

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2015)01-0046-05

综 述

马铃薯连作障碍的研究进展

原霁虹*

(定西师范高等专科学校生化系, 甘肃 定西 743000)

摘 要: 采用文献检索、内容归类分析的方法, 对连作后马铃薯的形态与生理的变化、连作时间与土壤微生态结构的变化、连作障碍发生的机理与调控措施等问题进行研究。结果表明, 连作可引起马铃薯形态与生理, 马铃薯土壤水分与养分、马铃薯土壤酶、马铃薯土壤微生物等因素发生显著变化。国内马铃薯连作障碍的研究起步晚、成果少, 起点高。目前的研究成果多属于单因素试验, 多因子特别是土壤微生态因子与连作障碍相关性的研究有待深入。

关键词: 马铃薯; 连作障碍; 生理; 机理; 调控

Research Advances in Potato Continuous Cropping Obstacles

YUAN Jihong*

(Department of Biochemistry, Dingxi Teachers College, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: Literature search and content classification analysis were adopted to research the issues including morphological and physiological changes after potato continuous cropping, continuous cropping time and soil micro structure changes, the mechanism of disorder in continuous cropping and the corresponding control measures. The results showed that continuous cropping could cause significant changes in the shape and physiology of potato, the soil moisture and nutrients, planting soil enzyme, soil microbes and other factors. The results concluded that domestic potato continuous cropping obstacles research started late, made less achievement, but had a high starting point. The current findings are mostly based on single-factor test, and multi-factor test, especially the research of the relationship between soil micro factors and continuous cropping obstacles, demands further study.

Key Words: potato; continuous cropping obstacle; physiology; mechanism; regulation

连作是指在同一块地里连续两茬以上种植同种作物或同科作物。作物连作以后, 即使在正常的栽培管理措施下, 也会使植株长势变弱、产量和品质下降, 这种现象被称为连作障碍^[1]。作为古老的农业现象, 连作障碍在大豆、花生、水稻、玉米、小麦、高粱等主要粮食作物, 蔬菜、花卉、果树等园艺作物中大面积发生, 自20世纪20年代初国内外学者就开始对其进行了大量的科学研究^[2]。

据目前已有的研究文献可知, 国内马铃薯连作障碍的研究起步晚(2009年始有文献报道), 研究

成果少, 但起点高, 如基金论文特别是国家级、部级基金论文所占比例高。本研究以国内现有的马铃薯主题研究文献为样本, 对马铃薯连作障碍的研究现状做一综述, 以期后续研究提供参考。

据马铃薯以及相关作物研究中已取得的成果分析, 目前, 马铃薯连作障碍问题的研究主要是连作后马铃薯形态与生理的变化、连作时间与土壤微生态结构(包括生物与非生物)变化及各内部因素的相关性、连作障碍发生机理与调控措施等方面。

收稿日期: 2014-11-17

基金项目: 定西市科学技术攻关计划项目(2005-1-15); 甘肃省高等学校研究生导师项目(121901)。

作者简介: 原霁虹(1977-), 女, 讲师, 从事马铃薯栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 原霁虹, E-mail: 953570266@qq.com。

1 连作后马铃薯形态与生理的变化

1.1 形态变化

研究表明,随着马铃薯连作年限延长,马铃薯根、茎、叶器官的形态指标均发生一定的变化,其中根系的总根长、根表面积、根尖数逐渐增加,而直径和体积不变^[3];茎的高度呈降低趋势、单株主茎数减少^[4,5]、块茎硬度降低^[6];叶面积呈减小趋势^[5]。

1.2 生理变化

国内对马铃薯连作生理的研究,还处在初始阶段,虽然目前的研究已涉及根、茎、叶、物质运输等生理变化的二十多个生理指标,但大多数指标的研究报道仅为单次试验结果,缺乏形成结论的充分证据,其中马铃薯净光合速率(Pn)、马铃薯叶绿素含量、根系活力等生理指标,报道较多,结论一致,即随马铃薯连作年限的延长,均出现下降趋势(表1)。

表1 连作年限延长对马铃薯生理的影响

Table 1 Impact of extended continuous cropping on potato physiology

植株器官 Plant organ	生理指标 Physiological index	生理变化 Physiological change	文献来源 Literature source	植株器官 Plant organ	生理指标 Physiological index	生理变化 Physiological change	文献来源 Literature source
叶 Leaf	净光合速率(Pn)	显著下降	[3,5,7,8]	叶 Leaf	活性氧水平	显著增加	[8]
	叶气孔导度(Gs)	显著下降	[8]	根 Root	根系活力	显著下降	[9,10]
	蒸腾速率(Tr)				总吸收面积	显著下降	[10]
	胞间 CO ₂ 浓度(Ci)	上升	[8]		活跃吸收面积		
	超氧化物歧化酶(SOD)活性	先上升后下降	[8]		对养分吸收能力	减弱	[9]
	过氧化物酶(POD)活性		茎 Stem	块茎产量和硬度	降低	[8]	
	过氧化氢酶(CAT)活性			块茎淀粉 Vc 含量	下降	[8]	
	叶绿素含量	下降		[7-9]			可溶性蛋白含量
	细胞膜稳定指数	显著下降	[8]	其他 Others	营养器官花前贮藏干物质 向块茎转运的贡献	增加	[11]
	渗透调节物质含量				花后同化产物向块茎直接 输入的贡献	降低	[11]
	抗氧化剂含量				各器官生物量	降低	[4]
	抗氧化酶活性				单株结薯重量	显著降低	[4]
	叶片丙二醛(MDA)含量						

2 连作后马铃薯土壤微生物生态结构的变化

研究证明,连作主要从土壤水分、矿质营养等理化性质,土壤酶类型与活性、土壤微生物组成等方面,来影响对马铃薯土壤的微生物生态结构。

2.1 土壤水和矿质养分的变化

表2显示,国内有关连作对马铃薯矿质营养影

响的研究结果不尽相同,但总体趋势是一致的,即随连作时间延长,土壤中全N、全P、全K、速效N、速效P、速效K等,均呈下降趋势。

2.2 土壤酶的变化

已有研究证明,土壤蔗糖酶、土壤中性磷酸酶、土壤脲酶、过氧化氢酶分别是影响土壤碳代谢、土壤磷素转化、土壤氮素转化、表征土壤生化

表2 连作年限延长对马铃薯土壤水分和矿质营养的影响

Table 2 Impact of extended continuous cropping on soil moisture and mineral nutrition of potato

指标 Index	变化 Change	文献来源 Literature source	指标 Index	变化 Change	文献来源 Literature source
土壤水分 Soil moisture	减少	[5]	速效 P Available P	下降	[17]
全 N Total N	下降	[12-15]	全 K Total K	先增后降	[14]
	积累	[16]		降低	[12,13,16]
速效 N Available N	下降	[14]	速效 K Available K	下降	[14,17]
全 P Total P	下降	[12,13,15]	速效养分 Available nutrients	下降	[16]
	累积	[16]	有机质 Organic	下降	[15]
	先增后降	[14]	全盐含量 Total salt	下降	[15]

活性的关键酶^[18]。因此，马铃薯连作土壤酶的研究主要集中在蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶和磷酸酶等酶上。表3中显示的研究结果不尽一致，但就证据

数量而言，随着连作年限的延长，土壤蔗糖酶、脲酶呈下降、而中性磷酸酶、过氧化氢酶呈上升的趋势比较明显。

表3 连作年限延长对马铃薯土壤酶的影响

Table 3 Impact of extended continuous cropping on soil enzymes of potato

指标 Index	随连作年限变化 Change with continuous cropping	文献来源 Literature source	指标 Index	随连作年限变化 Change with continuous cropping	文献来源 Literature source
蔗糖酶 Sucrase	活性下降	[18]	脲酶 Urease	下降	[18]
过氧化氢酶 Catalase	活性先增后降	[9]		活性先增后降	[9]
	活性增加	[9,15,18]		先降后升	[19]
	先降后升	[19]	磷酸酶 Phosphatase	活性先增后降	[9]
				先降后升	[19]
				活性显著增加	[15,18]

2.3 土壤微生物的变化

表4显示，连作对马铃薯土壤微生物的影响情况比较复杂，总体趋势是微生物总菌数呈下降，细菌数减少，真菌数增加。细菌中固氮菌总数减少、亚硝化细菌总数和氨化细菌总数增加，趋势明显。而好气性纤维素分解细菌和放线菌的数量变化因素复杂，尚难一概而论。就微生物类型而言，细菌主要以变形菌门为主、真菌主要以茄病镰刀菌(子囊菌门)为主。

此外，马铃薯连作使根际土壤 pH 升高的趋势，有一致的结论^[15,20,19]。

3 马铃薯连作障碍的机理与调控措施

3.1 连作障碍的机理

回振龙^[8]认为，马铃薯连作至一定年限时会导致土壤生物和非生物环境因子的恶化，从而改变土壤理化性状、微生物菌群结构组成及土壤酶活性，致使土壤孔隙度减小，容重和盐渍化程度增大，酚酸类化感物质累积，马铃薯的生长发育受到明显抑制，连作障碍显著。

综合分析国内研究成果，马铃薯连作障碍的原因主要是：连作导致土壤养分缺乏或失衡^[15,28-30]，土

表4 连作年限延长对马铃薯土壤微生物的影响

Table 4 Impact of extended continuous cropping on soil microorganisms of potato

微生物类型 Microbial type	指标 Index	变化 Change	文献来源 Literature source	微生物类型 Microbial type	指标 Index	变化 Change	文献来源 Literature source		
细菌 Bacterium	微生物总菌数		下降	[20]	细菌 Bacterium	亚硝化细菌总数	增加	[23]	
				细菌数量		氨化细菌的总数	增加	[23]	
			减少	[13,15,19–22]		变形菌门为主、极少数酸杆菌门、放线菌门以及芽单胞菌门		[24]	
				细菌类型		放线菌优势种为加利利链霉菌		[17]	
			显著减少	[13,14]					
	细菌数量	放线菌数量				真菌数量	增加	[4,13,15,20–22]	
			显著提高	[15,20]					
			减少	[23]		真菌 Fungus	子囊菌门为优势,少数为担子菌门		[24,25]
	好气性纤维素分解细菌			茄病镰刀菌数(子囊菌)				[25,26]	
		显著增加	[13]	显著升高					
	固氮菌总数		减少	[13,23]	镰孢菌、轮枝菌和立枯丝核菌			[27]	

壤酶^[8,15,30]、土壤微生物^[8,15,31]、土壤理化性状^[8,9,15,31]等发生变化,植株产生化感自毒作用^[8,31,32]、光合生理及抗氧化生理系统发生了改变^[10]等。

3.2 连作障碍的调控措施

研究成果表明,国内从品种选育、土壤处理与改良、科学施肥、优化栽培技术等方面,对马铃薯连作障碍进行了调控,并取得了明显的效果。

通过一系列诸如物理、拮抗菌^[31]、微生物菌剂^[33]、重茬药剂(CBT重茬剂和重茬一号)^[34]、外源水杨酸^[6]、“宝大森”药剂拌种^[35]等处理措施,改变土壤有益微生物组成,达到减轻连作障碍发生之目的。

通过科学合理配施EM菌发酵过的马粪及其和秸秆的混合物肥^[36]、沼渣肥和钾肥^[35,37]、腐植酸铵、微生物(含UF菌群)有机肥^[10,38]、微肥、有机全营养肥、测土配方施肥^[28,31,39,40]等措施,丰富土壤养分,减轻连作障碍发生。

通过与天蓝苜蓿、陇东苜蓿和箭筈豌豆等豆科

植物轮作^[13,41],玉米、蚕豆和荞麦间作^[19,42,43]、深耕^[39]等优化栽培技术,减轻连作障碍发生。

国内马铃薯连作障碍的研究起步晚、成果少,近年来,逐渐引起国内科研机构,特别是甘肃农业大学、宁夏大学等单位的重视。

马铃薯连作障碍的发生由多因素相互综合作用,目前的研究成果多属于单因素试验,多因子特别是土壤微生态因子与连作障碍相关性的研究有待深入。

[参 考 文 献]

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

[2] 王芳.茄子连作障碍机理研究[D].北京:中国农业大学,2003.

[3] 沈宝云,刘星,王蒂,等.甘肃省中部沿黄灌区连作对马铃薯植株生理生态特性的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(6):689–699.

- [4] 孟品品. 连作条件下马铃薯根际微生态环境的变化及其生物效应研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [5] 张庆霞, 宋乃平, 王磊, 等. 宁南山区马铃薯连作田土壤水分变化规律及其对产量的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(6): 81-85.
- [6] 回振龙, 王蒂, 李宗国, 等. 外源水杨酸对连作马铃薯生长发育及抗性生理的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(4): 1-8.
- [7] 赵春燕, 刘莺. 日光温室马铃薯连作年限与叶片光合速率变化测定[J]. 甘肃农业科技, 2014, 41(5): 31-32.
- [8] 回振龙. 马铃薯连作障碍生理机制及其调控的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [9] 赵春燕. 马铃薯连作障碍机理的探讨[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [10] 沈宝云. 甘肃黄河灌区马铃薯不同品种对连作逆境的响应机理研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [11] 刘星, 张书乐, 刘国锋, 等. 连作对甘肃中部沿黄灌区马铃薯干物质积累和分配的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(7): 138-149.
- [12] 胡宇, 郭天文, 张绪成. 旱地马铃薯连作对土壤养分的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5436-5439, 5601.
- [13] 今芝. 连作、轮作马铃薯对根际土壤微生物数量及土壤养分的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [14] 王娟, 刘补成. 马铃薯连作年限对土壤氮磷钾及微量元素的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014, 41(1): 20-22.
- [15] 孙权, 陈茹, 宋乃平, 等. 宁南黄土丘陵区马铃薯连作土壤养分、酶活性和微生物区系的演变[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 208-212.
- [16] 胡宇. 施肥对不同连作年限马铃薯生长及土壤养分的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [17] 陈杰, 郭天文, 谭雪莲, 等. 马铃薯连作地健康株与病株根区土壤微生态特性比较[J]. 作物学报, 2013, 39(11): 2055-2064.
- [18] 白艳茹, 马建华, 樊明寿. 马铃薯连作对土壤酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2010, 29(3): 34-36.
- [19] 汪春明. 马铃薯连作栽培与间作调控对根际土壤的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2014.
- [20] 马玲. 马铃薯连作栽培及多样性调控对土壤微生物的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2014.
- [21] 马琨, 张丽, 杜茜, 等. 马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(4): 229-233.
- [22] 杜茜, 卢迪, 马琨. 马铃薯连作对土壤微生物群落结构和功能的影响[J]. 生态环境学报, 2012, 21(7): 1252-1256.
- [23] 白艳茹. 马铃薯连作对根际土壤微生物数量和土壤酶活性的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [24] 贾欢欢. 马铃薯连作对根际细菌和真菌遗传多样性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [25] 陆丽华. 马铃薯连作土壤中根际微生物区系变化的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2013.
- [26] 牛秀群, 李金花, 张俊莲, 等. 甘肃省干旱灌区连作马铃薯根际土壤中镰刀菌的变化[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 236-243.
- [27] 李继平, 李敏权, 惠娜娜, 等. 马铃薯连作田土壤中主要病原真菌的种群动态变化规律[J]. 草业学报, 2013, 22(4): 147-152.
- [28] 王淑兰, 丁虎银, 柴忠良. 马铃薯连作障碍机理与防治措施试验研究[J]. 内蒙古农业科技, 2010, 41(5): 38-39, 61.
- [29] 刘秉义, 董凤林, 靳军良, 等. 固原市马铃薯连作减产原因分析及应采取的措施[J]. 中国马铃薯, 2009, 23(5): 303-304.
- [30] 李国庆, 郭华春. 马铃薯连作障碍的土壤微生态研究进展[M]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与农村区域发展, 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2013.
- [31] 裴国平, 王蒂, 张俊莲. 马铃薯连作障碍产生的原因与防治措施[J]. 广东农业科学, 2010, 49(6): 30-32.
- [32] 杜茜, 马琨. 马铃薯连作对土壤理化性质及酶活性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2013, 35(5): 20-23, 39.
- [33] 高冕, 周涛, 郭永青, 等. 腐植酸微生物菌剂在连作马铃薯上的应用效果研究[J]. 腐植酸, 2014, 35(2): 29-32.
- [34] 彭绍峰, 赵爱菊, 张春强, 等. 应用抗重茬药剂克服马铃薯连作障碍试验初报[J]. 农业科技通讯, 2010, 42(1): 44-45.
- [35] 杜立和, 王亚瀑. 马铃薯连作地改良试验[J]. 现代农业科技, 2010, 42(18): 280, 282.
- [36] 毛彦芝, 刘玲玲, 孟兆华, 等. EM菌对连作马铃薯原原种生产网棚土壤及马铃薯产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2014, 36(3): 41-43.
- [37] 王永生. 沼渣对马铃薯连作土壤理化性状影响及增产效果试验研究[J]. 中国沼气, 2011, 31(2): 54, 56.
- [38] 沈宝云, 余斌, 王文, 等. 腐植酸铵、有机肥、微生物肥配施在克服甘肃干旱地区马铃薯连作障碍上的应用研究[J]. 腐植酸, 2012, 33(24): 2.
- [39] 谢奎忠, 陆立银, 罗爱花. 不同栽培措施对连作马铃薯土壤真菌、真菌性病害和产量的影响[J]. 中国蔬菜, 2013(2): 70-75.
- [40] 柳树良. 克服马铃薯连作障碍的几项技术措施[J]. 新农村, 2012(2): 18-19.
- [41] 秦舒浩, 曹莉, 张俊莲, 等. 轮作豆科植物对马铃薯连作田土壤速效养分及理化性质的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(8): 1452-1458.
- [42] 汪春明, 马琨, 代晓华, 等. 间作栽培对连作马铃薯根际土壤微生物区系的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(6): 711-716.
- [43] 秦越. 宁夏黄土高原马铃薯连作及间作栽培对土壤微生物遗传多样性的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2014.