

轮作和高温闷地在克服蔬菜连作障碍上的应用

骆晶晶¹, 习平根^{1*}, 陈昱帆¹, 黄绍宁², 杨丽君², 阮兆英², 李敏慧¹, 姜子德¹

(1. 华南农业大学农学院/广东省微生物信号与作物病害防控重点实验室, 广州 510642;

2. 深圳市农业科技促进中心, 深圳 518040)

摘要:连作障碍已成为当前蔬菜生产上的一个重要问题,为改善土壤理化性质和增加微生物量以克服蔬菜连作障碍,在深圳福田郊区的农科推广中心同乐蔬菜基地选择了蔬菜连作多年的田块,分别采用了水稻蔬菜轮作和利用夏季高温在地面短期覆盖塑料薄膜进行高温闷地技术,通过观测土壤中微生物含量和土壤理化性质的变化,分析这2种措施对蔬菜连作地的改良效果。结果显示:水旱轮作和夏季短期高温闷地均能改善土壤养分含量,尤其是提高土壤中速效钾的含量,并降低土传病原微生物的含量;高温闷地措施能显著提高土壤微生物的含量,其中细菌和放线菌的含量增幅明显,而水旱轮作措施对土壤微生物的影响较小。该研究表明水旱轮作和高温闷地措施在不同程度上改善了土壤微生物种群及土壤理化性质,在探索克服蔬菜连作障碍方法的方面具有较好的示范和推广应用价值。

关键词:水旱轮作;高温闷地;土壤微生物;蔬菜连作障碍

中图分类号:S436.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2017)04-0010-03

Application of Paddy-upland Rotation and Soil Mulching with Solarization on Overcoming Vegetable Continuous Cropping Obstacle

LUO Jing-jing¹, XI Ping-gen^{1*}, CHEN Yi-fan¹, HUANG Shao-ning², YANG Li-jun², RUAN Zhao-ying², LI Min-hui¹, JIANG Zi-de¹

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University/Guangdong Province Key Laboratory of Microbial Signals and Disease Control, Guangzhou 510642, China; 2. Shenzhen Agricultural Technology Extension Station, Shenzhen 518040, China)

Abstract: The obstacle of continuous cropping has become an important problem in vegetable production at present. To improve the soil physicochemical properties and microbial biomass, two measures were applied respectively with paddy-upland rotation and soil mulching with solarization in the summer in suburban areas of Shenzhen. The results shows that both of two measures can improve the soil nutrition, especially the content of available potassium in soil, and can reduce soil-borne pathogens respectively. The method of soil mulching with solarization can significantly increase the content of soil microbe, especially the amount of bacteria and actinomycetes, while the effect of paddy-upland rotation on soil microorganism is less. This indicates that these two improvement measures may be a useful attempt to overcome the problem of vegetable continuous cropping obstacles and deserve extension and practice.

Keywords: paddy-upland rotation; soil mulching with solarization; soil microorganism; continuous cropping obstacles

近年来,蔬菜连作障碍及土壤退化问题日益突出,已成为现代农业可持续发展中的一个亟待解决的瓶颈问题。克服和减轻连作障碍,提高蔬菜产量和品质,已成为蔬菜高效生产的重要课题。目前,克服蔬菜连作障碍的主要措施包括合理轮作、科学施肥、使用微生物菌肥、改善土壤团粒结构、土壤熏蒸消毒灭

菌处理及高温闷棚等,其中轮作^[1-4]是世界各地普遍采用的农田用养结合、增加作物产量的一项重要措施,而水旱轮作是其重要类型,尤以水稻和其它作物的轮作为多^[5-8]。同时,在高温季节利用农田休闲换茬期进行地膜短期覆盖土壤,通过日晒升温作用从而达到土壤消毒的效果^[9-13],也被常作为恢复土壤肥力、克服连

收稿日期:2016-03-27

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项经费(201003004);深圳市科技创新委员会基础研究项目(JCYJ20120612151146170)。

作者简介:骆晶晶(1986—),女,湖南长沙人,硕士,研究方向:植物病原真菌。*为通信作者。

作障碍的一项有效措施。本研究利用水稻与蔬菜轮作及高温闷地技术修复连作土壤,通过对比其对土壤理化性质及土壤微生物的影响,从而评估措施的有效性,具有重要的借鉴和推广意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料

有机肥主要成分为鸡粪,由云浮市绿兴复合肥料有限公司生产。菌肥主要微生物为芽孢杆菌,由北京世纪万业源生物工程技术有限公司生产。位于深圳福田郊区的农业科技推广中心蔬菜所的同乐基地,常年种植黄瓜,有简易塑料薄膜大棚遮荫,地势地洼,土壤板结,产量低。为改良这种土壤状况,选取了该基地的4块面积约为111 m²的连作蔬菜地作为试验样地,按常规方法测定土壤理化性状。

1.2 试验处理

试验共设置4个处理,分别为处理I——水稻与蔬菜轮作(上半年按常规种植水稻,下半年按常规种植蔬菜)处理,处理II——有机肥+石灰高温闷地,处理III——有机肥+石灰+菌肥高温闷地和对照——不作任何处理,其中处理II、处理III和对照样地在上半年均按常规种植蔬菜。于水稻收割翻地后即7月中旬开始进行集中处理,9月按五点采样法每点采集表层(0~20 cm)土样500 g,混匀密封塑料袋中,带回实验室保存在4℃冰箱中待分析,保存时间不超过1个月^[14]。

1.3 高温闷地

选择4块面积分别约为111 m²的连作地作为试验样地,利用夏季高温时段,处理II为撒施25 kg生石灰+250 kg有机肥/整块地;处理III处理撒施25 kg生石灰+250 kg有机肥+8 kg微生物菌肥/整块地。用旋耕犁旋一遍,使石灰、有机肥、菌肥搅拌均匀;土地深翻30 cm;浇透水,盖上黑地膜,保持1个月左右;去掉地膜后,耕地一遍,并裸地晾晒一周。

1.4 土壤微生物的含量测定

采用稀释平板法进行土壤微生物的分离,取100 μL稀释液(3大类微生物的稀释倍数分别为:真菌10⁻¹~10⁻³;放线菌10⁻²~10⁻⁴;细菌10⁻³~10⁻⁵)分别涂布在对应的分离培养基上,每个稀释度重复3次。细菌采用LB培养基,28℃培养36~48 h;真菌采用链霉素-马铃薯琼脂培养基,26℃培养2~5 d;放线菌采用重铬酸钾改良后的高氏I号培养基,28℃培养6~8 d;各自计算菌落形成单位。

1.5 土壤中土传病原菌的测定

吸取1 mL 10⁻¹土壤稀释液加入到选择性燕麦

培养基中^[15],采用混菌法^[16]分离土传病原菌(主要是腐霉菌和疫霉菌),26℃培养1~2 d,镜检并计数。

1.6 数据处理

采用SAS 9.0和Excel软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同措施对土壤理化性质的影响

从表1可以看出,水旱轮作处理能提高土壤中的有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾的含量,其中速效钾成分较之对照提高了4倍。未加菌肥的高温闷地处理提高了土壤中有有机质、全氮、速效钾、交换性钙和交换性镁的含量,其中交换性镁成分较之对照提高了2倍多;而加菌肥的高温闷地处理使得土壤中速效钾、交换性钙和交换性镁的含量升高。总体上看,3个处理均能使速效钾成分含量提高,且增幅明显;2个高温闷地处理均提高了土壤中速效钾、交换性钙和交换性镁的含量。

表1 不同处理措施对土壤养分含量的影响

处理	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	交换性钙/ (mg·kg ⁻¹)	交换性镁/ (mg·kg ⁻¹)
I	6.42	14.1	0.812	66.2	297	167	1 147	59.5
II	6.93	13.7	0.814	54.7	182	185	1 942	207
III	7.03	11.4	0.712	46.1	171	134	1 648	197
对照	7.08	12.0	0.786	54.0	207	40.3	1 590	89.0

注:对照代表不作任何处理。

2.2 不同措施对土壤微生物含量的影响

由图1可知,蔬菜与水稻的水旱轮作措施并未对土壤微生物产生显著的影响,轮作土壤中细菌、放线菌和真菌的含量较之对照均没有明显的变化,而两种高温闷地措施显著($P < 0.05$)提升了细菌、放线菌和真菌的含量,与对照和轮作均差异显著($P < 0.05$)。其

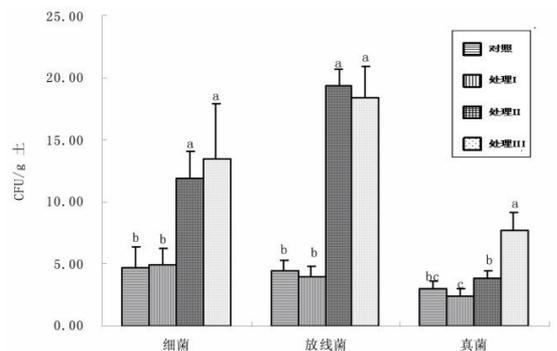


图1 不同处理措施对土壤3大类微生物含量的影响

注:细菌CFU/g土的数量级为10⁶;放线菌CFU/g土的数量级为10⁵;真菌CFU/g土的数量级为10³。采用Duncan新复极差法进行方差分析,不同字母表示差异显著($P = 0.05$)。

中,未加菌肥的高温闷地土壤中细菌和放线菌含量分别高达 11.89×10^6 和 19.44×10^5 CFU/g 土,是对照的3倍和4倍;加菌肥的和未加菌肥的高温闷地措施之间的细菌和放线菌含量差异不显著($P > 0.05$),但加菌肥的高温闷地措施显著($P < 0.05$)提高了土壤中真菌的含量,其含量为 7.64×10^3 CFU/g 土。总而言之,高温闷地措施对土壤微生物的效果显著,而轮作措施对其影响较小。

3.3 不同措施对土传病原菌的影响

土传病害是引起连作障碍的一个主要原因,采用不同处理措施对土传病原菌(腐霉和疫霉)进行研究,结果表明:水旱轮作和高温闷地技术均能显著降低($P < 0.05$)土壤中腐/疫霉的含量,但2种措施之间的疫/腐霉含量没有明显($P > 0.05$)的差别。对照组腐/疫霉含量高达 36.59 CFU/g 土,而轮作和加菌肥高温闷地2个处理中采集的土壤中并未分离到腐/疫霉,且未加菌肥的高温闷地土壤中的腐/疫霉含量也仅为 3.90 CFU/g 土,说明这些措施均能很好地降低土壤中腐/疫霉的含量,从而改良蔬菜土壤。

4 结论与讨论

本研究通过对蔬菜连作土壤进行不同处理,主要从土壤微生物种群和土壤理化性质的变化方面来阐述其对连作土壤改良的效果。在对土壤微生物种群影响方面,本研究结果显示2种高温闷地处理均能显著提升土壤中细菌、放线菌和真菌的含

量。土壤连作障碍的一种表现就是土传病原菌的累积,而已有研究证明放线菌的增多有利于土壤中抗菌素和激素类物质的增加,对各种土传病害起一定的抑制作用^[17]。本研究结果也显示对于土传病原菌的影响方面,轮作和高温闷地2种措施均具有较好的抑制作用。这意味着本研究中上述两种措施,特别是2种高温闷地处理具有克服土壤连作障碍的作用。本研究结果还显示蔬菜与水稻轮作措施对土壤微生物的影响较小,这与前人^[2]的研究结果不一致,可能是因为轮作时间仅有一年,还不足以显著影响其微生物的含量。在对土壤理化性质的影响方面,本研究结果显示水旱轮作和高温闷地2种措施均能提高土壤中速效钾的含量;而钾是作物体内60多种酶的活化剂,且对作物C、N代谢有明显的调节作用,从而影响作物的产量^[18]。因此,本研究结果表明通过提高土壤微生物的含量和改善土壤理化性质达到了对连作土壤改良的效果。土壤微生物在促进土壤有机质转化和土壤养分循环方面起着重要作用^[19-20]。微生物一方面分解有机物质形成腐殖质并释放养分,另一方面又转化土壤碳素和固定无机营养元素形成微生物量^[21-22]。土壤微生物量是反映土壤微生物活性、土壤养分和土壤质量的重要表征^[23-24]。因此,研究其数量及土壤养分对于完善连作土壤改良措施有重要的意义。综上所述,水旱轮作和高温闷地措施对于解决蔬菜连作障碍均具有良好的效果,为蔬菜地的可持续发展提供了重要的参考。

参考文献:

- [1] HICKMAN M V. Long Term Tillage and Crop Rotation Effects on Soil Chemical and Mineral Properties[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(7): 1457-1470.
- [2] 吴艳飞,张雪艳,李元,等.轮作对黄瓜连作土壤环境和产量的影响[J].园艺学报, 2008, 35(3): 357-362.
- [3] 王劲松,樊芳芳,郭珺,等.不同作物轮作对连作高粱生长及其根际土壤环境的影响[J].应用生态学报, 2016, 27(7): 2283-2291.
- [4] 张维乐,戴志刚,任涛,等.不同水旱轮作体系秸秆还田与氮肥运筹对作物产量及养分吸收利用的影响[J].中国农业科学, 2016, 49(7): 1254-1266.
- [5] 徐培智,解开治,陈建生.一季中晚稻的稻菜轮作模式对土壤酶活性及可培养微生物群落的影响[J].植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 923-928.
- [6] 郭宏波,张跃进,梁宗锁,等.水旱轮作减轻三七连作障碍的潜势分析[J].云南农业大学学报(自然科学版), 2017, 32(1): 161-169.
- [7] 杨滨娟,孙松,陈洪俊,等.稻田水旱轮作系统的能值分析和可持续性评价[J].生态科学, 2017, 36(1): 123-131.
- [8] GATHALA M K, LADHA J K, SAHARAWAT Y S, *et al.* Effect of Tillage and Crop Establishment Methods on Physical Properties of a Medium-textured Soil under a Seven-year Rice-wheat Rotation[J]. Soil Science Society of America Journal, 2011, 75(5): 1851-1862.
- [9] 张光明,王翠花.高温闷棚克服设施蔬菜连作障碍[J].长江蔬菜, 2005(7): 12-13.
- [10] SCOPA A, CANDIDO V, DUMONTET S, *et al.* Repeated Solarization and Long-term Effects on Soil Microbiological Parameters and Agronomic Traits[J]. Crop Protection, 2009, 28(10): 818-824.
- [11] KLEIN E, KATAN J, GAMLIEL A. Soil Suppressiveness to Fusarium Disease Following Organic Amendments and Solarization[J]. Plant Disease, 2011, 95(9): 1116-1123.

成自由水,更好地促进了土体的固结排水。因此,CO₂在超临界状态下处理土体,会产生一个效果上的突变,提高了脱水的效率。

4 结论

通过试验表明:

(1) CO₂在超临界状态下的脱水效果明显优于非超临界状态;超临界 CO₂处理后的土体,结合水的含量明显降低;由于超临界 CO₂对于结合水良好的脱水效果,也可用于膨润土这样高结合水含量的土体。

(2)该研究中超临界 CO₂对土体的脱水机理并未完全揭示,到底是 CO₂的萃取作用还是驱替作用占主导,这些有待进一步研究。

(3)本文首次把超临界 CO₂与不同土体结合在一起,不仅在理论上是一个创新,而且把超临界 CO₂引入到了土体的处理方法。

(4)由于 CO₂对土体结合水的脱水效果良好,因此,可以利用此优点,加速土体的固结排水。对于一些较深的土体,内部的压力和温度已经达到了 CO₂的超临界条件,可用于较深的地层,以及垃圾填埋场的加速固结稳定等。

参考文献:

- [1] MASOUDIEN M, AIREY D W, EL-ZEIN A. A Chemo-poro-mechanical Model for Sequestration of Carbon Dioxide in Coalbeds[J]. *Géo technique*, 2013, 63(3):235-243.
- [2] CANDELA T, BRODSKY E E, MARONE C, *et al.* Laboratory Evidence for Particle Mobilization as a Mechanism for Permeability Enhancement via Dynamic Stressing[J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 2014, 392:279-291.
- [3] 王倩倩,张登峰,王浩浩,等.封存过程中二氧化碳对煤体理化性质的作用规律[J]. *化工进展*, 2015, 34(1):258-265.
- [4] LI Y, HU L, SHEN Z, *et al.* The Effects of Brine Concentration on the Formation of Residual Water[J]. *Procedia Earth & Planetary Science*, 2013, 7(3):496-499.
- [5] 梁永煌,满瑞林,王宜飞,等.饱水竹木漆器的超临界CO₂脱水干燥研究[J]. *应用化工*, 2011, 40(5):839-841.
- [6] FRANICH R A, GALLAGHER S, KROESE H. Dewatering Green Sapwood Using Carbon Dioxide Cycled between Supercritical Fluid and Gas Phase[J]. *Journal of Supercritical Fluids*, 2014, 89(89):113-118.

(上接第12页)

- [12] BASALLOTE-UREBA M J, VELA-DELGADO M D, CAPOTE N, *et al.* Control of Fusarium Wilt of Carnation using Organic Amendments Combined with Soil Solarization, and Report of Associated Fusarium Species in Southern Spain[J]. *Crop Protection*, 2016(89):184-192.
- [13] KANAAN H, MEDINA S, RAVIV M. The Effects of Soil Solarization and Compost on Soil Suppressiveness against Fusarium Oxysporum f. sp. Melonis[J]. *Compost Science & Utilization*, 2017, 25(3):206-210.
- [14] VIEIRA F C, NAHAS E. Comparison of Microbial Numbers in Soils by using Various Culture Media and Temperatures[J]. *Microbiological Research*, 2005, 160(2):197-202.
- [15] 郑小波. 疫霉菌及其研究技术[M]. 北京:中国农业出版社, 1997.
- [16] 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.
- [17] 申卫收, 林先贵, 张华勇, 等. 不同施肥处理下蔬菜塑料大棚土壤微生物活性及功能多样性[J]. *生态学报*, 2008, 28(6): 2682-2689.
- [18] FERNANDEZ F G, BROUDER S M, BEYROUTY C A, *et al.* Assessment of Plant-available Potassium for No-till, Rainfed Soybean[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2008, 72(4):1085-1095.
- [19] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. *土壤*, 1997(2):61-69.
- [20] OBERSON A, FRIESEN D K, RAO I M, *et al.* Phosphorus Transformations in an Oxisol under Contrasting Land-use Systems: The Role of the Soil Microbial Biomass[J]. *Plant and Soil*, 2001, 237(2):197-210.
- [21] 高云超, 朱文珊, 陈文新. 土壤微生物量周转的估算[J]. *生态学杂志*, 1993, 12(6):6-10.
- [22] 姚槐应, 何振立, 陈国潮, 等. 红壤微生物量在土壤-黑麦草系统中的肥力意义[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(6):725-728.
- [23] NICOLAS F, STEPHAN H, NATHALIE F. Litter Fingerprint on Microbial Biomass, Activity, and Community Structure in the Underlying Soil[J]. *Plant and Soil*, 2014, 379(1):79-91.
- [24] CRISTINA A, LUIS M, VICTORIA G R, *et al.* Soil Nutrients and Microbial Biomass in Three Contrasting Mediterranean Forests[J]. *Plant and Soil*, 2014, 380(1-2):57-72.