

李文杰,刘璐,崔家丽,等. 不同供氮条件下加工番茄化感抑制龙葵的作用[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):112-114.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.027

不同供氮条件下加工番茄化感抑制龙葵的作用

李文杰,刘璐,崔家丽,钟亮,王巧丽,王俊刚

(石河子大学农学院,新疆石河子 832003)

摘要:为了提供新疆番茄在不同氮素下对龙葵竞争作用的理论依据,采用化感-竞争分离(ACS)法,研究番茄与龙葵间的生物干扰和资源竞争作用。在加工番茄与龙葵共生系统中,随加工番茄氮素营养水平的逐渐降低,龙葵所受到的生物干扰整体上也逐渐增加,从而导致龙葵的生长受到阻碍,使得番茄对龙葵的抑制率提高。在加工番茄与龙葵共生系统中,在氮胁迫(资源短缺)下,加工番茄主要采用通过其化感作用的提高来抑制其伴生杂草生长的生存策略。当资源短缺(如供氮水平为 0.8 mg/L)加剧了生态位竞争时,加工番茄对其伴生杂草的抑制作用增大,相应的抑制率也提高。对于加工番茄而言,它们具有化感作用,但竞争行为有所不同,无论外在环境资源是否丰欠,均表现出生物干扰能力。

关键词:加工番茄;化感作用;资源竞争;氮胁迫

中图分类号: S641.206 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0112-03

新疆地区具有良好的光热资源,是加工番茄的优秀生产基地,其种植与加工规模、年出口量居全国之首,全疆 2014 年出口的番茄酱量增质升。全疆加工番茄种植面积达 $7.5 \times 10^3 \text{ hm}^2$,产量 $7.8 \times 10^5 \text{ t}$,出口报检量目前已近 $5 \times 10^5 \text{ t}$,10 年来出口抽检合格率首次达到 100%^[1]。随着加工番茄的种植,杂草种类及其危害也随着变化,龙葵成为加工番茄的主要草害之一,其量大、危害性强,与番茄竞争阳光、水分、氮(N)、磷(P)等能量与营养元素,消耗了土壤中的大量营养物质,尤其是氮元素。在植物对营养物质、水、光热资源竞争的研究中,氮素营养、施用量得到了深入的研究,有报道指出,土壤中的氮素在作物产量上的贡献率约为 48.6%~79.4%,但氮肥的利用率为 28%~41%,相对较低^[2]。同样,氮素对加工番茄的产量也有着不可忽视的作用^[3-4]。关于化感作用还是资源竞争引起了植物化感作用现已成为学者争论、研究的焦点,并希望能够找出明确的植物种间资源竞争的方法^[5-12]。从 Dilday 等发明了田间抑制圈^[8]开始,到现在的迟播、共培法,学者们正不断朝着克服资源竞争干扰、优化生物测试的方向努力。种间竞争和化感作用仍包含在田间抑制圈生物测试法所获得的结果中。Weidenhamer 的竞争-化感分离法^[9]对迟播共培法进行了弥补。新疆加工番茄在不同氮条件下的化感作用潜力变化目前尚缺乏相关研究,不同氮条件下的化感作用潜力变化对龙葵的竞争情况也不甚明了,因此分析引起化感作用潜力的原因,证实氮胁迫过程中的生理、生化机制等问题都亟待解决。本研究采用化感-竞争分离(ACS)生物测

试法来研究龙葵在不同供氮水平下受加工番茄的化感作用,以期生产实践提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

加工番茄品种为硕源 87-5,由北京硕源农业科技有限公司生产,购自石河子种子市场;龙葵采自石河子大学农学院试验站(2013 年收获后保存于 4℃冰箱)。

1.2 试验设计

1.2.1 试验方案 1 将催好芽的加工番茄、龙葵分别播在已经覆土的秧盘里培养。挑选 2 叶 1 心期的 2 种植株移至盛有 3 L 完全相同培养液的塑料盆(45 cm×35 cm×15 cm)内培养,塑料盆内悬浮厚度为 1.5 cm 的泡沫板,上面均匀分布 35 个直径为 2 cm 小孔,待其恢复 6 d,将加工番茄和龙葵分别移植于泡沫板上的孔中并用棉花固定(每孔 1 株,每盆 30 株加工番茄+5 株龙葵,龙葵集中在中央 1 排),测试在共培条件下加工番茄对龙葵化感抑制作用潜力的变化。营养液组分为 NH_4NO_3 、 K_2SO_4 、 KH_2PO_4 ,分 3 个氮水平(0.8、1.6、3.3 mg/L,分别计作 N_1 、 N_2 、 N_3 或 1/4N、1/2N、N),只含有氮、磷、钾(K)3 种大量元素(磷、钾含量分别为 12.41、0.73 mg/L);对照组不施营养液。每 7 d 对各处理的龙葵取样、烘干、称质量并更换 1 次营养液,试验重复 3 次,直到第 21 天。计算抑制作用率(inhibitory effect rate,简称 IR):

$$IR = [(m_{\text{处理}} - m_{\text{对照}}) / m_{\text{对照}}] \times 100\%$$

式中:IR>0 表示有促进作用,其值为促进率;IR<0 表示有抑制作用,取其绝对值,表示抑制率^[13]。

1.2.2 试验方案 2 将上述培养 7 d 后的培养液倒出,测定其中剩余的氮、磷、钾浓度,并将培养液补足到正常浓度时的氮、磷、钾水平,保证各组相对一致。此外用蒸馏水将 NH_4NO_3 、 K_2SO_4 和 KH_2PO_4 配制成正常营养水平的氮、磷、钾浓度作为另外一个对照(对照所用的培养液与加工番茄/龙葵培养液的区别仅在于,对照培养液中没有加工番茄与龙葵

收稿日期:2016-11-04

基金项目:新疆生产建设兵团博士基金(编号:2013BB004);国家自然科学基金(编号:31260435)。

作者简介:李文杰(1990—),男,安徽合肥人,硕士,主要从事农药毒理学研究。E-mail:757592686@qq.com。

通信作者:王俊刚,博士,教授,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:wangjiong98@163.com。

共培养时释放的物质,而加工番茄/龙葵培养液中含有加工番茄与龙葵共培 7 d 后释放的物质)。移植 9 株 3 叶 1 心期的龙葵到上述每种培养液中培养,每 7 d 分别取样、烘干、称质量并计算对龙葵的抑制率及培养液中磷、钾含量,直到第 21 天,每个处理 3 次重复。

1.3 数据处理与统计

采用 SPSS 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同共培条件对龙葵干质量及其抑制率的影响

由表 1 可知,第 7、14 天,随着原营养液氮处理水平的增加,龙葵干物质质量增加,直到第 21 天开始降低;第 7 天与第 21 天,3 种处理液中培养的龙葵干物质质量间差异不显著,第 14 天 3 种处理间存在显著差异。表 2 表明:龙葵抑制率最高为 73.00%,随着原营养液氮处理水平的增加,抑制率整体上持续降低,在第 14 天抑制率在处理 2 水平下(即 N₂ 水平)达到最高值 73.04%。第 14 天与第 21 天 3 种处理液中部分龙葵干物质质量间差异不显著,与第 7 天相比多数处理间差异显著,表明低氮条件下加工番茄对龙葵有较高的抑制率,但在中、高氮条件下抑制率相对较低。

表 1 不同共培条件下加工番茄对龙葵干物质质量的影响

处理	干物质量(mg/株)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	11.98 ± 0.06bB	6.34 ± 0.19bB	22.52 ± 0.04aB
N ₂	15.06 ± 0.13aB	7.57 ± 0.34bB	19.65 ± 0.33aB
N ₃	22.80 ± 0.22aB	14.91 ± 0.23bA	16.95 ± 0.44bB
CK	25.40 ± 0.11bA	15.03 ± 0.23cA	49.09 ± 0.34aA

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),同列数据后不同大写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

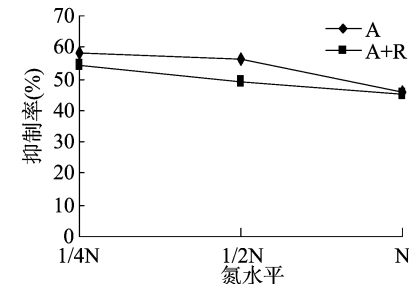
表 2 不同共培条件下加工番茄对龙葵抑制率的影响

处理	抑制率(%)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	58.00 ± 1.23aA	58.00 ± 1.03aB	37.00 ± 0.98bA
N ₂	56.00 ± 1.45bA	73.00 ± 1.34aA	17.00 ± 0.34cB
N ₃	45.50 ± 0.98bA	52.00 ± 0.78aB	15.00 ± 0.43cB
CK	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

2.2 加工番茄化感与龙葵种间竞争能力比较

2.2.1 加工番茄培养液对龙葵干物质质量及其抑制率的影响

为了提高评价加工番茄化感抑制龙葵能力的准确性,降低各培养液之间的营养差异,对以上经过 7 d 共培的培养液进



A—化感作用抑制曲线;
A+R—生物干扰曲线。下图同
图1 加工番茄对龙葵的生物干扰
与化感作用分离曲线(第7天)

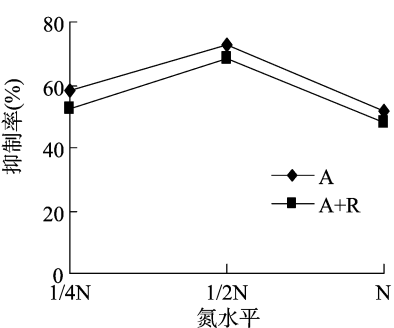


图2 加工番茄对龙葵的生物干扰
与化感作用分离曲线(第14天)

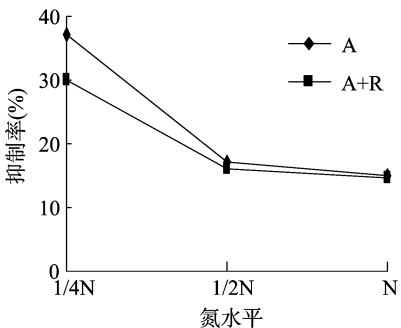


图3 加工番茄对龙葵的生物干扰
与化感作用分离曲线(第21天)

行浓度调节,直到各培养液氮、磷、钾浓度恢复到相对一致的水平。表 3、表 4 表明,在经过营养调节后,各营养水平的差异得到消除,但仍表现出与表 1、表 2 一致的趋势,即龙葵干物质质量最低时,抑制率最高,并随着原营养液氮处理水平的增加,干物质质量增加,而抑制率下降。

表 3 加工番茄培养液对龙葵干物质质量的影响

处理	干物质量(mg/株)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	8.87 ± 1.11aB	4.93 ± 0.79bB	11.24 ± 1.11aB
N ₂	9.43 ± 0.33bB	3.47 ± 0.18cB	13.10 ± 0.12aB
N ₃	17.83 ± 0.32aA	11.91 ± 0.45aA	14.37 ± 0.66aB
CK	22.90 ± 0.11bA	15.70 ± 0.21cA	28.00 ± 16aA

表 4 加工番茄培养液对龙葵抑制率的影响

处理	抑制率(%)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	54.00 ± 1.34aA	52.04 ± 0.98aB	30.01 ± 1.03bA
N ₂	49.05 ± 0.97bAB	68.07 ± 0.52aA	16.04 ± 0.31cB
N ₃	45.00 ± 0.66aB	48.02 ± 0.78aB	14.73 ± 0.56bB
CK	0.00 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.05 ± 0.00

2.2.2 加工番茄化感作用与种间竞争能力比较

图 1、图 2 表明,加工番茄对龙葵具有化感抑制能力,在低氮胁迫条件下,其化感潜力高于氮素水平高的处理,并且有明显的增强趋势。如图 3 所示,在不同处理条件下,加工番茄对龙葵的化感作用变化情况(A)与生物干扰曲线(A+R)成功地分离、区别了植物化感作用与资源竞争的生物干扰现象。由此可以看出,因生物干扰(资源竞争+化感作用)在营养资源正常偏丰富的条件下对龙葵的相对抑制率为 1%~17%和 0.2%~4%,表现为化感作用大于资源竞争。在低氮胁迫下,因加工番茄资源竞争和化感作用导致对共生龙葵的抑制率为 4%~7%。由此可见,加工番茄不但有资源竞争能力,而且具有化感抑制龙葵的能力。

2.3 加工番茄与龙葵对营养物质的竞争分析

对加工番茄与龙葵共培第 7 天培养液中磷、钾含量进行测定并比较分析。表 5 结果表明,培养液中钾含量最低为 0.09 μg/mL,在不同氮水平下,第 7 天与其他时间的钾含量差异显著;第 14 天 N₂ 与 N₃ 水平下钾含量差异不显著,与 N₁ 水平钾含量差异显著;第 21 天 N₁ 与 N₂ 水平下钾含量差异不显著,与 N₃ 水平钾含量差异显著。由此看出,在不同时间,培养液中钾含量均表现为显著差异。

表 5 加工番茄对营养物质钾的竞争比较

处理	培养液中钾含量(μg/mL)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	0.19 ± 0.22aB	0.10 ± 0.01bB	0.09 ± 0.01cB
N ₂	0.75 ± 0.32aA	0.23 ± 0.42bA	0.10 ± 0.13cB
N ₃	0.18 ± 0.11aAC	0.15 ± 0.15bA	0.13 ± 0.17cA

表 6 结果表明,培养液中磷含量最低为 10.45 μg/mL,在不同氮水平下,第 7 天与其他时间的磷含量差异显著;第 14 天,N₁ 与 N₃ 水平下的磷含量差异不显著,与 N₂ 水平的磷含量差异基本表现为显著;第 21 天与其他时间的磷含量差异整体显著。在不同时间下,N₁ 水平下的磷含量存在显著差异;N₂ 水平下,第 7 天与第 14、21 天的磷含量差异显著;N₃ 水平下的磷含量与其他水平差异显著。

表 6 不同共培条件下加工番茄对营养物质磷的竞争比较

处理	培养液中磷含量(μg/mL)		
	第 7 天	第 14 天	第 21 天
N ₁	53.33 ± 0.97aC	35.68 ± 1.32bA	12.60 ± 0.31cA
N ₂	63.05 ± 0.56aA	30.25 ± 0.45bB	10.45 ± 0.33cB
N ₃	57.06 ± 1.23aB	34.70 ± 1.45bA	12.22 ± 1.34cA

3 结论

本试验结果表明,在加工番茄与龙葵共生系统中,加工番茄随氮营养水平的下降,在第 14 天的抑制率在 N₂ 水平下达到最高值 73.00%,对龙葵施加的生物干扰逐渐增大,使龙葵生长受阻,从而导致抑制率也提高。生物干扰(资源竞争 + 化感作用)在营养资源正常偏丰富的条件下导致对龙葵的抑制率为 1% ~ 17% 和 0.2% ~ 4%,表现为化感作用大于资源竞争。在低氮胁迫下,因加工番茄资源竞争和化感作用导致对共生龙葵的抑制率为 4% ~ 7%。在加工番茄与龙葵共生系统中,加工番茄在氮胁迫(资源短缺)下,主要通过提高化感作用^[14-16]来抑制龙葵生长。当资源短缺(如 N₁ 条件)时加剧了生态位竞争,表明加工番茄对其伴生杂草抑制作用增大,相应的抑制率提高。对于加工番茄而言,它具有化感作用,但竞争行为有所不同,无论外在环境资源丰欠与否,均表现出生物干扰能力。

4 讨论

氮作为参与植物体内各种代谢活动的生命元素,对加工番茄的生长、发育及产量的影响深刻而复杂。根据供试土壤的养分状况,加工番茄干物质及氮、磷、钾养分的积累动态均呈“S”形增长,可以通过增加施氮量来促进氮、磷、钾的吸收,各施氮处理比不施氮处理多吸收 75.8% ~ 189.2% 氮,49.4% ~ 162.7% 磷,60.7% ~ 176.8% 钾。齐红岩等的研究表明,土壤中氮素对作物产量作出 48.6% ~ 79.4% 的贡献,加工番茄与龙葵共生系统中,随着氮营养水平的下降,加工番茄对龙葵生物干扰也逐渐加大,使龙葵生长受阻,进而对龙葵抑制率提高^[2]。是否因为氮素的变化激发了番茄对龙葵抑

制的信号,以及氮素的改变对番茄抑制的分子机制尚不可知。

目前通过合理密植作物,增加田间杂草与作物共生系统的竞争,从而抑制杂草的生长,这种新型的杂草生物防治方式正在摸索中,使得新型的杂草防治模式成为可能。众所周知,龙葵不仅是杂草更是一味中药材,在杂草与作物的共生系统中,龙葵是否分泌了特殊的物质从而刺激了番茄的化感作用,从而引起在低氮胁迫下番茄对龙葵的抑制能力加强,还有待继续探究。

参考文献:

[1] 齐士发,石 强,王新燕,等. 新疆加工番茄产业原料生产中存在的问题与对策[J]. 农业科技通讯,2018(11):81-85.

[2] 齐红岩,李天来,富宏丹,等. 不同氮钾施用水平对番茄营养吸收和土壤养分变化的影响[J]. 土壤通报,2006,37(2):268-272.

[3] 汤明尧,张 炎,胡 伟,等. 不同施氮水平对加工番茄养分吸收、分配及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1238-1245.

[4] 王 新,马富裕,刁 明,等. 不同施氮水平下加工番茄植株生长和氮素积累与利用率的动态模拟[J]. 应用生态学报,2014,25(4):1043-1050.

[5] 徐 涛,周 强,夏 婧,等. 水稻挥发物对褐飞虱行为的影响[J]. 科学通报,2002,47(11):849-853.

[6] 熊 君,林文雄,周军建,等. 不同供氮条件下水稻的化感抑草用与资源竞争分析[J]. 应用生态学报,2005,16(5):885-889.

[7] 何华勤,董章杭,梁义元,等. 水稻化感作用研究的新进展[J]. 农业现代化研究,2002,23(2):140-143.

[8] Dilday R H, Mattice J D, Moldenhauer K R. An overview of rice allelopathy in the USA[M]//Kim K U, Shin D H. Rice allelopathy. Korea: Chan Suk Park Publish, 2000: 15-26.

[9] Weidenhamer J D. Distinguishing resource competition and chemical interference: overcoming the methodological impasse[J]. Agron J, 1996, 88(6): 866-875.

[10] 黄云霄,齐 勇,杨晓娜,等. 龙葵提取物对不同作物幼苗的化感效应[J]. 杂草学报,2017,35(2):40-45.

[11] McKey D, Waterman P G, Mbi C N, et al. Phenolic content of vegetation in two African rain forests: ecological applications[J]. Science, 1978, 202(4363): 61-64.

[12] 朱 峰,何永福,叶照春. 大叶芥菜对眼子菜化感作用潜力的初步评价[J]. 杂草学报,2016,34(2):49-52.

[13] Gershenzon J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress[J]. Rec Adv Phytochem, 1984, 18: 273-321.

[14] Granéli E, Johansson N. Increase in the production of allelopathic substances by *Prymnesium parvum* cells grown under N- or P-deficient conditions[J]. Harmful Algae, 2003, 2(2): 135-145.

[15] Einhellig F A. Allelopathy: current status and future goals[J]. American Chemical Society Symposium Series, 1995, 58: 1-24.

[16] Olofsdotter M. Getting closer to breeding for competitive ability and the role of allelopathy - an example from rice (*Oryza sativa*) [J]. Weed Technol, 2001, 15(4): 798-806.