

辣椒根系分泌物对辣椒种子萌发和幼苗生长的影响

权建华¹, 刘玉玲¹, 许可红¹, 张成良²

(1. 河西学院农业与生态工程学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘谷县武家河镇人民政府, 甘肃 甘谷 741200)

摘要: 张掖市辣椒连作障碍逐年加重, 根系分泌物自毒作用是引起辣椒连作障碍的一个重要因素。为克服辣椒连作障碍, 以陇椒2号为试材, 研究了辣椒根系分泌物对其种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明, 不同浓度的辣椒根系分泌物浸提液对辣椒种子萌发和幼苗生长均有一定的抑制作用, 根系分泌物浸提液浓度为100 g/kg时对辣椒的生长抑制作用较弱, 使辣椒种子的发芽率降低25.66个百分点, 使辣椒幼苗的光合速率、蒸腾速率分别下降了0.97、0.25 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$; 根系分泌物浸提液浓度为300 g/kg时对辣椒生长的抑制作用最强, 使辣椒种子发芽率降低53.33个百分点, 使辣椒幼苗的光合速率、蒸腾速率分别降低了3.19、1.35 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。可见, 根系分泌物对辣椒的抑制作用与其浓度成正比关系。

关键词: 根系分泌物; 连作障碍; 辣椒; 种子萌发; 幼苗生长; 抑制作用

中图分类号: S641.3; S330.2 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2023)04-0334-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.04.010

Effects of Root Exudates on Seed Germination and Seedling Growth of Pepper

QUAN Jianhua¹, LIU Yuling¹, XU Kehong¹, ZHANG Chengliang²

(1. College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China;
2. People's Government of Wujiahe Township, Gangu County, Gangu Gansu 741200, China)

Abstract: The monocropping cropping obstacle of pepper in Zhangye has been increasing recently, and the self toxicity of root exudates is an important factor causing the monocropping cropping obstacle of pepper. Effects of root exudates on seed germination and seedling growth of pepper were studied in this experiment by using the Longjiao 2 as the test material, in order to provide references for the overcoming of the monocropping obstacle in pepper. The results showed that different concentrations of pepper root exudates could all inhibit pepper seed germination and seedling growth, whereas 100 g/kg of pepper root exudates showed weak inhibition effect which reduced the germination rate of the seeds, photosynthetic rate, and transpiration rate of the seedlings by 25.66 percent, 0.97 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, and 0.25 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, respectively. 300 g/kg of pepper root exudates showed the strongest inhibition effect against the growth of pepper, which reduced the germination rate of the seeds, photosynthetic rate, and transpiration rate of the seedlings by 53.33 percent, 3.19、1.35 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, respectively. In conclusion, the allelopathic effect of root exudates on pepper growth is directly proportional to their concentration.

Key words: Root exudate; monocropping obstacle; Pepper; Seed germination; Seedling growth; Inhibition effect

连作障碍是指同一作物或同属作物经过连作以后, 在正常管理的条件下作物品质下降的现象, 最直接的表现就是会造成作物生长不良并致使产量变低^[1]。一般情况下, 随着连作时间的增加, 土壤质量会逐渐降低, 土壤中微生物活性会下降, 养分分解能力随之减弱, 同时土壤酸碱度和含盐量也会变得异常^[2], 且容易引起病虫害的发生,

尤其是造成土传病害的大面积爆发。例如在蔬菜生产中过程中, 连作通常会使得茄果类作物(辣椒、茄子、番茄等)易感染枯萎病、根腐病、立枯病等; 瓜类作物(丝瓜、黄瓜、南瓜等)易得疫病、猝倒病等。连作障碍变成了作物生产特别是蔬菜生产中一个棘手的问题, 不但影响作物的品质和产量, 同时由于使用大量的化肥和农药也使得产品的安

收稿日期: 2022-09-20; 修订日期: 2023-01-08

基金项目: 国家大学生创新创业训练项目(S202210740039); 甘肃省高等学校创新基金项目(2022A-117)。

作者简介: 权建华(1989—), 男, 甘肃高台人, 讲师, 主要从事蔬菜遗传与育种研究工作。Email: gtquanjianhua@163.com。

通信作者: 张成良(1986—), 男, 甘肃甘谷人, 主要从事蔬菜栽培与农业技术推广工作。Email: 184725104@qq.com。

全性没有得到保障^[3]。因此, 为了实现农业的健康可持续发展, 就必须以合理的方法解决连作障碍问题。然而连作模式在如今的作物生产中是一个难以避免的现象^[4], 能够直接克服和解决连作障碍的方法都是研究的重点, 目前科学研究和实际生产大体将缓解连作障碍的方法归纳为适当的调整栽培制度及进行合理的倒茬、轮作^[5]。

近年来, 随着张掖市农业产业结构调整, 以日光温室蔬菜为主的设施农业发展较快, 设施蔬菜生产已经成为农业增效、农民增收的主要途径。辣椒是张掖市日光温室内种植的常见蔬菜之一, 也是高原夏菜的主要蔬菜种类, 种植辣椒已经成为增加农民收入的主要途径。但随着专业化生产和设施栽培的发展, 辣椒连作障碍逐年加重, 当连作障碍发生时, 轻者导致减产减收, 重者则绝收。已有研究表明, 根系分泌物自毒作用是引起辣椒连作障碍的不可忽视的一个重要因素^[6]。我们研究了辣椒根系分泌物对其种子萌发和幼苗生长的影响, 以期为克服辣椒连作障碍提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

指示辣椒品种为陇椒 2 号, 由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供。

1.2 试验方法

1.2.1 根系分泌物的提取与收集 取 3 个锥形瓶并贴签, 各加入前茬辣椒地土壤 20 g, 然后加入 500 mL 清水, 设为 3 次重复, 充分浸泡 3 d, 每天摇匀 2 次, 使浸泡充分, 第 3 天用纱布过滤, 取其滤液分别装入贴有标签的棕色瓶中, 静置 30 min 后, 将 3 个锥形瓶中的浸提液混合均匀再加蒸馏水稀释, 将辣椒根系分泌物浸提液分别稀释成 100、200、300 g/kg 的溶液^[7-11]。

1.2.2 发芽试验 取 12 个培养皿, 3 个为 1 组, 共设 4 个处理, 分别为 CK、A1、A2、A3。将选好的辣椒种子分别放入 12 个装有滤纸的培养皿中, 每个培养皿放入 100 粒种子, 处理 A1、A2、A3 的滤纸分别用 100、200、300 g/kg 辣椒根系分泌物浸提液充分浸湿, CK 用清水充分浸湿。将培养皿放入人工气候箱待其发芽, 对温度进行变温处理, 设置第 1 个时段 16 h、29 ℃, 第 2 个时段

8 h、20 ℃, 及时添加相对应浓度的辣椒根系分泌物浸提液, 每天观察记载种子的发芽数, 共 14 d。在第 7 天时统计种子的发芽势, 在第 14 天时统计种子的发芽率、胚根长和发芽指数。

发芽势 = (发芽达到高峰期的种子发芽数/供试种子数) × 100%

发芽率 = (发芽终期全部正常发芽的种子数/供试种子数) × 100%

发芽指数 $(GI) = \sum G_t/D_t$

式中, G_t 代表浸种后 t 日的发芽数, D_t 代表相应的发芽日数。

1.2.3 幼苗培养 将辣椒种子倒入培养皿内, 加入 55 ℃ 的温水并均匀搅拌, 静置 2 h 后将种子全部滤出。在培养盘中放 1 层纱布, 将浸种后的辣椒种子均匀铺于其上, 再盖 1 层纱布, 添加少量的水, 保证充足的水分, 将培养盘放入人工气候箱内进行催芽处理。催芽结束后将体积比为 3 : 1 的珍珠岩和蛭石制成的基质充分拌湿装入营养钵中并贴签, 20 个为 1 组, 将催芽后长势较好的辣椒种子播于营养钵内待其生长, 共设 4 个处理, 分别为 CK、T1、T2、T3。CK 每隔 3 d 浇 1 次清水, 处理 T1、T2、T3 每隔 3 d 分别浇 1 次浓度为 100、200、300 g/kg 的辣椒根系分泌物浸提液 50 mL, 连续处理 15 d 后测定辣椒株高、茎粗、单株地上部鲜重。株高、胚根长均采用直尺法测定, 茎粗采用游标卡尺测定, 单株地上部鲜重采用分析天平测定。每处理均取 3 个样为一组进行测定, 并取其平均值。

1.3 幼苗光合生理指标测定

采用便携式光合仪在加根系分泌物处理后第 15 天 10:00 时测定幼苗上部第 3 片、第 4 片的叶净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO_2 浓度(C_i)。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 软件和 Excel 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 根系分泌物对辣椒种子萌发的影响

由表 1 可知, 处理 A1、A2、A3 对辣椒种子的发芽率、发芽势、发芽指数都有抑制作用。其中 CK 发芽率为 85.33%, 处理 A1、A2、A3 发芽

率分别为 59.67%、51.00%、32.00%，较 CK 分别下降了 25.66、34.33、53.33 个百分点，差异均达显著水平。可见，处理 A3 对辣椒种子萌发抑制作用最强，其次是处理 A2、A1。CK 发芽指数为 19.53，处理 A1、A2、A3 发芽指数分别为 13.87、11.87、7.52，较 CK 分别下降了 28.98%、39.22%、61.50%。处理 A3 对辣椒种子发芽指数影响最大，其次是处理 A2、A1。CK 发芽势(以第 7 天时种子的发芽率计)为 58.67%，处理 A1、A2、A3 分别为 33.33%、25.67%、22.67%，较 CK 分别降低了 25.34、33.00、36.00 个百分点。其中以 CK 发芽势最大，处理 A1、A2、A3 均较 CK 大幅下降，且以处理 A3 的抑制作用最显著。由此说明，辣椒根系分泌物对辣椒种子的萌发均表现出一定的抑制作用，辣椒种子的发芽率、发芽势和发芽指数均随着根系分泌物浓度的增加而逐渐降低。

表 1 不同根系分泌物处理的辣椒种子萌发情况

处理	发芽率 /%	发芽势 /%	发芽指数
CK	85.33 a	58.67 a	19.53 a
A1	59.67 b	33.33 b	13.87 b
A2	51.00 c	25.67 c	11.87 c
A3	32.00 d	22.67 c	7.52 d

2.2 根系分泌物对辣椒幼苗生物量的影响

从表 2 可以看出，处理 T1、T2、T3 的胚根长均显著低于 CK，分别较 CK 减少了 47.6%、53.6%、69.1%。处理 T1 的株高和 CK 间无显著差异，处理 T2 和处理 T3 的株高均显著低于 CK，分别较 CK 减少了 22.7%、31.8%。处理 T1、处理 T2 的茎粗和 CK 间无明显差异，处理 T3 的茎粗显著低于 CK，较 CK 减少了 28.1%。单株地上部鲜重处理 T1 与 CK 差异不显著，处理 T2、处理 T3 分别较 CK 显著减少了 23.5%、29.4%。即随着处理浓度的提高根系分泌物对辣椒幼苗的胚根长、株高、茎粗、鲜重的抑制作用更加明显。因此认为，

表 2 不同根系分泌物处理的辣椒幼苗生物量

处 理	胚根长 /cm	株高 /cm	茎粗 /cm	单株地上部鲜重 /g
CK	5.82±0.58 a	4.49±1.22 a	1.28±0.14 a	0.68±0.12 a
T1	3.05±1.12 b	4.20±1.03 a	1.21±0.25 a	0.62±0.09 a
T2	2.70±0.92 b	3.47±0.76 b	1.18±0.31 a	0.52±0.08 b
T3	1.80±0.88 c	3.06±1.48 b	0.92±0.14 b	0.48±0.11 b

抑制作用强弱与根系分泌物的浓度成正比关系，根系分泌物对辣椒生长的效应均表现为抑制作用，且表现为抑制幼苗的生长，可降低辣椒植株胚根长、株高、茎粗。由此看出，根系分泌物阻碍了辣椒幼苗根系的生长，减少了其对水分和矿质元素的吸收，最终导致辣椒减产。

2.3 根系分泌物对辣椒幼苗光合生理指标的影响

2.3.1 对辣椒幼苗光合速率的影响

随着根系分泌物浓度的增大，辣椒幼苗的光合速率均呈现降低趋势。CK 光合速率为 10.51 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ，处理 T1、T2、T3 光合速率分别为 9.54、8.08、7.32 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ ，较 CK 分别下降了 0.97、2.43、3.19 $\mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。处理 T1、T2、T3 对辣椒幼苗光合速率的影响均达到显著性差异，其中处理 T3 抑制辣椒幼苗光合速率最明显(图 1)。表明不同处理的根系分泌物对辣椒幼苗光合速率均具有一定的抑制作用，其中以处理 T3 抑制作用最强，其次是处理 T2、T1。

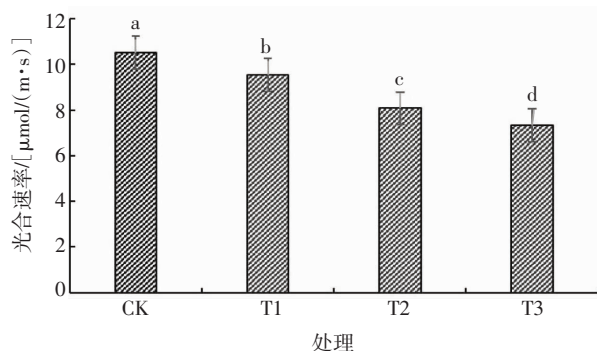


图 1 不同根系分泌物处理的辣椒幼苗光合速率

2.3.2 对辣椒幼苗蒸腾速率的影响

由图 2 可以看出，处理 T1 对辣椒幼苗蒸腾速率的抑制作用与 CK 相比较无显著差异，而处理 T2、T3 对辣椒幼苗蒸腾速率的抑制作用与 CK 相比较均差异达到显著

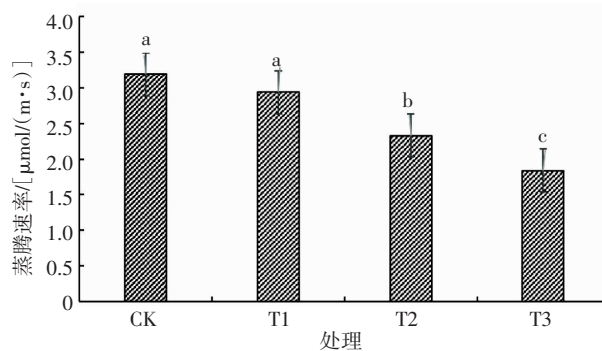


图 2 不同根系分泌物处理的辣椒幼苗蒸腾速率

水平。CK 蒸腾速率为 $3.19 \mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, 处理 T1、T2、T3 蒸腾速率分别为 2.94 、 2.32 、 $1.84 \mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, 较 CK 分别下降了 0.25 、 0.87 、 $1.35 \mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$, 其中以处理 T3 影响最大, 其次是处理 T2、T1。总体来看, 处理 T1、T2、T3 对辣椒幼苗的蒸腾速率均具有一定的抑制作用, 且随着根系分泌物浓度的提高, 抑制作用在显著增强。

2.3.3 对辣椒幼苗胞间 CO_2 浓度的影响 不同浓度根系分泌物处理的辣椒幼苗胞间 CO_2 浓度均低于 CK, 并随着浓度的增加, 辣椒幼苗胞间 CO_2 浓度呈逐渐降低趋势。CK 胞间 CO_2 浓度为 325.34 uL/L , 处理 T1、T2、T3 胞间 CO_2 浓度分别为 304.36 、 250.59 、 233.78 uL/L , 较 CK 分别下降了 20.98 、 74.75 、 91.56 uL/L 。其中以处理 T3 影响最大, 其次是处理 T2、T1, 处理 T2、T3 辣椒幼苗胞间 CO_2 浓度均显著低于 CK, 但处理 T1 与 CK 间无显著差异 (图 3)。据此可以看出, 处理 T1 对辣椒幼苗的胞间 CO_2 浓度抑制作用并不显著。综合来看, 当根系分泌物浓度加大到一定程度才会对辣椒幼苗生长产生显著的抑制作用^[12]。

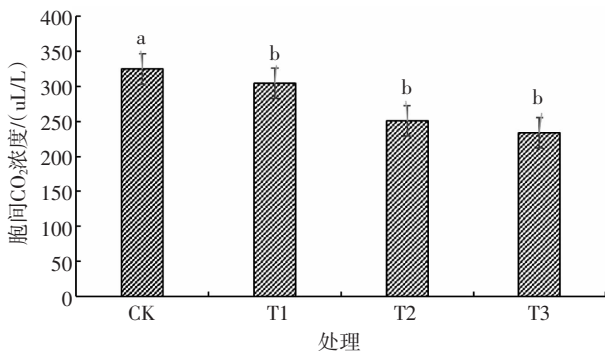


图 3 不同根系分泌物处理的辣椒幼苗胞间 CO_2 浓度

3 讨论与结论

对植物自毒抑制作用与根系分泌物的浓度密切相关, 对受体的抑制能通过对种子的发芽率、发芽指数和发芽势以及胚根长等生物量来表达^[13]。不同处理的根系分泌物抑制不同, 因根系分泌物具有根细胞主动分泌的亲水系代谢产物, 如激素、酶类、有机酸、酚类等, 因此这种抑制作用及其差异可能是通过根系分泌物浸提液中的酚类等抑制物质抑制受体植物幼苗细胞生长和影响细胞膜的功能所引起^[14]。豌豆、番茄、西瓜、甜瓜和芋头根系分泌物均具有自毒作用, 通过影响细胞膜

透性、酶活性、离子吸收和光合作用等多种途径影响作物的生长^[15-17]。而辣椒根系分泌物自毒抑制相关研究表明, 辣椒根系分泌物对辣椒种子的萌发和幼苗生长均有一定的抑制作用, 且随根系分泌物浓度的增加辣椒各生长指标和生理指标均呈下降的趋势, 与本研究结果一致^[8, 10-12]。

试验结果表明, 不同根系分泌物浓度处理对辣椒种子的萌发和幼苗生长均有一定的抑制作用, 辣椒种子的发芽率、发芽势和发芽指数以及幼苗的生长指标、光合生理指标总体上表现出随着根系分泌物浓度的增加而呈下降的趋势。根系分泌物浓度为 100 g/kg 时对辣椒的生长抑制作用较弱, 使辣椒种子的发芽率降低了 25.66 个百分点, 使辣椒幼苗的光合速率、蒸腾速率分别下降了 0.97 、 $0.25 \mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$; 根系分泌物浓度为 300 g/kg 时对辣椒生长的抑制作用最强, 可使辣椒种子发芽率降低了 53.33 个百分点, 使辣椒幼苗的光合速率、蒸腾速率降低了 3.19 、 $1.35 \mu\text{mol}/(\text{m}\cdot\text{s})$ 。综合来看, 根系分泌物对辣椒的抑制作用与根系分泌物的浓度成正比关系。由此可知, 植物根系分泌物的积累可产生自毒作用, 通过影响幼苗光合作用和呼吸作用等多种途径影响作物的生长, 同时辣椒幼苗的蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度随着根系分泌物浓度的增加而呈减少趋势。这可能是由于加入根系分泌物后辣椒幼苗的呼吸作用减弱, 从而导致胞间 CO_2 浓度减少, 这与王广印等^[18]的研究一致。不同处理的根系分泌物对辣椒种子萌发和幼苗生长的抑制作用程度不同, 可能是由于不同浓度根系分泌物中影响辣椒种子萌发和幼苗生长的物质成分有所差异或含量不同所致, 其具体成分和作用机制等问题有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 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, 2008(10): 146-152.
- [2] 刘 博, 吴凤芝, 包 静. 西瓜根系分泌物对西瓜种子萌发及幼苗根系活力的影响[J]. 北方园艺, 2008(11): 39-42.
- [3] 刘 刚. 嫁接辣椒根系分泌物对辣椒根腐病和青枯病病原菌具有抑制作用[J]. 农药市场信息, 2017(8): 51.
- [4] 王继元, 吕雅悠, 于 迪, 等. 不同抗性辣椒品种根

- 系分泌物对疫霉菌的影响[J]. 中国蔬菜, 2014(1): 13-16.
- [5] 戚建华, 梁银丽, 梁宗锁. 嫁接黄瓜地上部的南瓜根系分泌物对种子萌发的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005(2): 217-220.
- [6] 王惠珍, 张恩和, 马 啸, 等. 党参根系分泌物对自身种子萌发的影响[J]. 甘肃中医学院学报, 2007(6): 36-38.
- [7] RICE E L. Allelopathy. Second edition[M]. New York: Academic Press, 1984: 1-3.
- [8] 张婷玉, 林 多, 杨延杰. 辣椒根系分泌物的收集方法研究[J]. 北方园艺, 2014(12): 14-17.
- [9] WU FENGZHI, CHEN YAJUN, ZHOU XINGANG. Review on autotoxicity of watermelon[J]. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), 2010(3): 53-61.
- [10] 江 山, 赵尊练, 臧纱纱, 等. 线辣椒根系分泌物中几种化感物质对其种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(12): 137-143.
- [11] 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.
- [12] 须 文. 辣椒化感作用与连作障碍关系的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009.
- [13] 王 闯, 刘 敏, 徐 宁, 等. 黄瓜根系分泌物对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2015(10): 39-42.
- [14] KEITH C, LERATO S, GERALD E. Microbiological breakdown and solubilisation of low grade coal[J]. The Biotechnology of Rehabilitation, 2014(5): 46-52.
- [15] YU J Q, YESF, ZHANG M F. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant in cucumber [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2003, 31: 129-139.
- [16] YU J Q. Allelopathic suppression of *Pseudomonas solanacearum* in infection of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in a tomato-chinese chives (*Allium tuberosum*) intercropping system[J]. Journal of Chemical Ecology. 1999, 25: 2409-2417.
- [17] ASAO T, HASEGAWAK, SUEDA Y, et al. Autotoxicity of root exudates of taro[J]. Scientia Horticulturae, 2003, 97: 389-396.
- [18] 王广印, 周秀梅, 谢玉会. 辣椒植株水浸液对辣椒种子萌发的自毒作用[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2008(5): 407-410.

·公益广告·

全面推进乡村振兴。加快
建设农业强国，扎实推动乡村
产业、人才、文化、生态、组
织振兴。