

辣椒连作对土壤理化性状、植株生理抗性及其离子吸收的影响^①

郭红伟, 郭世荣, 刘来, 孙锦, 黄保健*

(南京农业大学园艺学院, 农业部南方蔬菜遗传改良重点开放实验室, 南京 210095)

摘要: 为研究辣椒连作对土壤理化性状及植株生长、抗氧化酶活性、渗透物质和离子含量等的影响, 分别选取连续栽种辣椒 1、4、6、8 年的大棚土壤, 并以麦田土壤为对照进行盆栽试验。结果表明, 连作土壤有机质和全氮都明显高于对照土壤, 连作土壤全磷、全钾及速效养分都有不同程度富集, 大量元素高度富集, Mn 含量下降, Cu 含量明显增加, 土壤出现酸化和盐渍化现象且随连作年限增加程度加大。连作土壤导致辣椒植株生长量减少, 叶片中 SOD、POD 和 CAT 活性增强, MDA 和渗透物质含量上升, 地上部大量元素不同程度富集, Ca 元素减少, 而微量元素变化不明显。可见, 辣椒连作使土壤理化性状变劣, 进而影响植株正常生长, 并且随连作年限增加影响程度进一步加大。

关键词: 连作; 辣椒; 土壤; 抗氧化酶; 离子吸收

中图分类号: S641.3

近年来, 我国设施蔬菜栽培面积不断扩大, 由于集中化、规模化和专业化生产的需求以及各地栽培习惯的影响, 大棚蔬菜栽培种类单一, 多年连作造成的各种障碍已成为生产上亟待解决的一大难题, 并引起了国内外广大学者的高度重视。许多园艺植物(包括瓜果类蔬菜和观赏花卉)、大田经济作物和中草药都存在不同程度的连作障碍现象^[1-4]。

辣椒 (*Capsicum annuum* L.) 属于茄科辣椒属, 因其果实营养丰富、味道鲜美而在世界各地广泛栽培, 产量在茄科蔬菜中仅次于番茄^[5], 是全世界十大名菜之一。随着设施农业的发展, 辣椒也已成为设施栽培的主要蔬菜种类, 在保障市场供应和促进农民增收方面发挥着积极的作用。诸多学者曾对果菜类中黄瓜、茄子连作障碍机制进行了研究, 但对辣椒连作障碍的研究较少。试验针对江苏淮安清浦区大棚辣椒的生产现状, 利用盆栽实验研究了不同连作年限土壤种植对辣椒植株生长状况、渗透物质含量、抗氧化酶活性以及植株中离子分布等生理特性的影响。拟探明辣椒连作对土壤化学性状的影响及对植株伤害的机理, 为进一步研究辣椒连作障碍机制和寻求有效的防治措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取淮安市清浦区黄码镇严卓村连作辣椒 1、4、6、8 年的大棚土壤和相邻麦田土壤(对照)为供试土壤, 供试土壤的理化性质见表 1。在南京农业大学实验基地大棚内用所取土样进行辣椒盆栽试验, 设 5 个处理, 分别为: 连作辣椒 1、4、6、8 年的大棚土壤和相邻麦田的对照土壤, 每个处理 15 盆, 供试品种为淮安清浦区主栽辣椒品种“宁研二号”。于 2010 年 7 月 20 日育苗, 8 月 26 日进行盆栽, 定植后 30 天各处理分别取样测定。

1.2 测定方法

1.2.1 土壤理化性质 采集辣椒根系 0~20 cm 耕层土壤, 按“Z”行法确定 5 个采样点采集混合土样。土壤全盐量的测定采用电导法, 用电导率仪测定; pH 值按土水比 1:5 浸提, pHSJ24A 酸度计测定; 有机质用重铬酸钾-外加热法测定; 全氮用半微量开氏法测定; 土壤全磷采用 HClO₄-H₂SO₄ 法测定; 土壤全钾采用 NaOH 熔融-火焰光度法测定; 速效磷用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑钨比色法测定; 速效钾用醋酸铵浸提-火焰光度法; 离子含量及有效态 Fe、Mn、Cu 采用原子吸收光谱法测定^[6]。

1.2.2 辣椒叶片渗透物质含量和抗氧化酶活性 可溶性糖含量采用蒽酮法测定; 可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[7]; SOD 活性测定采用氮蓝四唑 (NBT) 光还原法测定^[8]; POD 活性采用 Kochba

①基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目 (cx (09) 609) 资助。

* 通讯作者 (baojianh@njau.edu.cn)

作者简介: 郭红伟 (1984—), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向为设施园艺与无土栽培。E-mail: guohongwei724@163.com

等^[9]的方法测定; CAT 活性采用 Dhindsa 等^[8]的方法测定; MDA 含量采用改进的硫代巴比妥酸法^[10]测定。

1.2.3 辣椒植株离子含量 离子提取方法参照王宝山和赵可夫的方法^[11], 略加改动。称取烘干样品 50 mg 于大试管中, 加 20 ml 去离子水, 摇匀, 沸水浴 2 h, 冷却后过滤于 50 ml 容量瓶中定容。离子含量及有效态 Fe、Mn、Cu 使用日立 Z-2000 型原子吸收分光光度计进行测定。

1.3 数据处理

用 SPSS12.0 进行数据分析, Duncan's 多重比较法进行统计分析, $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 辣椒连作对土壤理化性状的影响

由表 1 可以看出, 辣椒大棚土壤有机质含量明显高于对照土壤, 连作 4、6 和 8 年土壤分别比对照土壤增加 31.93%、41.67% 和 34.11%, 连作 4 年土壤与对照土壤差异显著; 连作条件下, 大棚土壤全氮含量均显著高于对照土壤, 连作 8 年土壤达到最大, 较对照土壤增加了 127.3%, 这与大棚中普遍大量施用有机肥有关。与对照土壤相比, 大棚土壤全磷、全钾含量有

显著升高, 速效养分也呈高度富集状况, 这说明了养分在大棚土壤中的累积。连作土壤 pH 值均显著低于对照土壤, 连作 1 年和 4 年土壤较对照土壤分别降低了 5.93% 和 6.35%, 连作 6 年土壤进一步降低, 达到 7.49%, 连作 8 年土壤虽然有所上升但仍显著低于对照土壤, 说明土壤呈现了一定的酸化趋势。

由表 1 还可知, 辣椒大棚土壤 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 含量与对照土壤相比均显著升高, 在连作 4 年土壤中达到最大, 与对照土壤相比分别增加了 859%、548%、479% 和 510%, 说明大量元素在连作土壤中高度富集。大棚土壤与对照土壤相比 Fe 元素含量有所上升, 但无显著差异; 连作条件下 Cu 元素含量显著升高, 并随连作年限增加逐步上升, 连作 8 年土壤达到对照土壤含量的 3.2 倍; 与对照土壤相比, 连作土壤 Mn 元素含量有所下降, 连作 8 年土壤比对照土壤降低了 93.26%, 且差异达到显著水平。大棚土壤 EC 值均高于对照土壤, 并随连作年限增加而逐步上升, 除连作 1 年土壤外, 差异均达到显著水平, 连作 4、6 和 8 年土壤比对照土壤分别增加了 180%、230% 和 341%, 这与大棚养分富集和离子含量增加有关, 说明随连作年限增加, 辣椒大棚土壤逐步出现盐渍化现象。

表 1 不同连作年限土壤的理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of continuous cropping soil

连作年限 (年)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全钾 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	Fe (mg/g)	Cu (mg/g)
CK	21.14 b	0.66 c	32.40 d	78.71 e	1.83 d	98.72 e	0.038 a	0.032 d
1	23.60 b	1.13 b	42.55 c	133.69 d	3.54 c	107.44 d	0.042 a	0.049 c
4	27.89 a	1.42 ab	45.88 b	143.70 b	4.37 b	121.76 c	0.055 a	0.065 b
6	29.95 a	1.36 ab	55.51 a	146.57 a	5.01 a	126.2 b	0.056 a	0.072 b
8	28.35 a	1.50 a	47.87 b	140.11 c	4.41 b	139.33 a	0.059 a	0.102 a
连作年限 (年)	Mn (mg/g)	EC (mS/cm)	pH	Mg^{2+} (mg/g)	Na^+ (mg/g)	K^+ (mg/g)	Ca^{2+} (mg/g)	
CK	0.178 a	0.46 b	7.08 a	0.148 c	0.396 c	0.219 c	0.521 b	
1	0.054 ab	0.71 b	6.66 c	0.758 b	1.696 b	0.597 b	2.347 a	
4	0.138 ab	1.29 a	6.63 c	1.419 a	2.567 a	1.267 a	3.176 a	
6	0.119 ab	1.52 a	6.55 d	0.835 b	1.979 ab	0.480 bc	2.757 a	
8	0.012 b	2.03 a	6.72 b	1.189 a	2.052 ab	0.995 a	2.398 a	

注: 土样于 2010 年 7 月 30 日取自淮南市清浦区黄码镇辣椒基地, 对照为相邻麦田; 同列不同小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著, 下同。

2.2 辣椒连作对植株生长的影响

由表 2 可以看出, 连作土壤抑制了辣椒的生长, 随着连作年限的延长, 株高、茎粗均呈下降趋势。在

连作年限较短时, 株高有所下降, 但差异未达显著水平; 当连作年限达到 8 年时, 连作辣椒株高较对照处理降低了 3.96%, 差异达到显著水平。连作年限对辣

椒茎粗的影响不明显,下降幅度很小。连作条件下植株地上部鲜重显著低于对照处理,连作1年和4年处理与对照处理相比分别降低了5.42%和6.04%,连作6年和8年处理有所上升,但仍显著低于对照处理,分别为5.78%和5.99%;地上部干重连作1年处理显著低于对照处理,降低了10.08%,连作4、6年和8年处理进一步降低,与连作1年处理差异达到显著水平,分别比对照降低17.05%、16.28%和18.35%。

表2 辣椒连作对植株生长特性的影响

Table 2 The effects of continuous cropping soil on growth characteristics of pepper

连作年限 (年)	株高 (mm)	茎粗 (mm)	地上部鲜重 (g)	地上部干重 (g)
CK	22.701 a	0.327 a	4.173 a	0.387 a
1	22.831 ab	0.314 a	3.947 b	0.348 b
4	22.133 ab	0.310 a	3.921 b	0.321 c
6	21.972 ab	0.309 a	3.932 b	0.324 c
8	21.804 b	0.314 a	3.923 b	0.316 c

虽然土壤肥力随着连作年限增加逐步上升,速效养分不同程度累积(表1),但辣椒生长并没有随着肥力增加而有所改善,这可能与土壤理化环境变化所导致的根际微生物区系变化有关。

2.3 辣椒连作对植株渗透物质的影响

叶片中可溶性糖和可溶性蛋白含量可以通过主动积累来降低渗透势,起到渗透调节作用,由图1可以看出,连作条件下辣椒叶片中可溶性糖含量均明显高于对照处理,并随着连作年限的增加含量逐渐增加,当连作年限为6年时,其含量最高,较对照处理提高43.86%;辣椒叶片可溶性蛋白含量在连作1年和4年处理中,与对照处理没有显著差异,但随连作年限进一步增加,其含量大幅上升且显著高于对照处理,连作6年和8年处理较对照处理分别提高了54.49%和56.93%。

2.4 辣椒连作对植株抗氧化酶活性的影响

在正常情况下,植物体内的活性氧产生与清除处于动态平衡状态。SOD、POD和CAT是植物体内活性氧清除酶促防御系统中主要的保护酶^[12]。由图2可以看出,随着连作年限的增加,辣椒叶片中SOD、POD和CAT酶活性均具有不同程度的上升趋势。连作条件下辣椒叶片中SOD活性均显著高于对照处理,连作1年和4年处理辣椒叶片中SOD酶活性较对照处理分别

提高2.58%和1.98%,连作6年和8年处理分别提高5.2%和4.63%;辣椒叶片中POD活性随连作年限增加也有所增加,但在连作1年处理中变化并不明显,与对照处理相比,连作4、6年和8年处理辣椒叶片中POD酶活性分别提高了38.09%、34.92%和41.27%;与SOD和POD活性相比,辣椒叶片中CAT活性在短期连作条件下变化并不明显,当连作年限达到8年时显著高于对照处理,增加了26.75%。

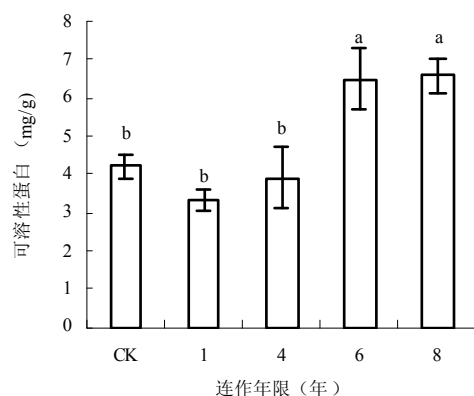
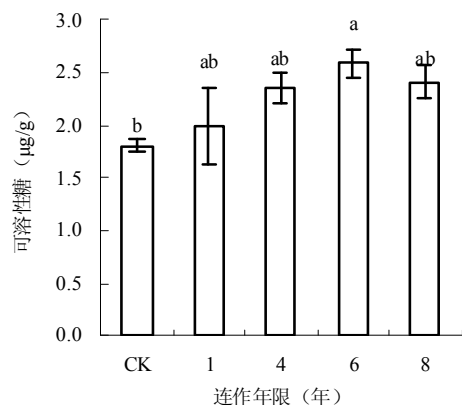


图1 辣椒连作对叶片中可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响

Fig. 1 The effects of continuous cropping soil on contents of soluble sugar and protein in pepper leaves

2.5 辣椒连作对植株MDA含量的影响

在逆境胁迫下,植物细胞中的活性氧积累,导致膜质过氧化作用,其产物MDA含量增加。由图3可以看出,随着年限的增加,MDA含量具有明显的上升趋势;连作1年处理MDA含量较对照处理无显著变化,而连作4、6、8年处理与对照处理差异显著,分别增加18%、21%和42%;当连作8年时MDA含量均显著高于其他处理,与6年相比增加了17%。

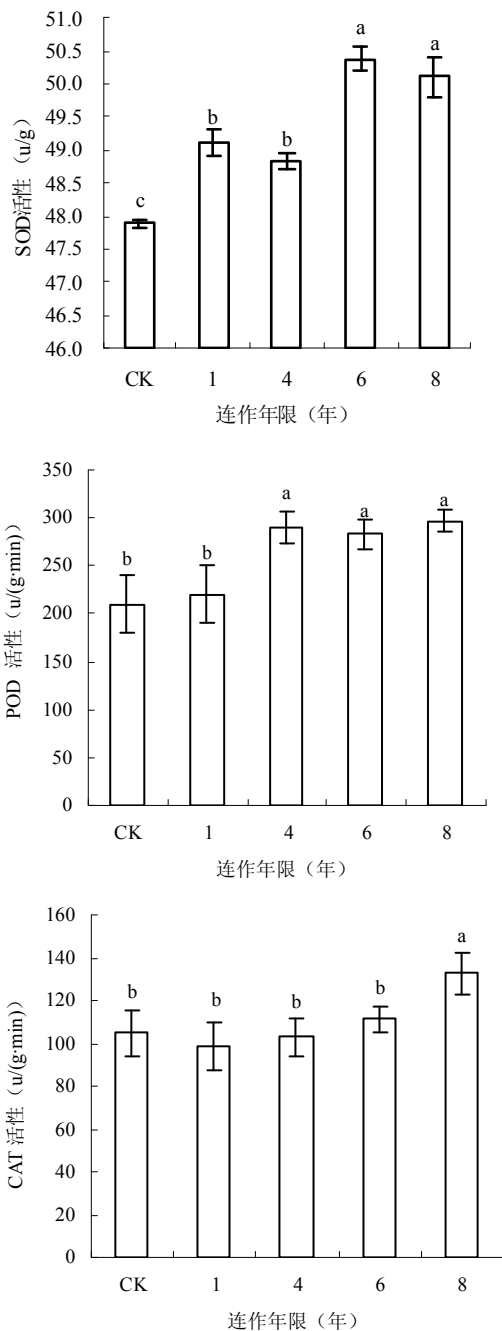


图 2 辣椒连作对叶片中 SOD、POD 和 CAT 酶活性的影响

Fig. 2 The effects of continuous cropping soil on activities of SOD, POD and CAT in pepper leaves

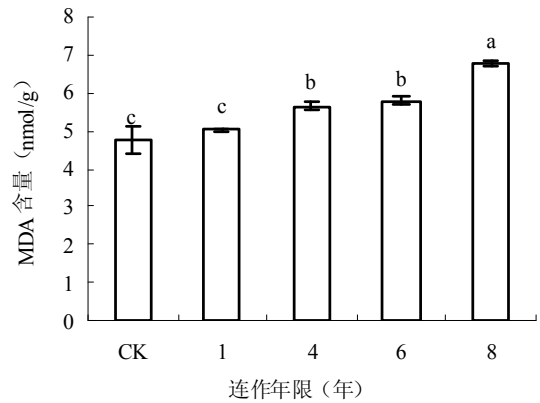


图 3 辣椒连作对叶片中 MDA 含量的影响

Fig. 3 The effects of continuous cropping soil on MDA contents in pepper leaves

2.6 辣椒连作对植株离子含量的影响

由表 3 可以看出, 随着连作年限增加, 辣椒地上部中 Mg^{2+} 和 Cu 元素含量都有不同程度的增加。连作处理 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 含量与对照处理均有显著差异, 在连作 1 年和 4 年时有所下降, 但当连作年限继续增加, 辣椒植株中离子含量逐步出现富集, 并随连作年限的增加程度逐渐增大; 植株中 Ca^{2+} 含量随年限增加具有明显的下降趋势; 微量元素 Fe 、 Cu 、 Mn 在植株中的含量变化趋势不明显, 但在连作条件下均有所下降, 只有 Cu 元素在连作 8 年处理中有少量富集。

3 讨论

设施蔬菜连作障碍的一个重要原因是土壤理化性状的恶化, 主要表现为物理性状不良, 通气透水性差, 养分分布不均衡, 酸化和次生盐渍化加剧^[13]。本研究中, 连作土壤与对照相比具有一定酸化趋势, N 、 P 、 K 养分均有不同程度的富集, 逐步出现次生盐渍化现象, 并随连作年限增加次生盐渍化程度加重。因此, 连作使土壤的理化性状变劣, 降低其保肥、保水能力^[14]。

表 3 辣椒连作对植株离子含量的影响 (mg/g)

Table 3 The effects of continuous cropping soil on ion contents of pepper

连作年限 (年)	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Fe	Cu	Mn
CK	0.669 c	0.462 b	1.534 a	0.925 a	0.157 a	0.013 b	0.047 a
1	0.633 c	0.032 d	0.301 d	0.723 a	0.017 c	0.009 b	0.005 c
4	0.351 d	0.048 d	0.802 c	0.554 b	0.005 d	0.011 b	0.002 c
6	1.07 b	0.384 c	0.512 b	0.473 b	0.025 c	0.012 b	0.006 c
8	1.76 a	0.588 a	1.505 a	0.319 b	0.038 b	0.016 a	0.015 b

土壤质量可以用来评价土地使用的可持续性和土壤管理方法^[15]。许多研究表明土壤有机质是土壤本身一个良好的质量指标^[16-17], 在本研究中, 连作土壤有机质含量明显高于对照土壤, 并随连作年限增加而有一定的上升趋势, 土壤 pH 值却有所下降, EC 值显著升高, 逐步出现了酸化和盐渍化现象, 土壤质量并没有提高, 反而逐步变劣。也有研究认为 pH 值和有机质的变化趋势完全相反, 即有机质含量高的土壤, 其 pH 值则小。因此, 不能将土壤有机质作为衡量土壤质量的唯一指标^[18], 而应该使用盐渍度、pH 值和速效养分等土壤属性的综合指标。

长期连作可以改变土壤的理化和生物特性, 同时也会进一步影响作物的生长及产量^[19]。吴晓玲等^[20]在辣椒上的研究结果表明, 连作影响了辣椒正常的生长发育, 造成植株形态学指标的明显下降。王芳等^[21]通过盆栽试验研究连作对茄子苗期生长的影响, 发现茄苗株高、叶面积、主根长和总根长明显低于正茬, 导致茄苗地上部、地下部鲜物质质量分别比正茬减少 33.2% 和 30.2%。本研究发现, 连作土壤下辣椒生长发育受到限制, 与对照处理相比辣椒植株矮小、细弱, 这可能是由于连作导致土壤酸化和次生盐渍化程度加重所致。日本人桥本测定了几种果菜类蔬菜发生盐分危害的生理障碍临界点 EC 值和枯死临界点 EC 值, 其中辣椒分别为 1.5 mS/cm 和 3.5 mS/cm^[22], 本实验中连作 6 年的土壤 EC 值为 1.52 mS/cm, 已经高于辣椒生理障碍临界点, 而随年限增加 EC 值进一步上升, 当达到 8 年时为 2.03 mS/cm, 辣椒生长已明显受到影响。

随着连作年限的增加, 土壤逐步出现养分富集、酸化和次生盐渍化等问题 (表 1), 这些逆境可以引起植物体内活性氧水平增加, 同时启动植株自身防御系统, SOD、POD、CAT 三者协调作用, 共同组成植物的保护酶系统, 清除植物体内活性氧, 提高植物对逆境的适应性。本实验表明, 随着连作年限的增加, 辣椒叶片中 SOD、POD 和 CAT 三种抗氧化酶活性逐步升高, 表明辣椒植株幼苗可以通过自身调节来减少或清除活性氧, 以适应连作所造成的土壤性质变劣的逆境胁迫。

渗透调节是植物在逆境胁迫时出现的一种调节方式, 在逆境条件下, 细胞内主动积累溶质来降低细胞液的渗透势, 以防止细胞过度失水。本研究发现随着连作年限增加, 可溶性糖和可溶性蛋白含量均有较明显的上升趋势, 但在短期内并不明显, 当连作年限达到 6 年和 8 年时, 其含量都显著地高于对照处理, 这可能是由于连作导致土壤环境恶劣造成。随着连作年

限增加, 盐分积累引起设施土壤溶液浓度升高, 使作物周围的渗透压升高, 水势降低, 作物根系吸水细胞吸水困难、生长发育受阻、抗性降低, 造成作物体内积累干物质质量较少, 严重时导致植株枯萎死亡。

连作导致大棚土壤出现次生盐渍化现象, 其程度高低对于土壤养分的平衡供应, 以及作物对养分的均衡吸收都有明显的影响。大面积长期连作现象十分普遍, 作物对土壤养分具有选择性吸收, 同一作物长期连作, 必然造成某种元素的亏缺, 导致作物生长不良甚至大幅度减产。设施土壤中随着植株对 NO_3^- 吸收量的增加, 植株对 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的吸收减少, 导致 Ca 素生理病害^[23]。本研究发现, 随着连作年限增加, 辣椒植株中 Ca^{2+} 含量逐步降低, 而 Mg^{2+} 含量则显著升高, 这可能由于随着连作年限增加, 土壤中 Mg^{2+} 富集程度加重导致。在酸性黄红壤中, 硝酸钙积累导致辣椒叶片对 Mn 的吸收量增加, 当 Mn 含量高于 1 000 mg/kg 的 Mn 中毒临界值时^[24], 导致 Mn 毒害, 高 Mn 进而使 Fe/Mn 比值远低于正常比值 1.5 ~ 2.5, 诱发心叶叶绿 (缺铁症状), 盐渍化由此引起酸性土发生 Mn 中毒和缺 Fe 症。在淮安市清浦区辣椒大棚土壤偏酸性, 有一定程度盐渍化 (表 1), 与对照土壤相比, 辣椒植株中 Fe 元素变化不明显, Mn 元素含量降低且远远低于 Mn 中毒临界值, Fe/Mn 比值为 2.5 ~ 3.4, 并无缺 Fe 症状出现。

大量研究表明, 植物连作障碍的形成机理是复杂的, 连作土壤理化性状恶化^[25]只是其中的一个方面, 化感 (自毒) 效应和微生物群落改变^[26]等都可能是造成辣椒连作障碍的原因。因此, 应综合分析由辣椒连作导致土壤恶化, 进而影响植株正常生长的原因, 进一步加强和综合上述几方面内容的研究, 为有针对性地防治辣椒连作障碍提供理论依据。

参考文献:

- [1] Dobermann A, Dawe D, Roetter RP, Cassman KG. Reversal of rice yield decline in a long-term continuous cropping experiment. *Journal of Agronomy (Soil Fertility)*, 2000, 92: 633-643
- [2] Alvey S, Bagayoko M, Neumann G, Buerkert A. Cereal/legume rotations affect chemical properties and biologic activities in two west African soils. *Plant and Soil*, 2001, 231: 45-54
- [3] 王磊, 王兰英, 朱朝华, 李娟. 玉米连作对其发芽率和苗期生长的影响. *东北林业大学学报*, 2009, 37(2): 55-57
- [4] 张重义, 林文雄. 药用植物的化感自毒作用与连作障碍. *中国生态农业学报*, 2009, 17(1): 189-196
- [5] 赵海燕. 线辣椒主要性状的动态变化及其相关性研究. *陕西杨*

- 凌: 西北农林科技大学, 2008: 11-15
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 14-151
- [7] 李合生, 孙群, 赵世杰, 章文华. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000: 119-120
- [8] Dhindsa RS, Plumb-Dhindsa P, Thorpe TA. Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 1981, 32: 93-101
- [9] Kochba J, Lavee S, Spiegel-Roy P. Differences in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryogenic 'Shamouti' orange ovular callus lines. *Plant and Cell Physiology*, 1977, 18: 463-467
- [10] 赵世杰, 许长成, 邹琦. 植物组织中丙二醛测定方法的改进. *植物生理学通讯*, 1994, 30(3): 207-210
- [11] 王宝山, 赵可夫. 小麦叶片中 Na^+ 、 K^+ 提取方法的比较. *植物生理学通讯*, 1995, 31(1): 50-52
- [12] 田婧, 郭世荣, 刘香娥, 张润花, 程玉静. 外源亚精胺对高温下黄瓜幼苗叶片抗氧化系统的影响. *西北植物学报*, 2009, 29(11): 2 261-2 267
- [13] 高群, 孟宪志, 于洪飞. 连作障碍原因分析及防治途径研究. *山东农业科学*, 2006(3): 60-63
- [14] 张淑香, 高子勤. 连作障碍与根际微生态研究 II. 根系分泌物与酚酸物质. *应用生态学报*, 2000, 11(1): 152-156
- [15] Shukla MK, Lal R, Ebinger M. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil & Tillage Research*, 2006, 87: 194-204
- [16] Galantini J, Rosell R. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil & Tillage Research*, 2006, 87: 72-79
- [17] Kapkiyai JJ, Karanja NK, Qureshi JN, Smithson PC, Woome PL. Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenian nitisol under long term fertilizer and organic input management. *Soil Biology & Biochemistry*, 1999, 31: 1 773-1 782
- [18] Lee, JM. Vegetable grafting: a powerful aid for cultivation of environmentally-friendly produce. *Modern Science & Technology*, 2008, 4: 68-85
- [19] Blevins RL, Thomas GW, Smith MS, Frye WW, Cornelius PL. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventional tilled corn. *Soil & Tillage Research*, 1983, 3: 135-146
- [20] 吴晓玲, 周宝利, 侯永侠. 连作、轮作对辣椒不同品种生育和土壤肥力、微生物种群的影响. *辽宁农业科学*, 2006(2): 1-4
- [21] 王芳, 王敬国. 连作对茄子苗期生长的影响研究. *中国生态农业学报*, 2005, 13(1): 79-81
- [22] 劳秀荣, 张淑茗. 保护地蔬菜施肥新技术. 北京: 中国农业出版社, 1999: 23-35
- [23] 高秀兰, 肖千明, 娄春荣. 日光温室栽培番茄引起生理障碍 NO_3^- 浓度的研究. *辽宁农业科学*, 1997(1): 8-12
- [24] Khattak RA, Jarrell WM. Effect of saline irrigation waters on soil manganese leaching and bioavailability to sugar beet. *Soil Science of American Journal*. 1989, 53: 142-146
- [25] 吕卫光, 余廷园, 诸海涛, 沈其荣, 张春兰. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究. *中国生态农业学报*, 2006, 14(2): 119-121
- [26] 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. *中国农业科学*, 2007, 40(10): 2 274-2 280

Effects of Continuous Cropping on Physical and Chemical Properties of Soil, Physiological Resistance and Ion Absorption of Pepper

GUO Hong-wei, GUO Shi-rong, LIU Lai, SUN Jin, HUANG Bao-jian

(*College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Southern Vegetable Crop Genetic Improvement,
Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China*)

Abstract: Pot culture experiment was conducted in order to study the effects of continuous cropping on physical and chemical properties of soil, growth, antioxidant enzymes, osmotic substances and ion content of pepper. The soils of continuously cropped peppers for 1, 4, 6 and 8 years were taken as treatments while soil with normal cropping wheat as contrast. The results showed that: for the pepper replant soil, organic matter and total N were significantly higher than the control, total P, K and available nutrient were enriched to various degrees; however, Mn element content was decreased while Cu was increased significantly. The level of acidification and salinization increased along with continuous cropping years. The growth of pepper plants was restricted under continuous cropped soil, the activities of SOD, POD and CAT in leaves increased significantly, as well as the content of MDA and osmotic substances. There were concentrations of metal ions and decline of Ca^{2+} for the overground parts of pepper. In summary, the continuous cropping of pepper could deteriorate the physical and chemical properties of soil, and in turn affected the growth of pepper, which could be intensified with the increase of continuous cropping years.

Key words: Continuous cropping, Pepper, Soil, Antioxidant enzymes, Ion absorption