

烟蒜轮作与套作对土壤微生物类群数量的影响^①

阳显斌^{1,2}, 李廷轩^{1*}, 张锡洲¹, 陈代荣², 梁永江², 张长华²

(1 四川农业大学资源学院, 成都 611130; 2 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州遵义 563000)

摘要: 采取田间试验方式, 以单作烤烟为对照, 研究了不同年度和烤烟生育时期烟蒜轮作、烟蒜套作对根际和非根际土壤细菌、真菌、放线菌、解钾菌和解磷菌数量变化的影响。结果表明: 随生育时期推进, 烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤细菌含量高于单作烤烟的趋势越来越明显。2014 年, 上部叶成熟期烟蒜轮作、烟蒜套作根际土壤细菌数量是单作烤烟的 1.41 倍和 1.24 倍。中部叶成熟期和上部叶成熟期, 烟蒜轮作处理根际土壤真菌数量最少, 但 2014 年烟蒜轮作和烟蒜套作处理下非根际土壤真菌数量高于单作烤烟处理。烟蒜轮作、烟蒜套作处理根际土壤放线菌数量高于单作烤烟, 上部叶成熟期分别是单作烤烟 2.01 倍和 2.93 倍(2013 年)、1.12 倍和 1.28 倍(2014 年)。烟蒜轮作、烟蒜套作处理根际土壤解钾菌和解磷菌含量在烤烟生长发育的中后期显著高于单作烤烟, 且非根际土壤的解磷菌含量也呈现相同的趋势。不同年度, 烟蒜轮作与烟蒜套作处理烟叶产量和上中等烟率均显著高于单作烤烟处理。烟蒜轮作和烟蒜套作种植模式能改良土壤根际环境微生物结构, 维持良好的土壤质量状态。

关键词: 烟蒜轮作; 烟蒜套作; 单作烤烟; 土壤微生物类群; 产量

中图分类号: S154.3

连作障碍是很多农作物在同一地块连续长时间种植易发生的种植障碍现象, 烤烟为茄科忌连作作物, 但由于经济利益、耕地资源有限等因素影响烤烟连作现象仍然存在^[1-2]。连作打破了土壤生态环境平衡, 导致土壤肥力下降, 植株抗病力降低, 进而影响产量和品质^[3-5]。土壤微生物是表征土壤质量变化的敏感指标。研究表明, 随着连作年限增加, 作物根际土壤细菌、放线菌、真菌等微生物均呈现一定的变化趋势, 其中根际土壤细菌和放线菌的数量下降, 而真菌的数量则呈上升趋势^[6-7]。马铃薯连作在长期施肥与不施肥处理下, 根际土壤细菌群落种类和数量发生显著变化; 且随连作年限增加土壤中细菌和放线菌数量呈下降趋势, 真菌呈上升趋势, 土壤细菌、真菌和放线菌的差异在不同年限轮作与连作处理间差异均达极显著水平^[8-9]。烤烟连作减少了耕作层土壤细菌和放线菌数量, 增加了真菌数量, 且随连作年限的增加土壤细菌和放线菌数量呈明显下降趋势, 而真菌数量的变化表现出一定的滞后性^[10-11]。作物之间间作、套作和轮作是农业生产中重要的种植制度, 也是科学的用地养地生物学措施, 可以提高土地利用效率、增

加土地产出率。轮作和套作利用不同作物根系对土壤环境影响, 从而达到协调土壤养分和改善微生态环境, 确保良好的土壤质量状况。

烟蒜轮作和烟蒜套作种植模式作为烟农自发应用的种植制度, 表现为在一定程度上能缓解土壤连作障碍, 从而提高烤烟产质量。而系统探讨烟蒜轮作和烟蒜套作缓解土壤连作障碍的机理, 特别是微生物群落变化情况的研究未见报道。本研究以单作烤烟为对照, 综合分析烟蒜轮作和烟蒜套作两种种植模式在不同年度对植烟土壤微生物的影响, 为解决土壤连作障碍奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2012 年 10 月至 2014 年 10 月在贵州省遵义市湄潭县兴隆镇兴乐科技园进行。

1.2 供试材料

供试品种、供试土壤、供试肥料同参考文献[12]。

1.3 试验设计与处理

田间试验小区布置、处理设置及田间管理同参考

基金项目: 四川省科技支撑项目(2013NZ0044)和贵州省烟草公司遵义市公司科技项目(2012-05)资助。

* 通讯作者(litinx@263.net)

作者简介: 阳显斌(1983—), 男, 四川平昌人, 博士研究生, 主要从事作物养分高效利用研究。E-mail: yangxianb@aliyun.com

文献[12]。其中,CK、P0、P1 和 P2 分别代表单作大蒜、单作烤烟、烤烟与大蒜轮作、烤烟与大蒜套作。大蒜种植时间 2012 年 10 月 10 日—2013 年 4 月 28 日、2013 年 10 月 1 日—2014 年 4 月 25 日,播种方式为直播。在大蒜种植前,施用商品有机肥平衡地力,每公顷施用量为 1 500 kg。烤烟种植时间 2013 年 5 月 1 日—2013 年 9 月 30 日、2014 年 4 月 27 日—2014 年 9 月 28 日,每公顷施用烤烟专用复合肥基肥 825 kg、追肥 225 kg,烤烟每株留叶数为 20 片。

在烤烟下部叶成熟期、中部叶成熟期和上部叶成熟期,沿着烤烟植株根系周围挖开土壤取出完整的植物根系土块,轻轻抖动去掉附着在根系较松散土壤作为非根际土壤收集,后收集与根附着紧密的土壤(并用小毛刷将不能抖落的沾附在根上的土轻轻刷下并装入土袋)为根际土壤,土壤混匀、过筛于 4℃ 冰箱保存备用。

1.4 测定项目及分析方法

土壤微生物数量用平板涂抹法测定,细菌用牛肉膏蛋白胨培养基、真菌用马丁氏培养基、放线菌用改良的高氏 I 号培养基、解钾菌用硅酸盐培养基、解磷菌用磷酸三钙无机磷培养基^[13]。烤后烟叶分级依据国家标准 GB2635292 进行^[14]。

1.5 数据处理

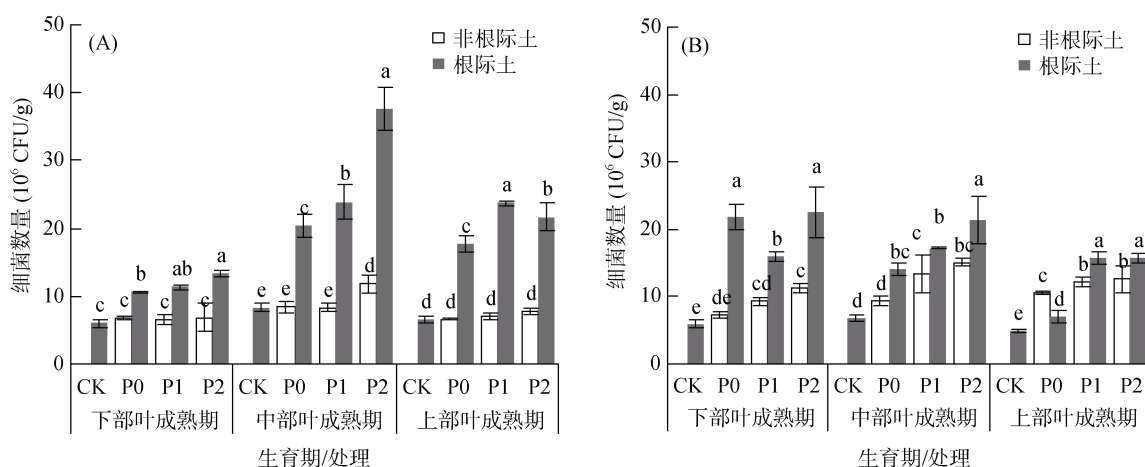
采用 DPS 11.5 和 Excel 2007 进行数据处理和图

表绘制,用 Duncan 法进行显著分析。

2 结果与分析

2.1 烟蒜轮作与套作对土壤细菌的影响

细菌是土壤有机物质和养分分解转化的主要参与者。由图 1 可以看出,不同年度、不同处理和不同生育时期烤烟根际土壤和非根际土壤的细菌含量均存在差异。2013 年和 2014 年,随生育时期推进,单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作处理细菌含量均表现出根际土壤含量高于非根际土壤,但 2014 年上部叶成熟期单作烤烟根际土壤细菌含量较非根际土壤降低了 33.06%。不同年度,中部叶成熟期和上部叶成熟期烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤细菌含量均表现出高于单作烤烟处理。中部叶和上部叶成熟期,烟蒜轮作和烟蒜套作根际土壤细菌数量较单作烤烟提高 17.22% 和 85.14%、25.34% 和 22.52% (2013 年),22.42% 和 52.14%、55.01% 和 123.62% (2014 年)。不同年度,烟蒜套作根际土壤细菌含量在下部叶成熟期和中部叶成熟期高于烟蒜轮作,分别是轮作处理的 1.17 倍和 1.58 倍(2013 年)、1.41 倍和 1.24 倍(2014 年),而上部叶成熟期这种现象不明显。以上表明,相对单作烤烟处理,烟蒜轮作和套作能够提高植烟土壤细菌数量,根际土壤效果更加突出。



(A. 2013 年; B. 2014 年; 图中小写字母不同表示同一生育期不同处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 下同)

图 1 不同种植方式对土壤细菌数量的影响

Fig. 1 Effects of different cropping systems on the number of bacteria

2.2 烟蒜轮作与套作对土壤真菌的影响

真菌是土壤碳素和能量循环主要参与者,同时也是导致作物产生病害的病原菌。由图 2 可知,不同年度不同处理根际与非根际土壤真菌含量变化趋势与细菌含量变化不同。2013 年根际与非根际土壤真菌

含量随生育时期推进而呈现下降趋势,2014 年则表现在中部叶成熟期含量最高;2013 年,在中部叶成熟期和上部叶成熟期非根际土壤真菌含量低于根际土壤,但 2014 年各个生育时期呈现高于根际土壤的趋势;不同年度,上部叶成熟期根际土壤真菌含量处

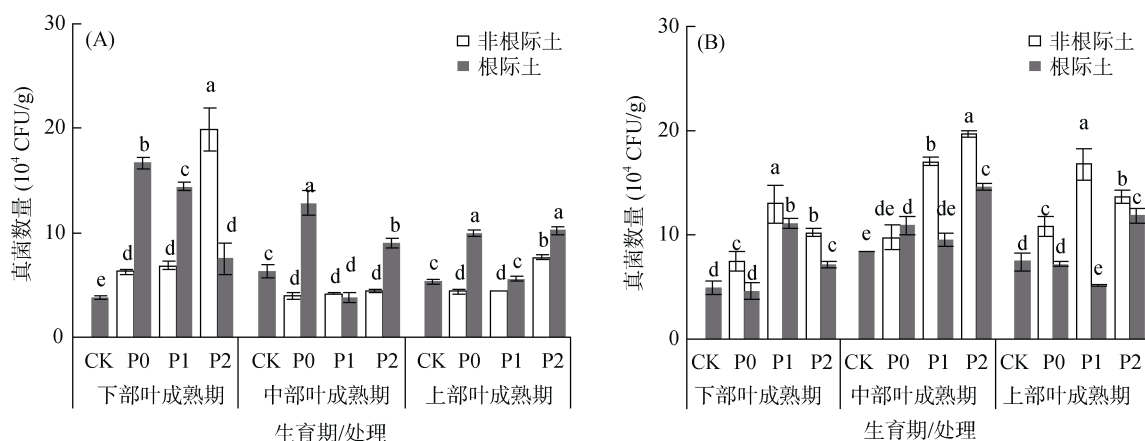


图 2 不同种植方式对土壤真菌数量的影响

Fig. 2 Effects of different cropping systems on the number of fungi

于较低水平。2013 年和 2014 年,在中部叶成熟期和上部叶成熟期根际土壤真菌数量均表现为烟蒜轮作处理最低。2014 年根际土壤真菌数量表现为烟蒜套作>烟蒜轮作>单作烤烟,烟蒜轮作和套作较单作烤烟分别提高了 73.81% 和 37.04%(下部叶成熟期)、75.99% 和 102.94%(中部叶成熟期)、55.40% 和 25.87%(上部叶成熟期)。2014 年下部叶成熟期和上部叶成熟期单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作非根际土壤真菌数量是根际土壤的 1.64 倍、1.17 倍、1.44 倍和 1.50 倍、3.26 倍、1.15 倍。以上结果表明,烟蒜轮作和烟蒜套作能够影响非根际和根际土壤真菌含量,对非根际土壤效果更为明显。

2.3 烟蒜轮作与套作对土壤放线菌的影响

放线菌具有较强分解复杂有机化合物的能力。由图 3 可以看出,2014 年不同生育时期不同处理根际土壤和非根际土壤放线菌数量均高于 2013 年,但都

表现出根际土壤大于非根际土壤、烟蒜轮作和烟蒜套作大于单作烤烟处理的趋势。2013 年随生育时期的增加,放线菌数量呈现增加的趋势,而 2014 年下部叶成熟期最高、中部叶和上部叶成熟期较低。2013 年,烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤放线菌数量是单作烤烟的 1.55 倍和 1.06 倍(下部叶成熟期)、1.86 倍和 2.17 倍(中部叶成熟期)、2.01 倍和 2.93 倍(上部叶成熟期)。2014 年,烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤放线菌数量是单作烤烟的 1.31 倍和 1.34 倍(下部叶成熟期)、1.15 倍和 1.35 倍(中部叶成熟期)、1.12 倍和 1.28 倍(上部叶成熟期)。2013 年中部叶成熟期、上部叶成熟期和 2014 年下部叶成熟期、中部叶成熟期、上部叶成熟期,根际土壤烟蒜套作放线菌数量较烟蒜轮作提高了 16.75%、45.75%、1.74%、17.72% 和 14.73%。以上结果表明,烟蒜轮作和烟蒜套作均能提高根际土壤放线菌的含量。

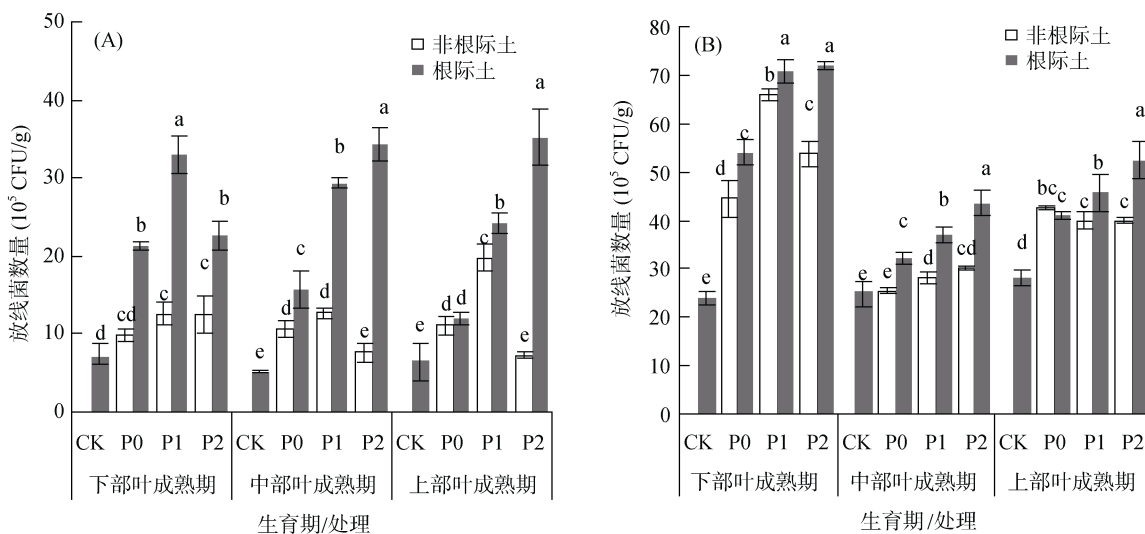


图 3 不同种植方式对土壤放线菌数量的影响

Fig. 3 Effects of different cropping systems on the number of actinomycetes

2.4 烟蒜轮作与套作对土壤解钾菌的影响

解钾菌能够分化铝硅酸盐和磷灰石类矿物,活化土壤中难溶性钾、磷、镁等养分。由图 4 可以看出,不同年度随生育期推进土壤解钾菌含量呈现增加的趋势,根际土壤含量高于非根际土壤。中部叶成熟期和上部叶成熟期,烟蒜轮作和烟蒜套作根际土壤解钾菌含量高于单作烤烟处理。2013 年,烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤解钾菌数量分别是单作烤烟的 1.59 倍和 1.23 倍(中部叶成熟期)、1.26 倍和 1.32 倍(上部叶成熟期);2014 年,烟蒜轮作和烟蒜套作处理根

际土壤解钾菌数量分别是单作烤烟的 1.69 倍和 1.45 倍(中部叶成熟期)、1.41 倍和 1.29 倍(上部叶成熟期)。2013 年和 2014 年,在中部叶成熟期和上部叶成熟期烟蒜轮作根际土壤解钾菌含量高于烟蒜套作处理,但 2014 年的趋势更加明显。2014 年,下部叶成熟期、中部叶成熟期和上部叶成熟期烟蒜轮作根际土壤解钾菌数量较烟蒜套作提高了 28.07%、16.17% 和 9.94%。以上结果表明,相对单作烤烟,烟蒜轮作和烟蒜套作能够提高根际土壤解钾菌数量,改善根际营养环境。

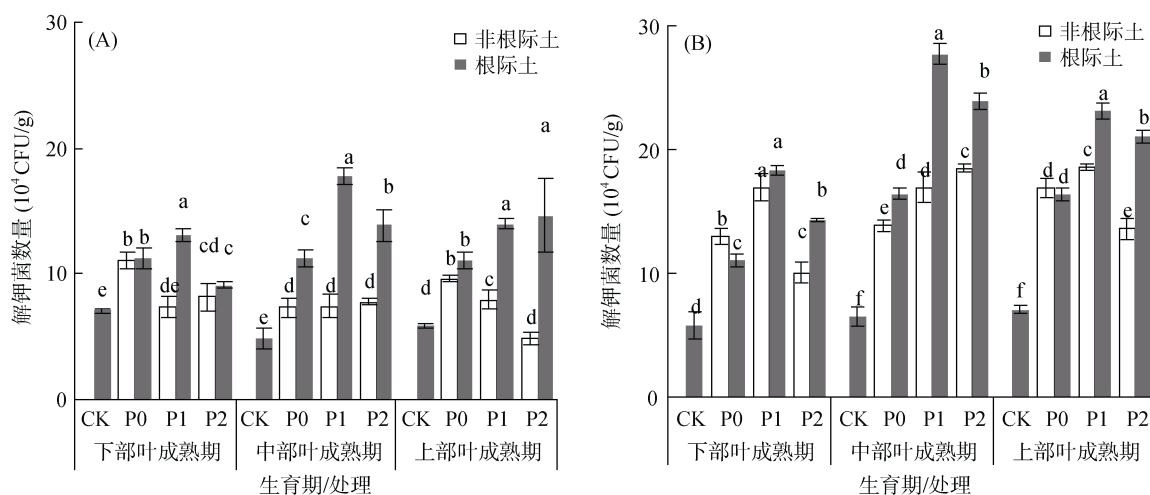


图 4 不同种植方式对土壤解钾菌数量的影响

Fig. 4 Effects of different cropping systems on the number of potassium bacteria

2.5 烟蒜轮作与套作对土壤解磷菌的影响

解磷菌能将土壤中植物难以吸收利用的非有效态磷转化成有效态磷,从而提高土壤中磷素的生物有效性。由图 5 可以看出,不同年度单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际与非根际土壤解磷菌含量随

生育期推进呈增加的趋势,根际土壤大于非根际土壤。2013 年,下部叶成熟期烟蒜轮作、烟蒜套作根际土壤解磷菌含量和单作烤烟差异不显著,而中部叶成熟期和上部叶成熟期含量显著高于单作烤烟,分别是单作烤烟的 1.91 倍和 1.35 倍、1.77 倍和 2.35 倍。

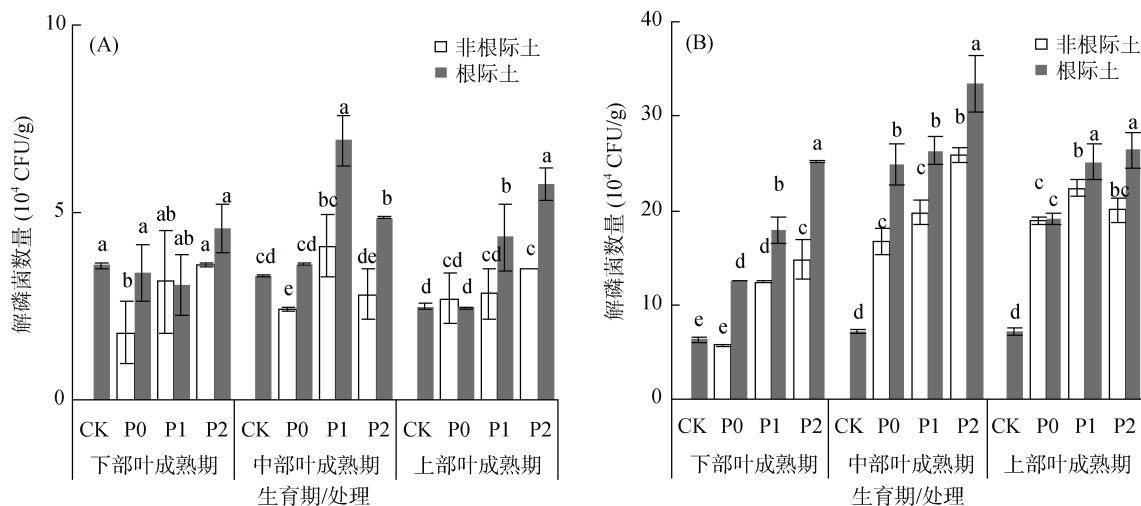


图 5 不同种植方式对土壤解磷菌数量的影响

Fig. 5 Effects of different cropping systems on the number of phosphate solubilizing bacteria

2014 年,不同生育时期烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤解磷菌含量高于单作烤烟处理,下部叶成熟期、中部叶成熟期和上部叶成熟期分别是单作烤烟的 1.43 倍和 2.01 倍、1.06 倍和 1.34 倍、1.32 倍和 1.38 倍。2013 年和 2014 年,不同生育时期烟蒜轮作和烟蒜套作处理非根际土壤解磷菌含量表现出高于单作烤烟的处理,2014 年尤为突出。以上结果表明,烟蒜轮作和烟蒜套作处理均能提高根际土壤和非根际土壤解磷菌含量,但提高根际土壤解磷菌含量效果更为明显。

2.6 烟蒜轮作与套作对烟叶产质量的影响

烤烟产量和质量是衡量土地生产力及土壤质量状况最为直观的表征指标。由图 6 可以看出,不同年度单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作烟叶产量存在显著

差异,且均表现出烟蒜轮作>烟蒜套作>单作烤烟的趋势。单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作,2013 年小区烟叶产量 6 438.50、8 694.45 与 7 568.37 g,2014 年为 4 363.56、6 877.02 与 5 536.76 g;2013 年烟蒜轮作、烟蒜套作烟叶产量是单作烤烟的 1.35 倍和 1.18 倍,2014 年则是单作烤烟的 1.58 倍和 1.27 倍。2013 年单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作上中等烟率为 67.75%、73.64%、71.64%,烟蒜轮作与套作较单作烤烟提高了 5.88 和 3.88 个百分点,2014 年单作烤烟、烟蒜轮作和烟蒜套作上中等烟率为 61.87%、71.23%、69.58%,烟蒜轮作与套作较单作烤烟提高了 9.36 和 7.72 个百分点。以上结果表明,烟蒜轮作和烟蒜套作较单作烤烟更能提高烟叶产量和等级质量。

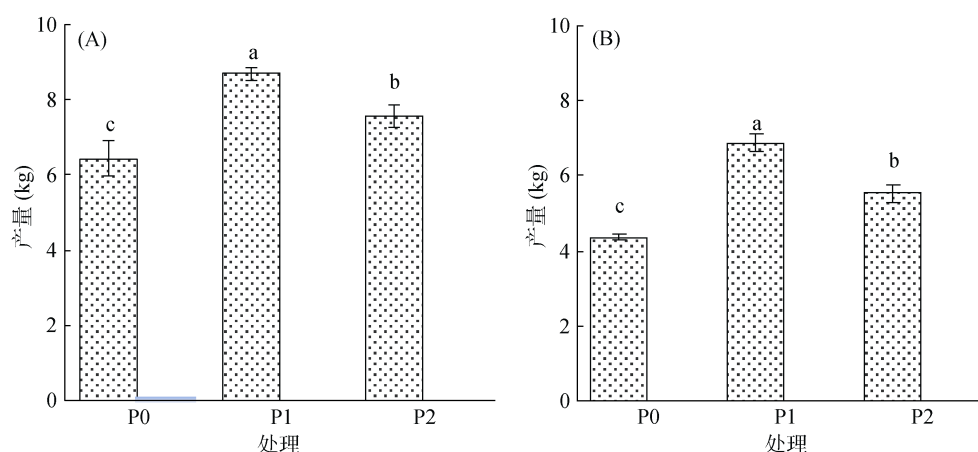


图 6 不同种植方式对烤烟产量的影响

Fig. 6 Effects of different cropping systems on the tobacco yield

3 讨论

本研究以单作烤烟为对照,探讨不同年度烟蒜轮作和烟蒜套作对烤烟根际土壤和非根际土壤微生物群落数量的影响,通过年度间和不同生育时期的数据对比分析发现,轮作和套作处理能够改善植烟土壤微生物群落结构,使土壤微环境处于较好的状态。

研究表明,间套作可以改变和提高作物根际和非根际土壤微生物数量^[15]。轮作豆科牧草对连作马铃薯土壤的可培养微生物菌群及数量分布均有明显的促进作用,土壤真菌数量下降,土壤微生物菌群从真菌型向细菌型转化^[16];而间套作玉米处理的线辣椒根际土壤的真菌、细菌、放线菌数量和细菌/真菌、放线菌/真菌均大于单作处理,且其根际土壤微生物量碳和生物量氮比在相同生育期增加 14.2%~54.0% 和 10.6%~54.7%^[17]。蒜棉、麦棉套作通过提高棉田土壤中细菌、放线菌的数量,并抑制真菌的增殖,从而有效抑制棉田土壤连作障碍的发生^[18];轮

套作增加了黄瓜根际土壤细菌种群的数量和种类,提高了土壤细菌种群多样性指数、均匀度指数^[19-20];绿-烟和豆-烟复种模式下,植烟生长期根区土壤微生物量碳高于麦-烟复种及冬闲连作地^[21],而也有研究表明短时间内轮作细菌数量显著低于连作^[22]。本研究表明,烟蒜轮作和烟蒜套作均能改变植烟土壤细菌、真菌和放线菌的数量,不同种植模式微生物结构的差异不但存在于根际土壤和非根际土壤,在不同生育时期也不尽相同。相对于单作烤烟,烟蒜轮作和烟蒜套作处理根际土壤细菌和放线菌数量较高,这有利于提高土壤养分有效性;而烟蒜轮作和烟蒜套作根际和非根际真菌数量并未表现出显著高于单作处理,这可能与真菌既可提高土壤物质转化利用,也可导致病菌繁衍的双重关系有关。烟蒜轮作和烟蒜套作处理在 2013 年度和 2014 年度的上部叶成熟期细菌和放线菌含量高于单作烤烟处理,表明轮作和套作在作物生育后期细菌和放线菌活性仍然较强。

土壤中解钾菌和解磷菌在土壤物质转化及养分

活化利用方面作用突出。龚霞等^[23]研究表明,土壤有效磷与有机解磷菌数量呈显著正相关,但与无机解磷菌数量相关性不显著。也有研究表明解磷菌与土壤多种养分呈正相关,钾细菌与速效磷和全磷含量显著相关^[24]。土壤中解钾菌和解磷菌的含量不但受施肥影响,也受同作物连作年限的影响。化肥配施有机肥处理显著提高了无机磷细菌和钾细菌的数量,分别是不施肥处理的1.15倍和1.02倍^[25];而随着连作年限的增加真菌数量有所增长,细菌、放线菌、固氮细菌、无机磷细菌、解钾细菌数量减少^[26]。本研究表明,不同年度不同处理根际和非根际土壤解磷菌、解钾菌含量在不同生育时期均有差异,且随生育时期的推进呈现先增加后减少的趋势,这可能与烤烟不同生育时期对养分吸收量不同导致土壤根际养分亏缺有关。烟蒜轮作和烟蒜套作根际土壤解钾菌和解磷菌含量在不同生育时期均高于单作烤烟处理,表明轮作和套作根际土壤微生物环境有利于烤烟对养分吸收利用和维持养分平衡状态。非根际土壤解磷菌在烟蒜轮作、烟蒜套作和单作烤烟处理间含量变化趋势与根际土壤相似,可能与磷元素在土壤移动性差、易固定为无效态有关。

本研究表明,烟蒜轮作和烟蒜套作处理产质量在不同年度均表现出高于单作烤烟处理,但是2014年度不同处理下的烟叶产量高于2013年,这可能与自然气候条件有关。而2014年单作烤烟处理烟叶田间长势较2013年差,遭受黑胫病和青枯病的烟株数量增加,这与连作年限增加有关。本研究还表明,烟蒜轮作和烟蒜套作能显著提高根际土壤中细菌、放线菌、解磷菌和解钾菌的数量,与烟蒜轮作和烟蒜套作处理下根际土壤有机质和速效养分含量较高研究结果一致^[12]。以上结果表明,套作和轮作能改善土壤根际微环境,提高植株抵抗力和活力,增加养分利用效率,从而提高烟叶产量和等级质量。

土壤微生物受光照、降雨、温度等自然条件的影响,关于烟蒜轮作和烟蒜套作年限对土壤微生物结构变化趋势还有待进一步研究。

4 结论

相对单作烤烟处理,烟蒜轮作和套作种植模式能够提高烤烟根际土壤的细菌、放线菌、解钾菌和解磷菌的数量,亦能提高土壤真菌数量及提高烟叶产量和等级质量。烟蒜轮作和烟蒜套作种植模式能改良土壤根际环境微生物结构,协调土壤养分环境,维持良好的土壤质量状态。

参考文献:

- [1] 刘巧真,郭芳阳,吴照辉,等. 烤烟连作土壤障碍因子及防治措施[J]. 中国农学通报, 2012, 28(10): 87-90
- [2] 晋艳,杨宇虹,段玉琪,等. 烤烟轮作、连作对烟叶产量质量的影响[J]. 西南农业学报, 2004, 17(z1): 267-271
- [3] 邓阳春,黄建国. 长期连作对烤烟产量和土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 6(4): 840-845
- [4] Aparicio V, Costa J L. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 96: 155-165
- [5] 杨玉惠,杨思存,王成宝,等. 连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜产量和品质的影响[J]. 土壤, 2014, 46(1): 83-87
- [6] 华菊玲,刘光荣,黄劲松. 连作对芝麻根际土壤微生物群落的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2 936-2 942
- [7] 谷岩,邱强,王振民,等. 连作大豆根际微生物群落结构及土壤酶活性[J]. 中国农业科学, 2012, 45(19): 3 955-3 964
- [8] 李国庆,郭华春. 连作对马铃薯根际土壤细菌群落结构的影响[J]. 分子植物育种, 2014, 12(5): 914-928
- [9] 谭雪莲,郭晓冬,马明生,等. 连作对马铃薯土壤微生物区系和产量的影响[J]. 核农学报, 2012, 26(9): 1 322-1 325
- [10] 李鑫,张秀丽,孙冰玉,等. 烤烟连作对耕层土壤酶活性及微生物区系的影响[J]. 土壤, 2012, 44(3): 456-460
- [11] 焦永吉,程功,马永健,等. 烟草连作对土壤微生物多样性及酶活性的影响[J]. 土壤与作物, 2014, 3(2): 56-62
- [12] 阳显斌,李廷轩,张锡洲,等. 烟蒜轮作与套作对土壤农化性状及烤烟产量的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(5): 980-985
- [13] 李振高,骆永明,腾应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008
- [14] 中国烟草总公司,郑州烟草研究院. 烤烟[P]. 北京: 中国标准出版社, 1992
- [15] Song Y N, Zhang F S, Marschner P. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.) [J]. Biology and Fertility of Soils, 2007, 43(5): 565-574
- [16] 曹莉,秦舒浩,张俊莲,等. 轮作豆科牧草对连作马铃薯田土壤微生物菌群及酶活性的影响[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 139-145
- [17] 徐强,刘艳君,陶鸿. 间套作玉米对线辣椒根际土壤微生物生态特征的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(9): 1 078-1 087
- [18] 赵庆龙,宋宪亮,孙学振,等. 蒜棉、麦棉套作对土壤微生物数量及相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1 474-1 480
- [19] 吴凤芝,王澍,杨阳. 轮套作对黄瓜根际土壤细菌种群的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2 717-2 722
- [20] 庄岩,吴凤芝,杨阳,等. 轮套作对黄瓜土壤微生物多样性及产量的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 204-209

- [21] 官会林, 郭云周, 张云峰, 等. 绿肥轮作对植烟土壤酶活性与微生物量碳和有机碳的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19(10): 2 366–2 371
- [22] 高扬, 高小丽, 马瑞瑞, 等. 轮作连作荞麦田主要微生物类群及土壤酶活性变化[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(4): 47–53
- [23] 龚霞, 牛德奎, 赵晓蕊, 等. 植被恢复对亚热带退化红壤区土壤化学性质与微生物群落的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 1 094–1 100
- [24] 张书泰, 杨秋明, 陈钦, 等. 福建南平不同植烟土壤微生物数量与养分状况分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(31): 76–81
- [25] 杨宇虹, 晋艳, 黄建国, 等. 长期施肥对植烟土壤微生物的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1 186–1 193
- [26] 范君华, 龚明福, 刘明, 等. 棉花连作对土壤养分、微生物及酶活性的影响[J]. 塔里木大学学报, 2008, 20(3): 72–76

Effects of Tobacco Garlic Crop Rotation and Tobacco Garlic Crop Intercropping on Soil Microbial Groups in Tobacco Fields

YANG Xianbin^{1,2}, LI Tingxuan^{1*}, ZHANG Xizhou¹, CHEN Dairong²,
LIANG Yongjiang², ZHANG Changhua²

(1 College of Resources, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130, China;

2 Technical Center of Zunyi Branch Company of Guizhou Tobacco Company, Zunyi, Guizhou 563000, China)

Abstract: The field experiment was conducted to investigate the effects of tobacco garlic crop rotation and tobacco garlic crop intercropping on the bacteria, fungi, actinomycetes, potassium bacteria and phosphate solubilizing bacteria in rhizosphere soil and bulk soil at different mature stages in different years, and tobacco monoculture treatment was used as control. Results showed that, the numbers of bacteria in rhizosphere soil for the tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were greater than that of tobacco monoculture and this was more evident with increasing in growth period. The bacteria numbers in rhizosphere soil for tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were 1.41 and 1.24 times that of tobacco monoculture in 2014. The rhizosphere soil had the fewest fungi number for tobacco garlic crop rotation treatment at mature stage of middle leaf and upper leaf. But fungi number in non-rhizosphere soil for the tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were higher than that of tobacco monoculture. The actinomycetes number in rhizosphere soil for the tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were 2.01 and 2.93 times in 2013, and 1.12 and 1.28 times that of tobacco monoculture treatment in 2014. The numbers of the potassium bacteria and phosphate solubilizing bacteria in rhizosphere soil for the tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were significantly higher than that of tobacco monoculture from intermediate to final growth period, and the same trend was observed for phosphate solubilizing bacteria in non-rhizosphere soil. The tobacco yield and ratio of the middle and superior classes of tobacco leaves for tobacco garlic crop rotation and intercropping treatment were significantly higher than that of tobacco monoculture treatment in different years. The systems of tobacco garlic crop rotation and intercropping can improve the microbial structure and quality of the rhizosphere soil.

Key words: Tobacco garlic crop rotation; Tobacco garlic crop intercropping; Tobacco monoculture; Soil microbial groups; Yield