1.40a	48.53 ± 3.98a
	贵州白三叶	5.76 ± 0.50ab	6.78 ± 0.37a	17.67 ± 1.18a	50.37 ± 5.86a
	紫云英乐平	6.63 ± 0.14ab	7.10 ± 0.21a	14.97 ± 1.02a	54.63 ± 1.23a
	多花黑麦草邦德	6.37 ± 0.29ab	6.96 ± 0.33a	16.77 ± 1.92a	56.80 ± 3.40a
	黔草4号鸭茅	6.12 ± 0.31ab	6.91 ± 0.32a	15.83 ± 2.87a	41.57 ± 3.85a
2013—2014年	紫花苜蓿苜蓿王	5.92 ± 0.38ab	6.99 ± 0.41a	16.47 ± 0.32a	59.07 ± 4.68a
	哈密红三叶	6.40 ± 0.09ab	7.43 ± 0.29a	17.23 ± 0.50a	47.03 ± 6.63a
	紫云英闽紫1号	6.27 ± 0.11ab	7.37 ± 0.43a	16.23 ± 0.58a	57.87 ± 5.07a
	多花黑麦草海湾	6.54 ± 0.08ab	7.08 ± 0.28a	21.73 ± 4.43a	62.67 ± 8.82a
	黔南扁穗雀麦	6.05 ± 0.14ab	6.72 ± 0.38a	18.37 ± 0.50a	45.27 ± 5.46a
2014—2015年	紫花苜蓿金皇后	6.47 ± 0.20ab	6.95 ± 0.76a	16.50 ± 1.48a	57.70 ± 2.62a
	紫云英常德	6.14 ± 0.30ab	7.04 ± 0.41a	17.23 ± 0.38a	58.00 ± 3.29a
	多花黑麦草特高	5.41 ± 0.26a	6.18 ± 0.27a	16.80 ± 0.84a	57.47 ± 5.78a
	箭舌豌豆苏箭3号	6.51 ± 0.39ab	6.85 ± 0.49a	20.13 ± 1.52a	54.70 ± 5.90a

注:同列同一指标小写字母表示不同牧草品种间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表2 轮作不同牧草品种前后土壤的全氮和速效氮含量

轮作时间	品种名称	全氮含量(g/kg)		速效氮含量(mg/kg)	
		轮作前	轮作前	轮作前	轮作后
2012—2013年	紫花苜蓿阿尔冈金	1.47 ± 0.18a	1.89 ± 0.27a	105.13 ± 1.94a	117.12 ± 2.32a
	天水红三叶	1.32 ± 0.08a	1.51 ± 0.17a	122.52 ± 3.38b	130.52 ± 4.4bcd
	贵州白三叶	1.24 ± 0.16a	1.65 ± 0.20a	130.49 ± 3.62bcd	140.11 ± 3.16bcd
	紫云英乐平	1.31 ± 0.11a	1.36 ± 0.09a	130.20 ± 2.64bc	139.04 ± 5.51cd
	多花黑麦草邦德	1.26 ± 0.08a	1.72 ± 0.15a	106.55 ± 2.95a	117.86 ± 1.85a
	黔草4号鸭茅	1.42 ± 0.28a	1.64 ± 0.30a	124.34 ± 2.66b	130.60 ± 2.66bc
2013—2014年	紫花苜蓿苜蓿王	1.33 ± 0.56a	1.98 ± 0.38a	122.28 ± 5.86b	135.76 ± 3.49bc
	哈密红三叶	1.23 ± 0.06a	1.73 ± 0.29a	143.40 ± 1.87de	152.69 ± 1.42def
	紫云英闽紫1号	1.70 ± 0.32a	1.97 ± 0.29a	142.99 ± 1.48cde	151.31 ± 2.37def
	多花黑麦草海湾	1.69 ± 0.24a	1.93 ± 0.42a	148.90 ± 0.76ef	157.72 ± 0.90ef
	黔南扁穗雀麦	1.55 ± 0.30a	1.80 ± 0.18a	128.00 ± 1.24b	134.07 ± 0.92b
2014—2015年	紫花苜蓿金皇后	1.69 ± 0.09a	1.90 ± 0.20a	133.56 ± 0.64bcd	145.47 ± 1.73bcd
	紫云英常德	1.36 ± 0.17a	1.72 ± 0.06a	124.40 ± 0.66b	134.07 ± 2.37b
	多花黑麦草特高	1.47 ± 0.29a	1.84 ± 0.12a	156.61 ± 0.91f	165.40 ± 1.63f
	箭舌豌豆苏箭3号	1.53 ± 0.32a	1.88 ± 0.09a	103.57 ± 1.00a	110.81 ± 1.57a

表3 轮作不同牧草品种前后土壤的速效磷和速效钾含量

轮作时间	品种名称	速效磷含量(mg/kg)		速效钾含量(mg/kg)	
		轮作前	轮作前	轮作前	轮作后
2012—2013年	紫花苜蓿阿尔冈金	16.66 ± 0.87c	20.83 ± 1.32d	176.03 ± 2.06h	184.63 ± 3.99h
	天水红三叶	7.30 ± 1.12a	11.03 ± 2.48abc	129.98 ± 3.81de	138.13 ± 3.58ef
	贵州白三叶	15.04 ± 3.36b	18.67 ± 4.32cd	133.50 ± 4.13de	140.42 ± 4.60fg
	紫云英乐平	11.67 ± 2.19ab	14.15 ± 2.91bc	140.62 ± 5.44ef	147.55 ± 3.55fg
	多花黑麦草邦德	7.62 ± 0.69a	10.13 ± 0.67a	166.50 ± 6.51gh	172.06 ± 3.92h
	黔草4号鸭茅	12.40 ± 0.76ab	13.95 ± 0.98abc	143.81 ± 4.11ef	148.92 ± 3.72fg
2013—2014年	紫花苜蓿苜蓿王	12.36 ± 0.58ab	15.02 ± 0.77ab	122.19 ± 0.97cd	129.48 ± 1.69cd
	哈密红三叶	7.49 ± 0.95a	8.95 ± 0.58ab	174.45 ± 3.35h	182.42 ± 4.15h
	紫云英闽紫1号	13.52 ± 0.58ab	15.53 ± 0.69abc	150.75 ± 1.46fg	155.14 ± 1.68g
	多花黑麦草海湾	13.48 ± 0.45ab	16.19 ± 0.73abc	118.49 ± 0.72cd	122.34 ± 1.22cd
	黔南扁穗雀麦	13.06 ± 1.04ab	14.11 ± 0.58ab	108.56 ± 0.64bc	110.65 ± 0.65bc
2014—2015年	紫花苜蓿金皇后	11.78 ± 0.73ab	14.64 ± 0.75abc	119.55 ± 0.66cd	127.85 ± 1.04cd
	紫云英常德	12.59 ± 0.76ab	13.77 ± 0.58ab	129.48 ± 0.67de	135.75 ± 1.81de
	多花黑麦草特高	14.47 ± 0.75b	16.67 ± 0.37bc	95.00 ± 1.08ab	98.26 ± 0.85ab
	箭舌豌豆苏箭3号	10.56 ± 0.38ab	12.05 ± 0.71ab	88.40 ± 0.77a	90.73 ± 0.85a

麦的增量均在 26.90 g/kg 及以下,增幅较小。全氮含量在轮作牧草以后增量为 0.05 ~ 0.65 g/kg,牧草品种间差异不大(表 2)。

由表 2、表 3 可知,与轮作前相比,15 个牧草品种轮作后土壤中速效氮、速效磷、速效钾的含量都有着不同程度的增加。速效氮含量增量为 6.07 ~ 13.48 mg/kg,其中增量最大的品种为紫花苜蓿苜蓿王、紫花苜蓿阿尔冈金、紫花苜蓿金皇后及多花黑麦草邦德,这 4 个牧草品种增量均在 11 mg/kg 以上;速效磷含量增量为 1.05 ~ 4.17 mg/kg,其中紫花苜蓿阿尔冈金、天水红三叶及贵州白三叶增量较大;速效钾含量增量为 2.09 ~ 8.60 mg/kg,其中增量较大的是紫花苜蓿阿尔冈金、紫花苜蓿金皇后及天水红三叶。由此可以看出,轮作后不同牧草品种对土壤速效氮、速效磷及速效钾的影响程度不一样,说明轮作不同牧草品种对土壤养分的贡献程度是各不相同的。

2.2 土壤物理性状测定结果

表 4 显示,在 2012 年秋季轮作牧草前,植烟地土壤容重的平均值为 1.40 g/cm³,2013 年春季轮作牧草收割后,土壤容重平均值下降,为 1.29 g/cm³,至 2014 和 2015 年春季轮作牧草收割后,土壤容重平均值分别下降至 1.17、1.03 g/cm³,烟地连续 3 年轮作 15 个牧草品种后,土壤容重降低了 0.08 ~ 0.37 g/cm³;而植烟地的土壤孔隙度在 2012 年秋季牧草轮作前为 38.46%,到 2013、2014 和 2015 年春季牧草轮作后,土壤孔隙度的平均值分别增至 42.40%、43.94% 和 44.62%,连续 3 年轮作 15 个牧草品种后,土壤孔隙度的增加幅度为 1.85% ~ 5.13%。土壤容重降低值和土壤孔隙度的增加值在不同轮作牧草品种间差异不明显。

表 4 轮作不同牧草品种前后土壤容重及孔隙度的测定结果

轮作时间	品种名称	容重(g/cm ³)		孔隙度(%)	
		轮作前	轮作后	轮作前	轮作后
2012—2013 年	紫花苜蓿阿尔冈金	1.46 ± 0.05a	1.14 ± 0.09a	38.61 ± 0.52a	42.70 ± 1.02a
	天水红三叶	1.50 ± 0.09a	1.27 ± 0.03a	38.00 ± 0.53a	42.36 ± 0.94a
	贵州白三叶	1.51 ± 0.08a	1.24 ± 0.04a	38.52 ± 0.53a	42.62 ± 0.77a
	紫云英乐平	1.46 ± 0.05a	1.25 ± 0.03a	38.72 ± 0.56a	42.51 ± 0.80a
	多花黑麦草邦德	1.24 ± 0.07a	1.39 ± 0.04a	38.32 ± 0.34a	42.62 ± 0.86a
	黔草 4 号鸭茅	1.24 ± 0.07a	1.46 ± 0.07a	38.56 ± 0.36a	41.60 ± 0.54a
2013—2014 年	紫花苜蓿苜蓿王	1.44 ± 0.06a	1.16 ± 0.06a	39.47 ± 0.94a	43.63 ± 0.79a
	哈密红三叶	1.24 ± 0.05a	1.36 ± 0.04a	39.40 ± 0.49a	44.53 ± 1.24a
	紫云英闽紫 1 号	1.29 ± 0.10a	1.09 ± 0.10a	40.46 ± 0.58a	43.82 ± 0.88a
	多花黑麦草海湾	1.46 ± 0.09a	1.09 ± 0.09a	40.04 ± 0.60a	43.81 ± 0.88a
	黔南扁穗雀麦	1.43 ± 0.05a	1.18 ± 0.08a	39.21 ± 0.74a	43.93 ± 1.38a
2014—2015 年	紫花苜蓿金皇后	1.20 ± 0.04a	1.03 ± 0.08a	44.10 ± 1.08b	45.95 ± 1.43a
	紫云英常德	1.25 ± 0.05a	1.06 ± 0.06a	41.11 ± 0.59ab	44.76 ± 0.93a
	多花黑麦草特高	1.26 ± 0.05a	1.02 ± 0.08a	41.14 ± 0.49ab	44.21 ± 0.58a
	箭舌豌豆苏箭 3 号	1.27 ± 0.05a	0.99 ± 0.11a	40.26 ± 0.73a	43.54 ± 0.66a

土壤容重和孔隙度是代表土壤物理性状的 2 个重要指标。容重越大,土壤密实程度越大,在一定范围内,土壤容重越小,说明土壤结构、透气透水性能越好;孔隙度越大,土壤导热率越小,而吸收水分的效率越大。轮作前后土壤物理性状的测定结果表明,植烟地土壤容重会随着牧草轮作时间的延长而降低,而孔隙度则会随着牧草轮作时间的延长而增加。随着轮作时间的不断延长,土壤容重逐年降低,土壤孔隙度逐年增加,标志着土壤物理性状在朝着有利于植物生长的良性方向递变。

3 讨论与结论

轮作在农业生产过程中是一种已经被证明的行之有效的种植制度,具有减轻连作障碍、提高复种指数、改善土壤理化性质和增加土地产出等多方面的生产效果^[14],且不同的作物轮作模式具有不同的土壤改良效应^[15]。党廷辉在黄土旱塬区通过设置不同的作物轮作系统,经过 10 年的轮作培肥试验,最后得出结论:不同轮作系统之间,豆科作物或豆科牧草所占比例越大,土壤养分含量增量越大;在轮作过程中增加豆科作物或豆科牧草的比例,能明显改善土壤养分状况,培肥地

力^[16]。说明在作物轮作系统中,牧草尤其是豆科牧草,具有重要的应用价值和生产地位。在本试验中,所有选用的牧草品种在轮作后都能在一定范围内提高土壤的有机质和全氮比例,增加速效氮、速效磷和速效钾的含量,并对土壤 pH 值产生局部影响,而且总体趋向是轮作豆科牧草(紫花苜蓿阿尔冈金、苜蓿王、金皇后、天水红三叶、哈密红三叶、贵州白三叶、紫云英乐平、紫云英闽紫 1 号、紫云英常德及箭舌豌豆苏箭 3 号)对土壤养分改良的贡献大于禾本科牧草(黔草 4 号鸭茅和黔南扁穗雀麦)。其原因可能是,豆科牧草可以利用根瘤共生固氮,在将空气中游离氮素转换成自身可利用氮素的同时,还将多余的含氮化合物释放到土壤中,增加土壤的含氮物质,同时在土壤微生物的作用下团聚土粒,形成一定量的腐殖质,增加土壤有机质和全氮的含量^[17]。对于本试验,在轮作的禾本科牧草品种中,多花黑麦草是个例外,3 个品种的黑麦草在轮作后土壤有机质的含量增量都在 40 g/kg 以上,这与乔伟艳等用多花黑麦草和水稻轮作对稻田土壤肥力的研究结果^[18]类似。产生这一结果的原因可能是,黑麦草虽不能进行共生固氮,但其根系发达,强大的须根系主要分布在 10 cm 厚的土壤表层,其根系生物量可达 597 ~ 1 148 g/m²,甚至可以

将根际周围土壤覆盖^[18],根系作用显著;而最后一次轮作利用后的根茬被直接翻耕入田,由作物根系作用和残茬的分解作用增加了土壤中的有机质含量。

作物轮作不仅能提高土壤肥力,还能改善轮作土壤的物理性状及土壤团粒结构。宋丽萍等在对陇中黄土高原半干旱区苜蓿—作物轮作的研究中发现,紫花苜蓿分别和小麦、玉米、马铃薯及谷子轮作后,土壤容重明显下降,土壤孔隙度增加,水稳性土壤团聚体含量也得到提高^[19]。王英俊等的研究也发现,在苹果园间作白三叶能增加土壤水稳性团聚体平均质量直径,降低团聚体破坏率,提高0~20 cm土层中直径大于0.25 mm水稳性团聚体的含量及其稳定性,土壤结构得到明显改善^[20]。本研究在选用15个牧草品种与烤烟轮作后,都能降低土壤容重,增加土壤孔隙度,而且随着轮作年限的增加,土壤物理性状不断朝着良性方向递变,土壤平均容重从1.40 g/cm³降到了1.02 g/cm³,平均孔隙度从38%增加到了44%。其原因可能是牧草密集的根系和草茬翻入耕地中腐熟后形成的丰富的腐殖质有利于形成良好的土壤团粒结构,从而改善土壤的容重和孔隙度。这一结果与李会科等在苹果园套种牧草后土壤物理性质变化的研究结果^[2]类似:生草区与清耕区相比,0~20 cm的表层土壤容重显著降低,土壤孔隙度增加,且随着生草年限的延长,土壤容重和孔隙度的变化越加明显。说明选用牧草,无论是与别的作物轮作还是间套作,都能降低土壤容重,增加孔隙度,进而达到改善土壤物理性状的目的。

轮作是在农业生产实践过程中被总结出来的一项有效的技术措施,是提高作物产量、合理利用土地资源的重要途径之一。众多研究表明,与诸如烤烟—油菜、烤烟—小麦或烤烟—大蒜等别的轮作模式相比,牧草与烤烟轮作,不但能明显增加土壤养分,提高肥效,减少病虫害,改善土壤理化性状^[10],调节轮作地的小区气温和相对湿度,而且利用冬闲地轮作牧草还能生产出供牛羊直接饲用的鲜草,为地方的牛羊养殖提供青草饲料,使种植与养殖有机结合起来,这对于促进农业与畜牧业的自然融合、优化区域农业经济结构,具有不可替代的桥梁和纽带作用。本试验主要分析不同牧草品种与烤烟轮作后,烟地土壤的营养成分与物理性状的变化情况。结果证实,轮作豆科牧草与多花黑麦草能明显提高土壤有机质及氮、磷、钾的含量,而且速效氮、磷、钾含量的增量在轮作不同的牧草品种之间存在一定差异;在土壤容重和孔隙度的改良效应上,供试的15种牧草品种差异不显著。对于哪些牧草在土壤养分及物理性状的改良过程中是最佳品种,这与不同地方不同的土壤类型及生态环境条件是存在着直接关联的,而且需要作连续的对比筛选试验才能确定。但可以肯定的是,在烤烟种植区,将烟叶采收完毕后的冬闲地用于轮作高产优质的一年生牧草,使原来种植烤烟的一年一熟制变为种植烤烟—牧草的一年二熟制,是一种有利于烤烟生产的可持续发展,并能

产生良好经济效益和环境效益的耕作制度。

参考文献:

- [1]毛吉贤,石书兵,马林,等.免耕春小麦套种牧草土壤养分动态研究[J].草业科学,2009,26(2):86-90.
- [2]李会科,赵政阳,张广军.种植不同牧草对渭北苹果园土壤肥力的影响[J].西北林学院学报,2004,19(2):31-34.
- [3]曹树威,蔡小艳,易显凤,等.豆科牧草套种芒果园生产力及土壤营养变化初报[J].农产品加工,2016(8):52-54.
- [4]刘晨.香梨园套种牧草生产及其对果园小环境的影响研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.
- [5]黄东风,王利民,李卫华,等.茶园套种牧草对作物产量及土壤基本肥力的影响[J].中国生态农业学报,2014,22(11):1289-1293.
- [6]王会利,曹继钊,孙孝林,等.桉树—牧草复合经营模式下水土流失和土壤肥力的综合评价[J].土壤通报,2016,47(6):1468-1474.
- [7]潘文杰,姜超英,陈懿,等.烤烟连作对土壤及烟株氮素特征的影响[J].作物杂志,2010(5):84-88.
- [8]贾志红,易建华,符建国,等.烤烟连作与轮作土壤养分差异研究[J].西南农业学报,2011,24(5):1784-1788.
- [9]时安东,李建伟,袁玲.轮间作系统对烤烟产量、品质和土壤养分的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):411-418.
- [10]何丹,陆引罡,周建云,等.不同轮作方式下烟土供肥规律的研究[J].广东农业科学,2013,40(22):82-85.
- [11]唐彪.烟蒜轮(套)作对土壤磷组分的影响[D].雅安:四川农业大学,2015.
- [12]刘舟舟,孟军,李显航,等.铜仁地区烤烟—玉米轮作不同施肥量对烤烟生长发育的影响[J].现代农业科技,2017(23):5-6.
- [13]鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [14]赵存鹏,郭宝生,刘素恩,等.粮棉轮作对土壤中养分及真菌多样性的影响[J].华北农学报,2017,32(6):139-146.
- [15]陈丹梅,陈晓明,梁永江,等.轮作对土壤养分、微生物活性及细菌群落结构的影响[J].草业学报,2015,24(12):56-65.
- [16]党廷辉.黄土旱塬区轮作培肥试验研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(3):44-47.
- [17]哈斯亚提·托逊江,刘晨,哈丽代·热合木江,等.红枣与牧草间作对果园土壤养分及小环境的影响[J].江苏农业科学,2015,43(1):327-329.
- [18]乔伟艳,顾洪如,沈益新.稻茬种植多花黑麦草对水稻土壤肥力的影响[J].江苏农业科学,2017,45(18):60-63.
- [19]宋丽萍,罗珠珠,李玲玲,等.陇中黄土高原半干旱区苜蓿—作物轮作对土壤物理性质的影响[J].草业学报,2015,24(7):12-20.
- [20]王英俊,李同川,张道勇,等.间作白三叶对苹果/白三叶复合系统土壤团聚体及团聚体碳含量的影响[J].草地学报,2013,21(3):485-493.