

# 作物连作障碍的影响因素及防治对策

赵利坤<sup>1</sup>, 张英<sup>2</sup>

(1. 普洱学院, 云南 普洱 665000; 2. 宁洱县烟草公司, 云南 宁洱 655000)

**摘要:**为有效防治作物连作障碍,从化感作用、土壤微生物及土壤理化性质的变化3个方面分析了作物连作障碍的影响因素,并针对这3个因素提出了作物嫁接换根、改善栽培制度和施用微生物制剂等解决方案。

**关键词:**作物;化感作用;连作障碍;综合防治

**中图分类号:**S344

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2013)12-0018-03

连作障碍普遍存在于作物种植中,特别是规模化、专一化及设施化的作物种植中,现已成为制约农业发展的关键因素。我国是一个农业大国,而农业技术发展相对落后,农业生产过程中长期存在的连作障碍问题一直难以解决,已严重制约我国农业现代化的发展。在农业生产中人们采用了作物轮作,在一定程度上克服了连作障碍,但不是根本的解决方法。而设施化、专一化的农业生产很难采取轮作,此外,一些农民在 market 需求的驱动下根本不愿换种其它作物。这在烤烟和蔬菜等一些经济作物栽培方面尤为突出。这些问题都说明仅靠单一轮作来解决连作障碍是行不通的。需要寻求一些新的方法。解决这一问题必须从连作障碍的发生原因及机制方面加以突破,国内外许多学者对此做了不少研究,并取得了一些成果。概括起来主要有3个方面:作物的化感作用、土壤微生物的变化以及土壤理化性质的变化对作物连作的影响。

## 1 作物连作的影响因素

### 1.1 化感作用(自毒作用)

化感作用(allelopathy)是指植物(微生物)分泌某些化学物质对其它植物(微生物)的生长产生的抑制或促进作用,这一概念由德国学者 H. Mlisch 于 1937 年提出,其最早主要用于生态学领域<sup>[1]</sup>。

1.1.1 化感物质来源及种类 对于作物来说化感物质的主要来源有3种:一是作物根系分泌的有毒物质直接进入土壤;二是作物地上部分的茎和叶分泌的有毒物质通过降水淋溶进入土壤;三是作物根、茎、叶腐烂后分解累积的有毒物质。Rice<sup>[2-3]</sup>将化感物质分为:简单不饱和内脂,长链脂肪族和多炔,简单酚、苯甲酸及其衍生物,水溶

性有机酸、直链醇、脂肪族醛和酮,肉桂酸及其衍生物,萜醌、葱醌和复合醌,单宁,香豆素类,类黄酮,类萜和甾类化合物,氨基酸和多肽,嘌呤、核苷生物碱和氰醇,硫化物和芥子油苷。但是,目前较为普遍简单的分类方法是化感物质分为4类:酚类、萜类、糖和糖苷类、生物碱和非蛋白氨基酸<sup>[3]</sup>。

1.1.2 自毒物质对作物连作的影响 自毒物质是化感物质中对作物连作影响最大的物质。连作使土壤自毒物质不断积累,从而对作物生长及产量产生非常大的影响,轻则减产10%~20%,重则绝收。自毒物质对作物的影响概括起来有3个方面:一是改变细胞膜的结构和功能。细胞膜是化感物质作用的初始位点,通过膜结构和功能的改变进而影响植物的生理生化代谢活动<sup>[4]</sup>;二是对酶活性的影响,化感物质改变了许多酶的活性。周凯<sup>[5]</sup>等对菊花不同部位水浸液自毒作用的研究发现,土壤中的硝酸还原酶活性、根系脱氢酶活性和 PAL 酶活性受到很大影响;三是影响植物对营养及水分的吸收。自毒物质可以通过影响植物对营养和水分的吸收来影响植物的生长发育而表达化感效应。自毒物质通过干扰 ATP 的产生、ATP 的酶活性以及 ATP 和 ATP 酶在能量迁移过程中的作用,而使膜功能发生改变,进一步导致植物对营养元素吸收功能的变化,都是化感物质显示化感作用的一个很重要的机制<sup>[6]</sup>。

### 1.2 土壤微生物区系失衡

1.2.1 土壤微生物种类 土壤微生物有两大类:一是原核微生物,包含细菌(固氮菌、消耗细菌、纤维素分解细菌和氨化细菌等),放线菌(链霉菌和诺卡菌等);二是真核微生物,包含真菌(镰刀菌、曲霉菌和青霉菌等)、藻类(硅藻、绿藻、黄藻)和地衣。对作物连作影响最大的是真菌和细菌,其次是放线菌。普遍认为随着作物连作次数增加,作物发病概率增加,同时土壤微生物种类也从低肥的“细菌型”向高肥的“真菌型”发展<sup>[7]</sup>。

1.2.2 不同微生物对作物连作的影响 细菌:一

收稿日期:2013-06-31

第一作者简介:赵利坤(1984-),男,云南省曲靖市人,硕士,助教,从事水土保持与应用生态研究。E-mail: zhaozejin126@126.com。

般认为土壤细菌较多时生物多样性高,土壤肥力也较高。土壤中的细菌有利于生物地球化学循环。李自刚<sup>[8]</sup>等对水稻秸秆还田利用的研究结果表明,秸秆分解过程中以细菌为优势菌群的土壤微生物可以降低土壤中传播性植物病害的发生,将有助于减轻农田土壤的连作障碍。

**真菌:**一般认为土壤真菌数量较高不利于作物的生长及发育,由于真菌可能提高土传病的发病机率,对作物连作产生极大影响。国内外关于真菌对作物连作影响的报道比较多,如申卫收<sup>[9]</sup>等研究蔬菜塑料大棚土壤尖孢镰刀菌数量的变化与连作关系时得出,土壤中尖孢镰刀菌数量的多少可能是蔬菜枯萎病发生的重要原因之一,而蔬菜枯萎病的发生还可能与根系分泌物、有益微生物种群、植物系统抗性及其相互作用有关,此外随着连作年限的增加,细菌和放线菌数量有降低的趋势。Kennedy<sup>[10]</sup>等研究表明,土壤细菌的增多降低了微生物多样性,破坏了土壤生态系统的稳定性,增加了土传病害的发病几率。

**放线菌:**普遍认为土壤中的放线菌对作物连作影响不大,随连作年限的变化放线菌数量波动极小。

### 1.3 土壤理化性质的改变对作物连作的影响

**1.3.1 土壤营养元素平衡失调** 不同的作物对养分需求存在一定的差异,常年连续种植同一作物会导致土壤中某些营养元素的亏缺,从而影响作物的生长及产量。由于某些元素亏缺造成的营养胁迫将会诱导作物产生更多的特定根系分泌物化土壤中的难溶态元素。这些因为养分胁迫诱导产生的根系分泌物,大部分属于自毒物质<sup>[11]</sup>。何琳等研究表明,烤烟连作使得 0~20 cm 土层的有机质、碱解氮和速效钾含量发生不同程度的积累;而 20~40 cm 土层的速效氮、速效磷和速效钾含量均呈现不同程度的亏缺;速效氮、速效磷和速效钾在两土层的分布趋于不协调;各土层的速效氮、速效磷和速效钾比例趋于失衡<sup>[12]</sup>。此外,邓阳春等研究结果表明,连作过程中,烟叶氮、磷、钾含量在一定范围内波动,烟株养分吸收量持续降低;而土壤有效养分含量却不同程度地增加。其中,有效磷增幅最大,有效钾次之,有效氮最低<sup>[13]</sup>。

**1.3.2 土壤的酸化及盐渍化** 作物生长过程中大量吸收并消耗正离子元素,从而促进土壤 pH 降低,导致土壤酸化,土壤微生物迅速减少,影响土壤营养元素的有效性。此外,在作物种植过程中化学氮肥的施用也会造成土壤的酸化,特别是酸性和生理酸性肥料的施用都将会降低土壤的 pH,导致土壤酸化。例如,施用过磷酸钙,其本身含有 5% 的游离酸,施到土壤中会使土壤 pH 降

低;生理酸性肥,如氯化铵、氯化钾和硫酸钾等施到土壤后,作物选择吸收  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$  从而把土壤中的  $\text{H}^+$  交换出来,使土壤酸度增加<sup>[14]</sup>。

长期种植单一作物或管理不当容易造成土壤次生盐渍化现象。连续种植同一作物,致使土壤底层或地下水的盐分随毛管水上升到地表,水分蒸发后,使盐分积累在表层土壤。此外,作物对养分的吸收存在较大差异,在作物的长期种植过程中, $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Cl}^-$  不断积累,从而导致土壤渗透势增加,进而影响作物对水分的吸收<sup>[15-16]</sup>。

## 2 作物连作障碍的防治

### 2.1 作物嫁接换根

利用抗性强的砧木进行嫁接育苗来克服连作障碍,该项措施主要用于蔬菜生产中。作物嫁接换根的作用:一是增强植株抗病能力。如用黑籽南瓜嫁接的黄瓜,可有效地防治黄瓜枯萎病,同时还可推迟霜霉病的发生期;用 CRP(刺茄)或番茄作砧木嫁接茄子后,基本上可以控制黄萎病的发生;二是提高植株的抗盐碱能力。如黄瓜根系脆弱,忌连作,日光温室栽培极易受到土壤积盐和有害物质的伤害,换用黑籽南瓜根以后,可以大大减轻土壤积盐和有害物质的危害;三是有利于提高作物的单产。嫁接苗茎粗叶大,可使产量增加四成以上。番茄用晚熟品种作砧木,早熟品种作接穗,不仅保留了早熟性,而且可以大大缩小结果期,提高总产量<sup>[17-18]</sup>。

### 2.2 改善栽培制度

通过改善栽培制度,合理实施间作、轮作和套种,不仅能有效降低土传病的发病几率,还能降低土壤发生次生盐渍化的风险。将感病的寄主作物与非寄主作物实行轮作,可消灭或减少土壤中的病菌,减轻病害。对为害作物根部的线虫,轮种不感虫的作物后,可使其在土壤中的虫卵减少,减轻危害<sup>[19]</sup>。如禾谷类作物对氮和硅的吸收量较多,而对钙的吸收量较少,豆科作物吸收大量的钙,而吸收硅的数量极少,因此两类作物轮换种植,可保证土壤养分的均衡利用,避免片面消耗。此外,水旱轮作还可改变土壤的生态环境,增加水田土壤的非毛管孔隙,提高氧化还原电位,有利于土壤通气和有机质分解,消除土壤中的有毒物质,防止土壤次生潜育化过程,并可促进土壤有益微生物的繁殖。

### 2.3 施用微生物制剂

微生物防治是向土壤中施入特定生物活体来保持作物根际微生物平衡。微生物制剂是一种有机生物活体,同时也是一种新型肥料。它不仅为农作物提供了生长所必需的各种营养元素,还可

以增加土壤中有益微生物的活性,它已克服使用化肥过量和不平衡施肥所造成的种种弊端。此外,微生物制剂中有益微生物还会向土壤分泌各种有益物质、生长刺激素、吲哚乙酸、赤霉素和各种酶,能有效的促进养分的转化,减轻土壤传播性病害的发生,修复被污染的土壤<sup>[20]</sup>。近几年,不少研究者开始尝试着从土壤中筛选一些有益的微生物来克服化感作用的发生。土壤有益微生物的植入,一方面能分解土壤中的自毒物质,另一方面还能与土壤中的一些病原菌竞争生存空间,从而抑制或排斥病原菌的增长<sup>[19]</sup>。

#### 2.4 其它措施

影响作物轮作障碍的因素很复杂,所以在防治时要根据具体情况采用相应的措施。除了上述几种方法之外还有很多,如科学管理、合理施肥及化学防治等,都能相对有效地防治作物的轮作障碍。

### 3 展望

连作障碍是作物种植中一个极为复杂的现象,导致作物连作减产的因素很多,根据现有的研究成果初步认为,化感物质、土壤酶、土壤微生物、土壤养分、土壤理化性质及土壤动物区系之间存在着直接或间接作用,他们共同构成一个复杂系统,这个系统的平衡失调可能是连作障碍发生的真正机理。总的来说,仅靠一些简单的方法来防治连作障碍是不可能的,生产中必须针对连作障碍的发生原因来进行针对性的防治。微生物区系失衡可以通过施用微生物制剂和高温杀菌等方法来缓解,土壤理化性质变化可以通过增施有机肥、合理灌溉及管理等措施来改善,而自毒物质的消除相对困难,主要通过嫁接换根、客土法(换土)来解决。

#### 参考文献:

- [1] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 97-100.  
[2] Rice E L. Allelopathy[M]. Orlando: Academic Press, 1984:

- 309-315.  
[3] 叶玉娟. 含笑属三种植物的化感作用研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2009: 2-8.  
[4] Gattas Hallak A M, Davide L C, Souza L F. Effects of sorghum root exudates on the cell cycle of the bean plant root[J]. Genetics and Molecular Biology, 1999, 22(1): 95-99.  
[5] 周凯, 郭维明, 王智芳. 菊花不同部位水浸液自毒作用的研究[J]. 西北植物学报, 2008, 28(4): 759-763.  
[6] 张晓玲, 潘振刚, 周晓锋, 等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤学报, 2007, 38(4): 781-783.  
[7] 殷永娟. 增施秸秆对蔬菜保护地土壤微生物的影响[J]. 土壤通报, 1996, 25(5): 239-241.  
[8] 李自刚, 李兴道, 蒋媛媛, 等. 水稻秸秆还田对河南沿黄稻区土壤细菌群落分子多态性影响[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(1): 91-94.  
[9] 申卫收, 林先贵, 张华勇, 等. 不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤尖孢镰刀菌数量的变化[J]. 土壤学报, 2008, 45(1): 137-142.  
[10] Kennedy M J, Krishnan H B. Infection by *Heterodera glycines* elevates isoflavonoid production and influences soybean nodation[J]. Journal of Nematology, 1999, 31(3): 341-347.  
[11] 薛泉宏, 同延安. 土壤生物退化及其修复技术研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(4): 28-35.  
[12] 何琳, 娄翼来, 王玲莉, 等. 烤烟连作对土壤养分状况的影响[J]. 现代农业科技, 2008(8): 151-157.  
[13] 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, 16(4): 840-845.  
[14] 苗淑杰, 乔云发, 韩晓增. 大豆连作障碍的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 204-206.  
[15] 吴志行, 石海仙. 大棚蔬菜连作障碍及土壤次生盐渍原因与防治[J]. 长江蔬菜, 1994(5): 21-23.  
[16] 于高波. 不同轮套作方式对黄瓜产量及其根际土壤微生态环境的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009: 1-5.  
[17] 吕卫光, 张春兰, 袁飞, 等. 嫁接减轻设施黄瓜连作障碍机制初探[J]. 华北农学报, 2000, 15(z1): 153-156.  
[18] 戚建华. 嫁接黄瓜连作障碍的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004: 2-15.  
[19] 丁海宾. 连作对烟草生长和不同粒径土壤酶活性的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2006: 6-12.  
[20] Baker K F. Evolving concepts of biological control of plant pathogens [J]. Ann Rev Phytopathology, 1987, 25: 67-85.

## Influencing Factors and Countermeasures of Continuous Cropping Obstacles

ZHAO Li-kun<sup>1</sup>, ZHANG Ying<sup>2</sup>

(1. Pu'er University, Pu'er, Yunnan 665000; 2. Tobacco Company of Ning'er County, Ning'er, Yunnan 66500)

**Abstract:** In order to control continuous cropping obstacles effectively, the influence factors of continuous cropping obstacles crop were analyzed from three aspects of allelopathy, the change of soil microorganism, soil physical and chemical properties. The solutions were put forward which were about grafting in crop root, improvement of cultivation system and application of microbial agents.

**Key words:** crops; allelopathy; continuous cropping obstacle; integrated control