

任旭琴, 彭 莉, 章宇萍, 等. 邻苯二甲酸二丁酯对辣椒根系生理特性和土壤酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 191–193.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.059

邻苯二甲酸二丁酯对辣椒根系生理特性和土壤酶活性的影响

任旭琴^{1,2}, 彭 莉¹, 章宇萍¹, 虞欢欢¹, 黄观红¹

(1. 淮阴工学院, 江苏淮安 223003; 2. 赵其国院士工作站, 江苏淮安 223003)

摘要:通过在土壤中添加邻苯二甲酸二丁酯(DBP),测定辣椒根系的生理指标、土壤酶活性,研究 DBP 对辣椒生长的影响。结果表明:高浓度 DBP 对辣椒根系生理代谢有显著抑制作用,辣椒根系丙二醛(MDA)含量显著升高,根系活力、活跃吸收面积、过氧化物酶(POD)活性显著降低。同时根际和非根际土壤的脲酶、脱氢酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性被显著抑制,低浓度 DBP 对根系活力、活跃吸收面积、POD 活性则有促进作用,对根际土壤蔗糖酶和脱氢酶也有类似作用。

关键词:辣椒;邻苯二甲酸二丁酯(DBP);土壤酶;根系活力;活跃吸收面积

中图分类号: S641.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0191-03

辣椒连作会对自身产生毒害,化感物质的影响是一个重要因素^[1-3]。邻苯二甲酸二丁酯(DBP)是辣椒主要化感物质之一^[4]。辣椒根系分泌物有 24 种化感物质,其中 DBP 的匹配度为 48.87%。耿广东等报道,辣椒主要的化感物质中 DBP 的含量最高,达到 41.5%^[5]。孙海燕等研究表明,DBP 为辣椒根系分泌的潜在化感物质之一,DBP 化感抑制作用的低限浓度为 8 $\mu\text{g/mL}$ ^[6]。同时,DBP 还被大量用于农膜、杀虫剂、杀菌剂生产,已经成为农田土壤中最常被检出的有机污染物^[7]。目前,关于 DBP 对辣椒根系生理代谢和根系土壤酶的影响研究还未见报道。本研究通过外源添加 DBP,探讨 DBP 对辣椒根系生理指标、土壤酶活性的影响,旨在为明确辣椒连作障碍的机理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

辣椒品种为中华红巨椒,穴盘苗购自江苏省淮安市蔬菜研究所;邻苯二甲酸二丁酯(南京化学试剂有限公司),分析纯。本试验于 2013 年 5—9 月在淮阴工学院蔬菜基地进行,所用田块从未种植过辣椒等茄果类蔬菜,5 月中旬定植 6~7 叶期辣椒穴盘苗,株行距为 40 cm×50 cm,定植时抖掉根系上的基质,缓苗后用 DBP 进行根围 5 cm 直径内浇灌,DBP 分别设置 6 个浓度梯度:0、10、50、100、150、200 mg/L,处理代码分别为 CK、A、B、C、D、E,每次 100 mL,每 7 d 浇 1 次,共 5 次,每畦 20 株为 1 次重复,每处理 3 畦,辣椒常规管理。结果后期对根际土壤(植株根系抖落的土壤)和非根际土壤(距植株根系 10 cm 土壤)进行多点取样,混匀后测定土壤酶活性,同时

测定根系生理指标。

1.2 方法

采用甲烯蓝染色法^[8]测定根系吸收面积,采用 TTC 法^[9]测定根系活力,采用硫代巴比妥酸法^[9]测定丙二醛(MDA)含量,采用愈创木酚法^[9]测定过氧化物酶(POD)活性,采用二硝基水杨酸比色法^[10]测定土壤蔗糖酶活性,采用靛酚比色法^[11]测定土壤脲酶活性,采用 TTC 还原法^[11]测定土壤脱氢酶活性,采用高锰酸钾滴定法^[11]测定土壤过氧化氢酶活性。

2 结果与分析

2.1 DBP 对辣椒根系生理指标的影响

由表 1 可以看出,受外源 DBP 影响,辣椒根系的根系吸收面积、根系活力为低促高抑变化,A 处理下辣椒根系吸收面积、根系活力均显著升高,分别为 CK 的 1.16 倍、1.17 倍;C、D、E 处理的根系吸收面积、根系活力均显著低于对照。根系 POD 活性亦表现出先升后降趋势,B 处理下达到最高,为对照的 1.15 倍,之后显著降低。与 CK 相比,根系 MDA 含量在 A、B 处理虽无明显变化,但在 C、D、E 处理下均显著增加。综上所述,辣椒根系对低浓度 DBP 有一定的适应性,能通过增强 POD 防御酶活性,保护细胞膜不被损伤;但是,高浓度 DBP 会对辣椒根系产生胁迫,抑制 POD 保护酶活性,使膜脂过氧化作用加剧,最终导致根系吸收能力和代谢能力下降。

2.2 DBP 对辣椒土壤酶活性的影响

2.2.1 脲酶活性 由图 1 可知,DBP 对辣椒根际土壤脲酶有低促高抑的作用,A 处理下脲酶活性显著增强,与 CK 相比增加 8.0%,B、C、D、E 处理下脲酶活性显著降低,且 DBP 浓度越高,根际土壤脲酶活性降低幅度越大。这是由于低浓度 DBP 有可能被微生物作为代谢底物,高浓度 DBP 对微生物产生胁迫,造成代谢障碍,抑制脲酶活性。与根际土壤相比,非根际土壤中的脲酶活性受 DBP 直接影响较小,C 处理下非根际土壤脲酶活性与对照相比显著下降,说明 DBP 处理不仅能影响根际脲酶活性,当 DBP 积累达到一定浓度时,也会对非

收稿日期:2014-12-16

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE3013376);江苏省大学生实践创新计划(编号:201311049055X)。

作者简介:任旭琴(1973—),女,博士,副教授,从事园艺植物环境与营养生理研究。E-mail:jsrxq@hyit.edu.cn。

表 1 DBP 对辣椒根系生理指标的影响

处理	根系吸收面积 (%)	根系活力 [$\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$]	POD 活性 [$\text{U}/(\text{g} \cdot \text{min})$]	MDA 含量 ($\mu\text{mol}/\text{g}$)
CK	$35.26 \pm 2.77\text{b}$	$87.39 \pm 9.43\text{b}$	$64.33 \pm 3.97\text{b}$	$2.801 \pm 0.467\text{c}$
A	$40.77 \pm 2.65\text{a}$	$102.67 \pm 8.62\text{a}$	$72.33 \pm 5.03\text{ab}$	$2.836 \pm 0.521\text{c}$
B	$31.34 \pm 1.61\text{b}$	$74.00 \pm 7.63\text{bc}$	$74.00 \pm 5.29\text{a}$	$3.039 \pm 0.716\text{bc}$
C	$28.08 \pm 1.51\text{c}$	$68.71 \pm 7.05\text{c}$	$55.67 \pm 4.93\text{c}$	$3.491 \pm 0.537\text{b}$
D	$27.86 \pm 2.05\text{c}$	$60.62 \pm 6.11\text{c}$	$42.33 \pm 5.51\text{d}$	$3.487 \pm 0.441\text{b}$
E	$26.55 \pm 1.31\text{c}$	$61.81 \pm 7.50\text{c}$	$34.33 \pm 4.08\text{d}$	$4.439 \pm 0.352\text{a}$

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同。

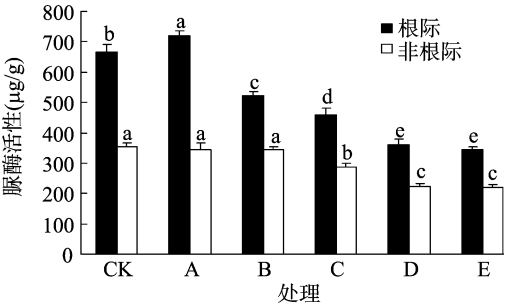


图1 DBP 对土壤脲酶活性的影响

根际脲酶活性产生影响,这种影响有可能是 DBP 富集造成根际微生态发生变化后的间接作用,有待进一步研究。

2.1.2 蔗糖酶活性 由图 2 可知,随着 DBP 浓度升高,辣椒根际土壤的蔗糖酶活性逐渐降低,B 处理下蔗糖酶活性显著低于对照,D、E 处理下下降幅度更大,分别较对照下降 36.20%、46.08%。这可能是由于 DBP 对辣椒根系和根际微生物活动产生抑制,导致根系向土壤中分泌胞外酶减少,蔗糖酶活力下降。非根际土壤蔗糖酶活性在 A、B、C 处理下无明显变化,D、E 处理下蔗糖酶活性显著下降,说明高浓度 DBP 对非根际蔗糖酶也能产生抑制作用。比较根际和非根际土壤的蔗糖酶活性,发现 CK、A 处理下根际蔗糖活性显著高于非根际土壤,B、C、D、E 处理下根际蔗糖活性差异不大,证实了辣椒根系会向根外分泌蔗糖酶增加其活性,而高浓度 DBP 抑制根系释放蔗糖酶。

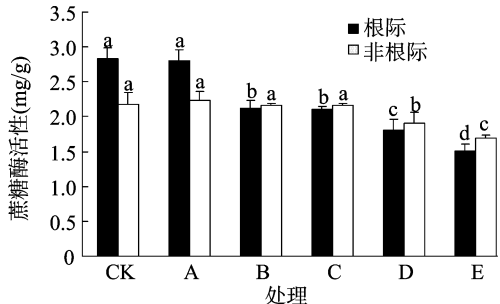


图2 DBP 对土壤蔗糖酶活性的影响

2.1.3 脱氢酶活性 脱氢酶是参与土壤生物氧化的重要酶之一,能酶促脱氢反应,起着氢的中间传递体的作用。由图 3 可以看出,根际脱氢酶活性在 A 处理时与对照无明显差异,B 处理时较对照降低 13.87%,差异达到显著水平;之后随着 DBP 浓度增大脱氢酶活性显著下降,可见一定浓度的 DBP 会抑制脱氢酶活性,这将对土壤中的氧化还原反应产生抑制作用,不利于土壤的自修复作用,究其原因,可能是因为 DBP 破

坏了土壤微生物细胞所致,与蔗糖酶相似,非根际脱氢酶活性仅在 D、E 处理显著低于对照。比较根际和非根际土壤发现,在 CK 和 A 处理时,根际酶活性高于非根际,但高浓度时却相反,进一步佐证了 DBP 对非根际土壤的间接作用,在一定程度上也说明了化感物质是通过影响根际微环境进而改变土壤环境,这或许也是辣椒连作障碍产生的原因之一。

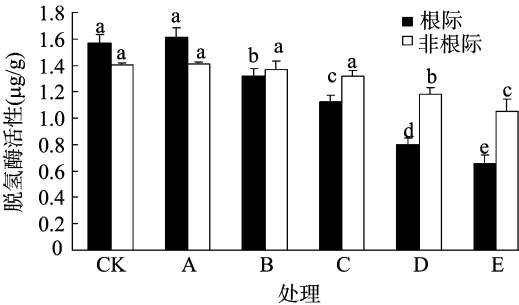


图3 DBP 对土壤脱氢酶活性的影响

2.1.4 过氧化氢酶活性 过氧化氢酶广泛存在于土壤和生物体内,能促进过氧化氢的分解,有利于防止过氧化氢对生物体产生毒害作用。由图 4 可知,DBP 对根际过氧化氢酶具有低促高抑作用,A 处理下土壤过氧化氢酶活性显著高于对照,随着处理浓度增大,过氧化氢酶活性降低。非根际的过氧化氢酶活性表现出与脲酶相似的变化规律,A、B 处理下非根际的过氧化氢酶活性无明显变化,C、D、E 处理下非根际的过氧化氢酶活性则显著降低,可见,高浓度 DBP 导致过氧化氢分解效率下降,容易造成根系、土壤过氧化氢积累。

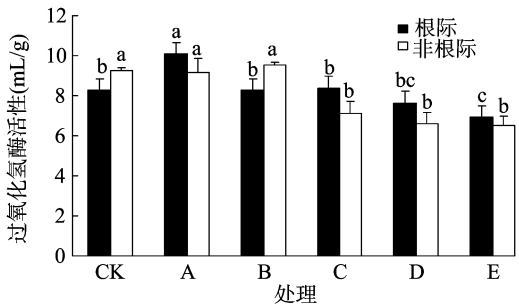


图4 DBP 对土壤过氧化氢酶活性的影响

3 结论与讨论

研究表明,蔬菜作物连作障碍与其分泌的化感(自毒)物质密切相关^[12-14]。化感物质主要干扰作物的一些高级代谢过程和生长调节系统,其中对膜的伤害可能是化感物质多种效应的起始点^[15-16]。李铁修等报道,邻苯二甲酸二异丁酯对

茄子幼苗生理生化指标影响表现为在低浓度时促进茄子根系活力,增加叶片叶绿素含量,降低叶片相对电导率,增强植株长势,抵抗逆境胁迫的能力增大,而高浓度则对其产生相反的作用效果^[15]。陈晓晓等研究认为,DBP 胁迫可打破植物体包括以活性氧为主的各种自由基产生和消除的平衡,最终导致细胞内活性氧水平升高^[16]。尹睿等研究发现,在辣椒果实、植株及根系中的 DBP 残留量随土壤中 DBP 施加浓度的增大而增加,辣椒果实中的维生素 C、辣椒素含量随着 DBP 施加浓度增大而显著下降,且即使 DBP 浓度很低也会对辣椒生长造成影响,推测辣椒品质下降主要是由于 DBP 作用^[17]。本研究结果表明,高浓度 DBP 能促进辣椒根系 MDA 含量增加,导致根系膜脂肪过氧化加剧以及根系活力、活力吸收面积、POD 活性被抑制,同时低浓度 DBP 没有对根系形成胁迫作用,这可能是辣椒根系活力增强、吸收面积增大和 POD 活性增强的原因。

土壤酶是土壤的重要组成部分,主要来自于微生物、植物、动物的活体或残体,参与包括土壤生物化学过程在内的自然界物质循环,在土壤发生发育以及土壤肥力的形成过程中起着重要作用^[18]。Kandeler 等认为,土壤酶的功能多样性与土壤功能的多样性紧密相关,土壤生态系统退化都伴随着不同土壤酶活性的下降^[19]。庞国飞等研究指出,较高土壤处理浓度的 DBP 与 DEHP 对脲酶、磷酸酶均表现明显的抑制效应,其抑制作用随 DBP 与 DEHP 浓度的增大而加强,酶活性的恢复也受 DBP 与 DEHP 污染程度影响,此外,脲酶活性受 DBP 与 DEHP 影响程度大于磷酸酶^[20]。高军等指出,土壤脱氢酶能够促进土壤中有有机物脱氢,起到氢中间传递体作用,随着 DBP 浓度提高,其脱氢过程中产生的氢可以直接释放到空气中或传给醌型有机物^[21]。此外,高军等研究结果表明,2 种化合物在高浓度处理的土壤中,均对微生物生物量碳、土壤基础呼吸以及过氧化氢酶活性表现抑制效应,抑制作用随处理浓度的增大而加强^[22]。本研究结果表明,DBP 降低了根际土壤蔗糖酶、脱氢酶活性,脲酶、过氧化氢酶则表现为低浓度促进高浓度抑制,说明高浓度 DBP 会导致根际土壤生态系统退化,受高浓度 DBP 影响,辣椒非根际土壤的 4 种酶活性均被抑制,推测 DBP 对非根际土壤是间接作用,由于根际微环境被破坏进而改变了非根际土壤环境,这或许也是辣椒连作障碍产生的原因之一。土壤酶活性降低,有效养分利用率下降是造成连作障碍的重要原因之一^[23]。张恩平等在对含有苯甲酸、邻苯二甲酸、间苯三酚和肉桂酸的土壤养分进行测定中发现,番茄自毒物质降低了土壤中速效氮、速效磷、速效钾的含量^[24]。李春龙等研究结果表明,土壤有机质、有效磷及速效钾含量均随着香草酸浓度的增加而呈降低趋势^[25]。因此 DBP 对辣椒生理代谢的影响是否因为土壤酶活性降低从而导致有效养分利用率下降所致,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张国斌,郁继华,冯致,等. NO 和 ABA 对辣椒幼苗自毒作用缓解的生理生化机制[J]. 园艺学报,2013,40(3):458-466.
- [2] 侯永侠,周宝利,吴晓玲. 不同连作土壤对辣椒生长发育的影响

研究[J]. 北方园艺,2009(8):9-11.

- [3] 杨广君,赵尊练,巩振辉,等. 线辣椒根系分泌物对辣椒等受体作物的化感效应[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(10):146-152,157.
- [4] 程智慧,耿广东,张素勤,等. 辣椒对莴苣的化感作用及其成分分析[J]. 园艺学报,2005,32(1):100.
- [5] 耿广东,张素勤,程智慧. 辣椒根系分泌物的化感作用及其化感物质分析[J]. 园艺学报,2009,36(6):873-878.
- [6] 孙海燕,王炎. 辣椒根系分泌的潜在化感物质对生菜幼苗抗氧化代谢的影响[J]. 植物生理学报,2012,48(9):887-894.
- [7] 汪军,骆永明,马文亭,等. 典型设施农业土壤酞酸酯污染特征及其健康风险[J]. 中国环境科学,2013,33(12):2235-2242.
- [8] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 高俊凤. 现代植物生理试验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [11] 李振高,骆永明,滕应. 土壤与环境微生物研究方法[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [12] 高子勤,张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I. 根系分泌物及其生态效应[J]. 应用生态学报,1998,9(5):102-107.
- [13] Gattas H M, Davide L C, Souza L F. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) root exudates on the cell cycle of the bean plant (*Phaseolus vulgaris*) root[J]. Genetics and Molecular Biology, 1999, 22(1):95-99.
- [14] 童朝阳,韩丽梅,邹永久. 大豆专用肥对轮作大豆连作对叶绿体超微结构影响的研究[J]. 大豆科学,1998,17(4):358-362.
- [15] 李铁修,周宝利,刘娜,等. 邻苯二甲酸二丁酯对 3 种蔬菜作物种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(2):217-220,224.
- [16] 陈晓晓,张雯,武阳,等. 邻苯二甲酸二丁酯对拟南芥幼苗的氧化损伤[J]. 生态毒理学报,2010,5(3):402-406.
- [17] 尹睿,林先贵,王曙光,等. 农田土壤中酞酸酯污染对辣椒品质的影响[J]. 农业环境保护,2002,21(1):1-4.
- [18] 和文祥,黄英锋,朱铭莪,等. 汞和镉对土壤脲酶活性影响[J]. 土壤学报,2002,39(3):412-420.
- [19] Kandeler E, Luxhoi J, Tschirko D, et al. Xylanase, invertase and protease at the soil-litter interface of a loamy sand[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1999, 31(8):1171-1179.
- [20] 庞国飞,高习海,高军. 酞酸酯污染对土壤脲酶与磷酸酶的动态影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(36):8075-8077,8107.
- [21] 高军,宗春琴,周夏曦,等. 土壤脱氢酶与蛋白酶对酞酸酯污染的动态响应[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):542-548.
- [22] 高军,陈伯清. 酞酸酯污染土壤微生物效应与过氧化氢酶活性的变化特征[J]. 水土保持学报,2008,22(6):166-169.
- [23] 王树起,韩晓增,乔云发,等. 寒地黑土大豆轮作与连作不同年限土壤酶活性及相关肥力因子的变化[J]. 大豆科学,2009,28(4):611-615.
- [24] 张恩平,衣宁宁,李亮亮,等. 番茄自毒物质对土壤养分的影响[J]. 西南农业学报,2010,23(3):820-823.
- [25] 李春龙,贺阳冬,陈华,等. 辣椒叶水浸液对辣椒幼苗土壤酶活性及土壤养分影响[J]. 长江蔬菜,2008(20):18-20.