

烟草连作障碍研究进展

张继光^{1,2}, 申国明^{1*}, 张久权¹, 张忠锋¹, 石屹¹, 李世博³, 刘海伟¹, 时鹏¹

(1.农业部烟草类作物质量控制重点开放实验室, 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101; 2.土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 3.山东日照烟草有限公司五莲分公司, 山东 五莲 262300)

摘要:烟草生产中的连作种植导致产量和品质的下降已引起广泛关注。从烟田土壤营养失调、烟草根系分泌物积累、土壤微环境及微生物区系变化等角度阐述了烟草连作障碍的产生机理, 介绍了当前治理烟草连作障碍的各项调控措施, 并对烟草连作障碍领域的研究及技术发展方向进行了展望。

关键词:烟草; 连作障碍; 营养失调; 根系分泌物; 土壤微生物区系; 调控措施

中图分类号: S572

文章编号: 1007-5119 (2011) 03-0095-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2011.03.020

Advance in Continuous Cropping Problems of Tobacco

ZHANG Jiguang^{1,2}, SHEN Guoming^{1*}, ZHANG Jiuquan¹, ZHANG Zhongfeng¹, SHI Yi¹, LI Shibo³,
LIU Haiwei¹, SHI Peng¹

(1. Key Laboratory of Tobacco Quality Control, Ministry of Agriculture, Tobacco Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266101, China; 2. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3. Wulian Branch of Rizhao Tobacco Corp. Ltd., Wulian, Shandong 262300, China)

Abstract: Much attention has been paid to the decrease of tobacco quantities and qualities through the continuous cropping. The mechanism of continuous cropping obstacles was reviewed with regards to soil nutrient unbalance, accumulation of roots exudates, and change of soil micro-environment and soil microbial flora. The counter-measures were also reviewed in controlling the obstacles of tobacco continuous cropping. Possible future researches were also proposed in this paper.

Keywords: tobacco; continuous cropping problem; soil nutrient unbalance; root exudates; soil microbial flora; controlling measure

当前,我国烟草农业不断向规模化和集约化方向发展,由于受经济利益的驱动、耕地的有限性及生产栽培条件的制约,烟草连作已成为一种不可避免的现象。而烟草本身是一种忌连作作物,连作能导致烟草土传病虫害危害程度的增加,烟田有害物质的逐年积累;而且,连作还能造成土壤养分失调,抑制土壤生物化学过程,影响烟草正常的生长发育,最终造成其产量和品质的显著降低^[1]。目前,我国烟草生产中尚存在较大面积的连作种植,据统计每年由于烟草连作带来的直接及间接经济损失

高达 40 亿元,这已经严重威胁到我国烟草农业的可持续发展,引起了农业相关部门和学术界的高度重视。

当前,国内外众多学者在烟草连作障碍的产生及调控方面进行了大量探讨。笔者从土壤营养失调、根系分泌物积累、土壤微生物区系变化和连作障碍的调控措施等角度,综述了烟草连作障碍方面的最新研究成果,为推动我国烟草栽培学学科发展和特色优质烟叶开发提供理论和实践指导。

基金项目:山东省烟草专卖局(公司)项目(201002);土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金项目(Y052010042)

作者简介:张继光,男,博士,研究方向为烟草栽培及土壤生态。E-mail:jiguang8002@163.com。*通信作者, E-mail:ycssgm@163.com

收稿日期:2010-06-03

修回日期:2010-08-18

1 烟草连作障碍的产生机制

即使在正常的栽培管理情况下,作物连作也会使植株长势变弱、产量下降和品质变劣,这种现象被称为连作障碍^[2]。连作障碍已经成为制约包括烟草在内多种农作物产量和品质提高的重要因素。而连作造成土壤营养失调、根系分泌物积累、土壤微环境及微生物区系变化等被认为是障碍产生的重要机制。

1.1 连作造成土壤养分失调

由于作物对土壤养分具有特定的选择性吸收规律,特别是对其中某些中、微量元素有着特殊需求,长期连作往往造成施肥具有相对固定性,易造成土壤养分的不均衡,从而致使作物体内各种养分比例失调而出现生理和功能性障碍。连作还能够使土壤中多种有效养分的比例发生变化,引起土壤养分失调,从而影响烟株生长,造成烟叶明显减产^[3]。同时,烤烟多年连作后,肥料利用率会不断下降,其中氮肥利用率平均每年下降4.8%、磷肥利用率下降0.7%,钾肥利用率下降3.2%^[4]。王连君等^[5]的研究表明,烟草连作2年后土壤中全氮、速效钾含量减少,全磷、碱解氮和速效磷含量增加,有机质含量下降。连作土壤的pH、有机质、全钾、速效硼、速效锌、CEC、交换性镁等均低于轮作土壤^[1,6]。娄翼来等^[7]的研究表明,随着植烟年限的延长,表层土壤酸化明显。由于连作造成土壤酸碱度下降与根系分泌物和根际微生物有着直接关系,所以会对土壤酶活性产生不良效应,这将影响到烟田土壤有机质的矿化和养分形态的转化^[8],从而影响烟草的正常生长发育,对优质烟叶生产不利。

1.2 连作造成根系分泌物等积累

由次生代谢产生的根系分泌物很大部分具有自毒作用。单一作物连作多年后其根系、叶片、植物残体会造成土壤有毒物质的大量积累,如有机酸和萜烯类物质的积累,从而抑制作物的生长发育^[9]。

在根系分泌物及前茬残体腐解物中,酚酸类物质(如苹果酸、肉桂酸)及其转化产物被认为是连作作物致毒物的主要成分。它们的抑制作用表现

在:1)抑制土壤硝化过程,影响氮素形态的转化;2)抑制作物根系对土壤养分的吸收;3)抑制过氧化氢酶、过氧化物酶的活性,破坏细胞的完整性;4)减少作物光合产物,降低叶绿素含量。郭亚利等^[10]研究了烤烟根系分泌物对烤烟幼苗生长和根系养分吸收的影响。结果表明,烤烟根系分泌物显著抑制幼苗的生长,降低根系活力,其中中性组分的根系分泌物对幼苗根系活力的抑制程度最强;三种不同组分的根系分泌物均显著降低根系对 NO_3^- 、 H_2PO_4^- 和 K^+ 离子的吸收,其中中性组分对 H_2PO_4^- 吸收的影响最大,而酸溶性组分对 K^+ 的吸收抑制作用较强。烟草根系分泌物中存在多种抑制烟草生长和养分吸收的自毒作用物质,自毒物质的积累使根际微生态失调,病原物增加,病虫害加重,最终致使烟叶产质量下降。

1.3 连作造成土壤微环境及微生物区系变化

土壤微生物群落结构失衡是连作产生的普遍现象。许多研究都认为,随着连作年限的增加,土壤从细菌型向真菌型转化,细菌型土壤是土壤质量良好的一个生物指标,而真菌型土壤则是地力衰竭的标志^[11-13]。但费颖恒等^[14]在蔬菜不同种植年限的土壤中却未发现类似规律。可见不同连作年限对土壤微生物的影响比较复杂。Smalla等^[15]研究发现,果蔬类作物连作的根际土壤微生物群落结构变化因作物(马铃薯、草莓和油菜)而异,这种变化均在连作一年后表现更为突出。Olssen等^[16]比较了大麦连作和轮作土壤细菌的群落结构,结果表明连作导致了土壤微生物群落结构的明显改变。胡元森等^[17]采用PCR-DGGE技术对根际土壤微生物区系的研究发现,随黄瓜连作茬次增加,几种主要微生物类群出现富集或消失,微生物种群趋于单一化。长期连作能够导致土壤中微生物群落多样性降低及有害微生物种群的增加^[18-19],而微生物多样性的降低能够引起土壤微生物群落对外界抵抗力的下降^[20-22]。同时有研究发现在微生物多样性高的土壤中病原菌很难滋生^[23]。因而,合理的土壤微生物群落结构、富的多样性和较高的微生物活性不丰仅能缓

解或消除连作障碍，同时也是维持土壤系统稳定性和可持续性的重要保证^[24-25]。

总之，作物连作障碍的产生机理极为复杂，是作物-土壤系统内部诸多因素综合作用的外在表现^[26]。作物连作障碍的产生与土壤微生物群落结构失衡存在必然联系已经得到国内外学者的广泛认同，但烟草连作障碍的发生与土壤微环境及微生物区系变化之间的确切关系及内在规律还需要进一步研究。

2 烟草连作障碍的调控措施

连作障碍给烟草等经济作物生产带来严重损失，因此，人们在不断寻求缓解或消除连作障碍的各种措施。

2.1 培肥改良土壤

施用化肥过多是土壤发生酸化、盐渍化及各种功能退化的重要原因。合理施用化肥，并加大有机肥的施用量，这样不仅可以直接提高土壤有效养分含量，还可以通过影响土壤生物活动促进良好土壤结构的形成。因此，做到有机无机配施，氮、磷、钾及各种微量元素合理搭配，同时研发适合烟草需肥特点的专用肥及缓控肥料等，是烟草生产上培肥改良土壤，提高土壤质量及生产力的重要方式。

2.2 合理的轮作和间、套作

轮作对烤烟土壤结构的改良、土壤肥力的提高和烤烟生长小环境的改善具有重要作用^[28]。通过与病原菌非寄主植物轮作，使土壤中的病原菌数量显著降低，能减轻土传病害的发生。董艳等^[29]发现轮作种植显著增加了细菌和放线菌数量、微生物总量和细菌/真菌的比值，但显著降低了土壤真菌数量，这有利于克服连作障碍。采用间、套作的种植模式也是防治连作障碍有效方式，通过间、套作不仅可以提高土壤养分有效性、增加土壤微生物的多样性^[30]，而且对于控制烟草病虫害也具有良好效果^[31]。

2.3 物理化学调控

当前化学调控仍是防治连作障碍的重要手段。有学者采用化学灭菌来消除生物因素的影响，但该

方法环境风险大，易使土传病害的抗药性增加^[32]；也有利用蒸汽及太阳辐射对连作土壤消毒或进行客土改良，但防治费用高，费时费力，且难以控制深层土壤中的病原菌。采用土壤改良剂（粉煤灰、聚丙烯酰胺及丛枝菌根等）或根系调理剂（硫酸镁、黄腐酸及生根粉等）进行退化及连作土壤的改良，通过趋利避害的方式可以扩大物化调控的应用范围及效果^[33-34]。

2.4 选用抗病品种

对克服连作障碍而言，选育抗性品种具有重要意义。产生化感物质是植物的遗传特性，而不同品种间具有较大差别。有研究发现，同为葫芦科的西瓜、甜瓜、黄瓜、蛇瓜和西葫芦的自毒作用存在很大差别^[27]。充分利用自然界中丰富的抗性种质资源进行有针对性的抗病育种，特别是利用品种（品系）间化感作用差异进行育种来克服自毒作用，这有望成为解决烟草连作障碍的有效途径。

2.5 生物防治措施

生物防治是目前国内外学者的研究热点，并将逐步成为烟草病虫害防治的重要手段，其主要包含以下几个方面：通过引入有益微生物来提高烟田土壤中各种养分的供应能力和潜力，或与特定的病原菌竞争营养和空间来减少病原菌的数量及根系的感染，或者引入具分解自毒物质能力的微生物用于克服烟草自毒作用，这可以缓解或消除连作障碍的发生。但目前存在的主要问题是：土壤的复杂性致使很多因素都制约了拮抗菌或降解菌在土壤中的定殖和增殖，使其难以发挥应有效果。因此，连作障碍中生物防治措施的作用还需要进一步研究和发掘。

3 烟草连作障碍的研究及技术发展方向

连作障碍是制约烟草产量和质量提升的关键因素之一。虽然在烟草连作对土壤质量性状变化方面已取得显著进展，但各土壤组分在连作障碍产生中的具体作用还不确定，而且不同治理措施对改善

烟草根际微环境、减缓连作障碍的贡献及机制还需要进一步明确。此外,有关土壤养分、根系分泌物、土壤微生物和病原生物等连作障碍因子之间的相互关系也缺乏深入研究。下一步将加强不同土壤环境下烟草连作障碍的机理及其障碍因子间的关联研究。

当前,从土壤微生态调控角度开发出相应的微生物调控肥料、生物农药及土壤健康调理技术,并解决其效果难以持久的问题,是摆在烟田土壤系统稳定性和烟叶生产可持续性方面的重要议题。结合国家烟草专卖局实施的烟草基因组计划,大力开展抗逆育种是消除连作障碍的重要突破口。目前,合理施肥、耕作和病虫害防治等传统的防治方法虽然取得一定效果,但缺乏高效治理技术的综合集成。因此,通过深入研究明确烟草连作障碍的产生机理,研发出连作障碍的各项农艺、化学和生态调控措施,加快土壤综合治理技术的配套集成与推广力度,最终构建健康和谐的烟田土壤生态系统,这是克服烟草连作障碍的最终途径。

参考文献

[1] 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(增刊): 267-271.

[2] 吴凤芝,赵凤艳,刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析及防治措施[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3): 241-247.

[3] 刘方,卜通达,何腾兵. 连作烤烟土壤养分变化分析[J]. 山地农业生物学报, 1997, 16(2): 1-4.

[4] 李天福,冉邦定,陈萍,等. 云南烤烟经济合理施肥建议[J]. 云南农业科技, 1999(3): 39-40.

[5] 王连君,谷思玉. 烤烟连作对土壤养分的影响[J]. 烟草科技, 2004(9): 40-42.

[6] 王茂胜,姜超英,潘文杰,等. 不同连作年限的植烟土壤理化性质与微生物群落动态研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 5033-5034, 5052.

[7] 娄翼来,关连珠,王玲莉,等. 不同植烟年限土壤pH和酶活性的变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 531-534.

[8] 石秋环,焦枫,耿伟,等. 烤烟连作土壤环境中的障碍因子研究综述[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(6): 81-84.

[9] 刘秀芬,马瑞霞,袁光林,等. 根际区他感化学物质的分离、鉴定与生物活性的研究[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 2-10.

[10] 郭亚利,李明海,吴洪田,等. 烤烟根系分泌物对烤烟幼苗生长和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 458-463.

[11] 胡汝晓,赵松义,谭周进,等. 烟草连作对稻田土壤微生物及酶的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(5): 494-497.

[12] 尹睿,张华勇,黄锦法,等. 保护地菜田与稻麦轮作田土壤微生物学特征的比较[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 57-62.

[13] 张国红,任华中,高丽红,等. 京郊日光温室土壤微生物状况和酶活性[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 1447-1452.

[14] 费颖恒,黄芝,严昌荣,等. 大棚种植对农业土壤环境的胁迫[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1): 243-247.

[15] Smalla K, Wieland G, Buchner A, et al. Bulk and rhizosphere soil bacterial communities studied by denaturing gradient gel electrophoresis: Plant-dependent enrichment and seasonal shifts revealed [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(1): 4742-4751.

[16] Olsson S, Alström S. Characterisation of bacteria in soils under barley monoculture and crop rotation [J]. Applied Soil Ecology, 2000, 32(10): 1443-1451.

[17] 胡元森,吴坤,刘娜,等. 黄瓜不同生育期根际微生物区系变化研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1521-1536.

[18] 吴凤芝,王学征. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2274-2280.

[19] Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, et al. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators?[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(1): 1-23.

[20] Giller, K E, Beare M H, Lavelle P, et al. Agriculture intensification, soil biodiversity and agroecosystem function [J]. Applied Soil Ecology, 1997, 6(1): 3-16.

[21] Schutter M, Dick R. Shifts in substrate utilization potential and structure of soil microbial communities in response to carbon substrates [J]. Soil Biology and Biochemistry. 2001, 33(11): 1481-1491.

[22] 孔维栋,刘可星,廖宗文,等. 不同腐熟程度有机物料对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(9): 2291-2296.

[23] Shiomi Y, Nishiyama M, Onizuka T, et al. Comparison of bacterial community structures in the rhizosphere of tomato plants grown in soils suppressive and conducive towards bacterial wilt[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65(9): 3996-4001.

[24] Cardinale B J, Srivastava D S, Duffy J E, et al. Effects of

- biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems [J]. Nature, 2006, 443: 989-992.
- [25] Enwall K, Nyberg K, Bertilsson S, et al. Long-term impact of fertilization on activity and composition of bacterial communities and metabolic guilds in agricultural soil [J]. Soil Biology and Biochemistry. 2007, 39(1): 106-115.
- [26] 郑良永, 胡剑非, 林昌华, 等. 作物连作障碍的产生及防治[J]. 热带农业科学, 2005, 25 (2) : 58-62.
- [27] Yu J Q, Matsui Y. Effects of root exudates of Cucumber (*Cucumis sativus*) and Allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings [J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(3): 817-827.
- [28] 李天福, 王彪, 王树会. 云南烤烟轮作的现状分析与保障措施[J]. 中国烟草科学, 2006, 27 (2) : 48-51.
- [29] 董艳, 董坤, 郑毅, 等. 种植年限和种植模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28 (3) : 527-532.
- [30] 苏世鸣, 任丽轩, 霍振华, 等. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41 (3) : 704-712.
- [31] 刘丽芳, 唐世凯, 熊俊芬, 等. 烤烟间套作草木樨和甘薯对烟叶含钾量及烟草病毒病的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22 (8) : 238-241.
- [32] 张树生, 杨兴明, 茆泽圣, 等. 连作土灭菌对黄瓜生长和土壤微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(5) : 1809-1817.
- [33] 陈义群, 董元华. 土壤改良剂的研究与应用进展[J]. 生态环境, 2008, 17 (3) : 1282-1289.
- [34] 杨林波, 邵惠芳, 章新军, 等. 烟草根系研究进展[J]. 烟草科技, 2002 (10) : 45-48.

《烟草科技》2011 年第 3 期目次

真空回潮工序对烤烟烟叶感官质量的影响.....	姚光明, 乔学义, 申玉军, 等	05
PASSIM 8000 卷烟机弹丝辘烟丝造碎分析.....	徐轲, 罗诚, 曾海, 等	09
混丝器在分组加工中的应用.....	张楚安, 刘辉, 卢明莹, 等	12
KTC80 型切丝机上排链校正工具的设计.....	李民, 严树先, 李泽惠, 等	15
薄板烘丝机旋转接头改进.....	赵磊, 刘志奇, 朱建新	20
ZB45 型硬盒包装机 CH 补偿烟库的改进.....	包俊	23
YF172 滤棒固化储存输送装置接口部件从动轮的改进.....	贾俊鹏	25
基于烟草香味成分和 GA-BP 网络的烟草品质评价方法.....	卢红兵, 孔波, 钟科军	27
矮地茶、葡萄籽、香菊提取物在卷烟中的应用.....	张华, 王娟, 郭国宁, 等	32
GC/MS 法同时检测无烟气烟草制品中的 1, 2-丙二醇、丙三醇和三甘醇.....	张杰, 李鹏, 孙世豪, 等	36
自动凯氏定氮仪测定烟草及其制品中的总氮.....	章平泉, 金殿明, 杜秀敏, 等	43
烟草中二硫代氨基甲酸酯农药残留量的测定.....	边照阳, 唐纲岭, 张洪非, 等	46
抽吸条件对卷烟主流烟气氰尿酸释放量影响的研究.....	许永, 张霞, 刘巍, 等	50
高效液相色谱-蒸发光散射法测定烟草中的高级脂肪酸.....	刘江生, 张鼎方, 赖伟玲, 等	55
烤烟外观区域特征感官评价指标的筛选.....	王信民, 李锐, 魏春阳, 等	59
烟梗废料液态发酵生产苏云金芽孢杆菌的适宜条件筛选.....	李超, 杜雷, 席宇, 等	69
云南宣威初烤烟叶外观质量性状与内在品质的关系.....	唐宇, 程森, 窦玉青, 等	72
不同施氮量条件下烤烟叶面积系数与冠层光谱参数的相关性.....	王建伟, 李树人, 周汉平, 等	77

《烟草科技》2011 年第 4 期目次

烟丝在流动密闭阀内的输送特性.....	范保奎, 张鑫, 徐大勇, 等	05
不同类型烟用接装纸表面性能及其对卷接效果的影响.....	董浩, 刘锋, 荆熠, 等	10
基于机器视觉的烟用接装纸几何参数测量系统的设计应用.....	洪深求, 董浩, 李晓辉, 等	14
基于批次的制丝质量检验系统的设计应用.....	何善君, 林苗俏, 邱龙英	19
YB47 型硬盒包装机二号轮接杆定位方法的改进.....	胡国胜, 戎磊杰, 张明秋	23
B1 包装机组废烟剔除输送电控系统的改进.....	李晓峰, 张军平, 张胜利, 等	27
卷烟纸特性对卷烟主流烟气 7 种有害成分释放量的影响.....	黄朝章, 李桂珍, 连芬燕, 等	29
龙须菜超临界 CO ₂ 提取物成分分析及其在卷烟中的应用.....	常城, 胡有持, 胡军, 等	33
超临界 CO ₂ 萃取红花大金元烟叶净油工艺的优化及挥发性成分分析.....	念小魁, 刘煜宇, 李学杉, 等	36
1-L-苯丙氨酸-1-脱氧-D-果糖热解产物分析.....	欧亚非, 鞠华波, 贾春晓, 等	41
胶基烟草制品中烟草特有亚硝胺(TSNAs)的分析.....	王娟, 李鹏, 王昇, 等	47
L-薄荷基-D-葡萄糖苷的合成.....	史慎德, 陈朗奇, 刘永青, 等	51
LC/MS 法定性定量测定烟草中的 1-氨基-1-脱氧-2-酮糖.....	翟玉俊, 黄伟, 陈华, 等	58
37 下金属离子对模式体系 Maillard 反应的影响..... 夏炳乐, 刘永军	62
基于分光光谱仪测量的不同产区烤烟表面颜色分析.....	魏春阳, 李锋, 祁萌, 等	67
豫中烟区土壤腐殖质组成特征及其与烟叶常规化学成分的关系.....	马云飞, 尹启生, 张艳玲, 等	74
烟草茎腐病的病原鉴定及生物学特性.....	陈志敏, 过赋文, 张晓阳, 等	78
吡蚜酮对烟蚜的防效及其在烟草中的残留分析.....	吴云平, 陈旭, 单菊菊	81