

蔬菜作物的连作障碍发生机理及生态育种

李好琢¹, 霍建勇²

(1. 辽宁省农业技术学校, 沈阳 110161; 2. 辽宁东亚种子科学研究院, 沈阳 110148)

摘 要: 蔬菜作物连作障碍的发生机理是多年连作根系分泌物破坏了土壤的团粒结构, 造成土壤次生盐渍化, 从而影响了土壤的理化性质; 根系分泌物产生毒性化合物对作物产生自毒作用和化感作用, 严重影响了土壤的根系微生物, 造成病虫害加重, 光合作用降低, 从而提出生态育种是解决连作障碍的根本措施, 并阐述了生态育种的具体方法。

关键词: 连作障碍; 生态育种; 自毒; 化感

中图分类号: S63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2005)03-0010-02

目前我国已成为世界上最大的保护地蔬菜生产基地之一, 随着保护地蔬菜栽培面积不断扩大, 尤其北方地区冬春保护地生产大多为基地化、专业化生产, 栽培蔬菜种类单一, 随着连作年限的增加, 连作障碍日趋严重, 大大制约了保护地蔬菜生产的发展, 影响了蔬菜的品质、抗性和产量^[1], 增加了农民的投入成本和用工量, 对环境和人们的健康造成了极大的威胁。研究连作障碍的发生机理和防止, 从而减轻连作危害具有现实的和深远的意义。

1 连作障碍的发生机理

连作障碍主要表现在作物品质下降、病害加重、产量降低, 土壤次生盐渍化。在这方面研究最多的是日本, 近几年在我国也越来越引起广泛关注, 我国科研人员和生产者先后对保护地连作障碍及土壤次生盐渍化、生理障碍的土壤因子等进行了研究^[2,3]。

1.1 连作对土壤理化性质的影响

多年连作, 根系分泌物(尤其胶粘成分)破坏了土壤的团粒结构从而影响了土壤的孔隙度、容重、含水量和保水能力。同时, 根系分泌物中低分子量的有机酸如甲酸、乙酸、草酸、苹果酸和丙酮酸等释放的 H^+ 不断积累, 使土壤酸性增强, 从而导致了根尖阳离子交换量的显著增加。根系分泌的酸性物质和胶粘物质与 Fe、Mn、Al 等金属离子形成络合物和配位化合物, 严重地影响了根系对矿质离子的吸收, 对根系活力、根际土壤的酶系活性产生影响, 造成根系活力下降、产品产量显著降低, 但连作障碍的主要因子并不是土壤肥力^[2]。

1.2 连作对根系分泌物的影响

根系分泌和枝叶残体分解所产生的毒素是影响作物连作障碍的重要因子。根系分泌物中的毒性化合物主要为酚酸类化合物, 如苯丙烯酸、对羟基苯甲酸、苯甲酸等, 这些化合物在根际积累过多, 对作物产生自毒作用, 抑制根系生长和根系对养分的吸收, 导致作物产生连作障碍^[4,5]。其中, 苯丙烯酸毒

性较强, 50 mg/kg(毫克/公斤)(土)处理开始, 黄瓜长势、根系脱氢酶活性、ATP 酶活性, 土壤微生物活性和养分吸收均受到明显抑制, 且随用量的增加抑制作用增强。苯丙烯酸的自毒作用是导致黄瓜连作障碍的重要因子之一^[3]。

有机肥能有效地降低根系分泌物对根的毒素伤害。低浓度的酚酸化合物在浓度 $< 0.5 \text{ mmol/L}$ (毫摩尔/升)易被土壤微生物作为碳源所降解, 对细菌和真菌具有刺激作用, 可增加其数量, 能提高作物的抗病性和土壤肥力。但是, $> 5 \text{ mmol/L}$ (毫摩尔/升)时, 对其具有抑制作用, 反而降低其数量。有机肥中的微生物能有效地分解毒素, 有机肥的许多吸附位点, 可以降低酚酸如阿魏酸、香草酸、对羟基苯甲酸的作用浓度, 减轻酚酸对作物的毒害, 其原理是改变了根际微生态环境, 使放线菌数增加, 抗生物质增多, 因而抗性增强; 细菌数增多, 土壤肥力提高、活性增强, 从而提高根系养分的活性和根的吸收能力, 促进作物健壮生长。增施有机肥后, 根系脱氢酶和根系 ATP 酶活性增强, 黄瓜根系吸收 N、P、K 等养分量明显增加, 增强了对逆境胁迫的抵抗能力, 黄瓜生长健壮, 连作障碍减轻。

1.3 连作根系的化感作用

连作还对同种类或其它作物产生化感作用。番茄、茄子化感物为鞣酸、水杨酸、邻苯二甲酸二异辛酯、邻苯二甲酸二丁酯、水杨酸甲酯等 7 种化学成分, 鞣酸和水杨酸单独作用时, 其化感作用的界限浓度均为 $5 \times 10^{-3} \text{ mmol/L}$ (毫摩尔/升)^[6], 较低浓度的化感物具有显著的杀虫及抗菌活性, 可起到杀虫、避虫作用, 可作为合成杀虫剂和除草剂的替代物, 且酯类与水杨酸混合时, 存在不同程度的协同作用或拮抗作用, 作用大大加强。但是高于界限浓度时, 就会影响根系的微环境, 对后茬作物产生障碍。

1.4 连作对根际微生物的影响

多年连作, 不仅使原有土传的细菌、真菌及病毒等病害以及根结线虫等虫害潜伏越冬得以生存, 同时连作产生的根系分泌物和枯根枝叶残体为根际微生物的繁衍提供了 N 源和 C 源。番茄多年连作易发生病毒病、枯萎病、黄萎病和根结线虫

病等。以病毒病为例, 为害番茄的主要病毒种类主要有 TMV、ToMV、CMV、番茄环斑病毒, 除 CMV 主要由 75 种蚜虫传播外, 其余病毒都是由土壤传染的或至少土壤是重要的传播途径之一。病毒病与介体土壤作用后, 可能会使土壤中的微生物数量减少、活性降低, 从而使根际土壤中脲酶、转化酶活性降低, 多酚氧化酶活性升高, 土壤腐殖化程度下降, 吸收能力下降^[7]。

1.5 连作对光合作用的影响

长期连作不仅造成根系活力、产量显著降低, 而且光合速率也降低。刘德等^[2]认为连作 4 年黄瓜的光合叶面积、光合速率显著高于连作 25 年的黄瓜光合速率, 苯丙烯酸之类的酚酸物质对黄瓜生长有明显的抑制作用, 表现为黄瓜生长缓慢, 叶片发僵, 叶色暗绿无光泽, 叶面积小, 干物质积累降低。

2 生态育种

倒茬、闲茬、换土、嫁接、增施有机肥、土壤消毒、药物防止以及调控栽培环境因子都是很好地防止连作障碍的重要因素, 但这些措施不仅比较费工费时, 增加生产成本, 而且给生产、消费环境带来极大的威胁, 因而有必要从根本上加以解决, 这就要求进行生态育种。

自上世纪 80 年代初, 我国各个蔬菜作物均开展了抗病毒病、枯萎病、青枯病、大白菜软腐病等病害育种, 如番茄 L402、黄瓜山东密刺的大面积推广, 使农民可以多年连续栽培。一般来讲, 品种间或作物种类间根际抗性都存在着差异, 有些植物具有强大的根系活力或抗性。但专门针对连作障碍的生态育种研究还较少, 该方面研究应从以下方面予以考虑。

2.1 选育根系分泌物能提高土壤团粒结构的品种

通过对试材根际分泌物的鉴定筛选, 一方面选择或转育根系不分泌低分子量有机酸或分泌有机酸含量较低的品种, 减少 H^+ 释放和在土壤中的积累, 减轻对阳离子的拮抗作用; 另一方面, 深入研究分泌物种类及生理生化特性, 了解与土壤结合后对根系的利害关系, 选育根系能产生促进土壤矿化和腐殖化的物质, 如: 象苔藓等植物那样能使难溶的 Ca、P 转化为易吸收的有机状态, 防止土壤养分的挥发和淋溶。另外, 可通过基因工程转固氮菌(或能固其它营养成分)等真菌和放线菌等有益微生物的基因到选育的试材中, 提高品种自身根系对营养转化和吸收能力。

2.2 选育无自毒或很少有自毒的品种

自毒物质一般为酚酸类物质, 低浓度的酚酸化合物在低浓度($< 0.5 \text{ mmol/L}$ (毫摩尔/升))对细菌和真菌具有刺激作用, 可增加其数量, 能提高作物的抗病性和土壤肥力。但高浓度酚酸分泌物, 如苯丙烯酸、对羟基苯甲酸、苯甲酸等, 在根际积累过多, 对作物产生自毒作用, 抑制根系生长和根系对养分的吸收, 导致作物产生连作障碍, 例如黄瓜不同品种对枯萎病的抗性不同。但也有报道有些作物如南瓜及其它蔬菜种类的一些半栽培种和野生种, 不仅具有强大的根系, 能够多年重茬

不易产生自毒作用, 甚至其分泌物有时对同类作物有所促进^[8]。

因此在育种中, 一方面, 研究并利用种属或近源种属的抗性基因, 选育抗性品种, 例如: 可利用抗病毒病、枯萎病、青枯病、软腐病基因等选育抗病品种; 另一方面选育能够产生低浓度酚酸类化合物而抑制高浓度酚酸化合物产生的品种。苯丙烯酸对作物的自毒性能最强, 选育能够抑制高浓度苯丙烯酸的试材更值得注意。除利用对根部病害抗性较强的近缘种作嫁接砧木外, 还可以利用基因工程把这些抗性基因, 甚至更远缘的抗性基因转入我们研究的作物种类。

2.3 选育能产生有益的化感物质的品种

利用有益的化感物质, 促进自身或后茬作物的生长, 同时能够抑制根际有害微生物的生长。一方面, 可以研究开发作物种类本身具有的抗性基因, 如: 番茄的 Mi 基因抗根结线虫病, 另一方面, 化感物中鞣酸、水杨酸、邻苯二甲酸二异辛酯、邻苯二甲酸二丁酯、水杨酸甲酯等 7 种化学成分, 具有显著的杀虫及抗菌活性, 可起到杀虫、避虫作用, 可以充分利用这一特性以及挥发特殊气味, 筛选能分泌这些对作物自身有益而具杀虫作用的化感物质的试材, 起到杀菌杀虫效果。

2.4 选育与根部有关的抗逆性状

研究与根际微生物相关的遗传和生理生化特性, 如: 在低温、弱光等逆境条件下, 植株的生长状况不良, 抗性减弱, 极易引起根部病虫害的侵染。尤其在低温下, 由于冰核细菌的影响极易造成低温冷害或冻害。在冷害或冻害条件下, 根更易受到伤害。通过转抗冻基因, 如转鱼基因番茄, 明显地提高了抗寒性, 同样也提高了根系活力。另外耐弱光品种的选育, 也能提高作物的综合抗性以及根系的活力, 从而提高根系的抗病性。

参考文献:

- [1] 吴凤芝, 刘德. 大棚土壤连作年限对黄瓜产量及品质的影响[J]. 东北农业大学学报, 1999, 30(3): 245~248.
- [2] 刘德, 吴凤芝, 柴非时等. 不同连作年限土壤对大棚黄瓜根系活力及光合速率的影响[J]. 东北农业大学学报, 1998, 29(3): 219~223.
- [3] 吕卫光, 张春兰, 彭宇等. 外源苯丙烯酸抑制连作黄瓜生长的机制探索[J]. 中国蔬菜, 2001(3): 10~12.
- [4] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124~126.
- [5] Yu J Q. Autotoxic potential of vegetable crops[J]. In: Naruass, ED; In Allelopathy Update Basic and Applied Aspects, NH, USA. Science Publishers Inc 1999, 159~162.
- [6] 周志红, 骆世明, 牟子平. 番茄植株中几种化学成分的化感效应[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19(3): 56~60.
- [7] 隋益虎, 凌同忠, 陆晓民等. 番茄病毒株的体内酶及根际土壤酶的活性变化[J]. 耕作与栽培, 2001, 3: 28~29, 43.
- [8] 郑军辉, 叶素芬, 喻景权. 蔬菜作物连作障碍产生原因及生物防治[J]. 中国蔬菜, 2004, 3: 56~58.