

应用可拓学原理评价黄瓜根分泌物的化感潜势

左胜鹏^{1,3} 税军峰¹ 马永清^{1*} 黄晓珊²

(¹西北农林科技大学水土保持研究所, 杨凌 712100 ²西北农林科技大学园艺学院, 杨凌 712100 ³中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 对黄瓜组培根分泌物的化感潜势进行可拓评价, 得出黄瓜组培根分泌物对菜豆幼苗生长有显著促进作用, 而对其它 3 种作物有明显的毒害作用, 毒害程度为黄瓜 > 甜瓜 > 番茄。同时, 建立了黄瓜组培根分泌物的化感效应的数学模型 $R_E = [k_1 R_{p0} / (k_2 - k_1)] (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) (e^{-k_1 a} - e^{-k_2 a})$, 说明了黄瓜组培根分泌物的化感效应与组培根培养时间 (t) 以及根分泌液浓度 (a) 显著相关。黄瓜根分泌物对 4 种受体作物显示出显著的化学干扰差异, 论证了植物种内 (间) 发生的干扰作用与植物的品种 (系) 有关, 从理论上得出菜豆可以作为黄瓜的间套作物或下茬作物。

关键词: 黄瓜; 根分泌物; 化感潜势; 可拓评价; 数学模拟

中图分类号: S 642.2 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 02-0399-03

The Evaluation of Allelopathic Potential of Cultured Cucumber Root Exudates Based on Extension Engineering Principles

Zuo Shengpeng^{1,3}, Shui Junfeng¹, Ma Yongqing^{1*}, and Huang Xiaoshan²

(¹Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; ²College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; ³College of Graduate, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract The use of extension engineering theory to evaluate allelopathic potential of exudates from cultured cucumber (*Cucumis sativus* L.) roots provides a novel approach for the quantitative assessment of allelopathy between crops and scientific guidance for modern agriculture industry. A combination of cultured root techniques and extension engineering methods was used to theoretically assess the allelopathic potential of cultured cucumber root exudates on four test crops: bean (*Phaseolus vulgaris* L.), cucumber melon (*Cucumis melo* L.), and tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Extension measurement of allelopathic potential of cultured cucumber root exudates indicated that cucumber significantly stimulated the growth of bean seedlings. In contrast, cultured cucumber root exudates significantly inhibited cucumber melon, and tomato seedlings. A mathematical model $R_E = [k_1 R_{p0} / (k_2 - k_1)] (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) (e^{-k_1 a} - e^{-k_2 a})$, was developed to show the dependence of allelopathic potential (R_E) of cultured cucumber root exudates on culture time (t) and root exudate concentration (a) where $R_{p0} = R_E$ when $t = 0$. Significant differences in the chemical interference of cucumber root exudates on seedling growth of the four acceptor crops demonstrates inter- or intraspecific relationships related to the plant accession causing allelochemical reactions. Extension evaluation of allelopathic potential of the exudates from cultured cucumber roots theoretically shows that beans are an appropriate choice for intercropping with cucumbers or as a successive crop after cucumber harvest.

Key words Cucumber; Exudates of cucumber cultured roots; Assessment of allelopathic potential; Extension Engineering principle; Mathematical modeling

1 目的、材料与方法

随着蔬菜产业化发展的, 黄瓜连作地力衰退、生产力降低等重大生产实践问题将成为一些地区设

收稿日期: 2005-05-20 修回日期: 2005-11-30

基金项目: 西北农林科技大学创新团队支持计划及科研专项 (05ZR027)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: mayongqing@ms.iswc.ac.cn)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

施农业生产可持续发展的瓶颈^[1,2]。如何科学阐述黄瓜与其它蔬菜作物之间的化感作用显得尤其迫切^[3]。为此本试验采取根组培技术, 在无菌条件下研究黄瓜根分泌物的化感作用^[4], 并运用可拓学原理评价其化感潜势, 建立数学模型定量描述黄瓜根分泌物的化感作用, 以期科学评价黄瓜在设施农业中的化学干扰作用, 为克服包括黄瓜在内的蔬菜连作障碍提供有益的参考。

选用多年建立的黄瓜无菌组培根的分泌物为试验材料(培养时间为17 d), 测试品种为从市场随机购回的常见作物品种: 黄瓜(*Cucumis sativus* L.) ‘津绿3号’、甜瓜(*Cucumis melo* L.) ‘白雪一号’、菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.) ‘特嫩八号’、番茄(*Lycopersicon esculentum* L.) ‘白果强丰’。黄瓜无菌组培根的分泌物对上述4种测试受体的化感测定参照李明等^[5]的方法。根据Williamson等提出的化感作用评价方法^[6], 得到化感作用指数R, 当 $R > 0$ 时表示促进作用; 当 $R < 0$ 时为抑制作用。采用SAS8.1软件进行统计分析。黄瓜根分泌物的化感作用可拓评价主要依据蔡文等可拓工程方法^[7], 以事物、特征和量值构建物元性质, 转换模型, 再根据可拓集合论进行量化的描述过程。确定一组评价指标: 发芽率 C_1 , 胚根长 C_2 , 苗长 C_3 , 根苗伸长比 C_4 , 植株鲜质量 C_5 , 植株干质量 C_6 , 植株干鲜比 C_7 , 植株水分 C_8 等。黄瓜根分泌物化感评价D的4种受体分别为黄瓜 N_1 , 甜瓜 N_2 , 菜豆 N_3 和番茄 N_4 , 应用上述评价指标对黄瓜根分泌物化感潜势进行评价, 则各指标 C_i 取值即衡量条件集为 V_i ($i = 1, 2, \dots, 8$)并赋予权重 A_j 对满足的条件权重可以借助文献报道与层次分析法来确定 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_8$ 之间的相对重要程度 A_i ^[7], 而各评价条件的取值范围的确定主要依据室内试验得到化感作用指数, 分别取得最优值。最后建立关联函数, 计算化感潜势的优度。

2 结果分析与讨论

2.1 黄瓜组培根分泌物对受体植物幼苗生长的影响

除对菜豆幼苗生长表现为促进作用外, 黄瓜根分泌物对发芽率的抑制作用的强弱顺序为甜瓜 > 黄瓜 > 番茄。而黄瓜、甜瓜、菜豆和番茄4种受体作物幼苗形成过程中胚根伸长比胚芽伸长对分泌物更敏感, 其中胚根伸长敏感程度为甜瓜 > 黄瓜 > 番茄 > 菜豆。不同浓度处理对4种受体植物幼苗生物量和水分的影响与对幼苗长度的影响表现为相同的干扰规律, 受体幼苗物质形成过程对黄瓜根分泌物的敏感程度为鲜质量 > 水分利用 > 干质量。当黄瓜根分泌物逐渐稀释时, 对受体的化感作用一般表现抑制逐渐减弱, 到促进作用逐渐增强的趋势(图1)。这些表明黄瓜根分泌物对不同受体植物化学干扰差异显著, 可能论证了植物种内(间)发生的干扰作用与植物的品种(系)有关^[8], 对菜豆主要表现为促进发芽、幼苗伸长以及干物质积累和水分利用等, 而对其它3种受体的幼苗建成有显著抑制。

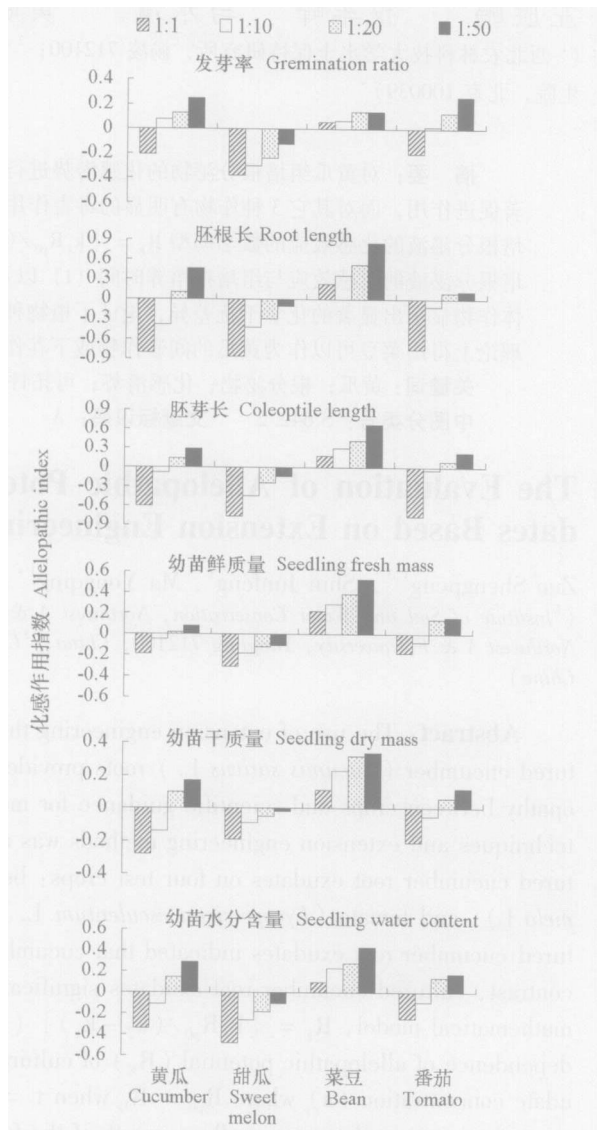


图1 黄瓜组培根分泌物对受体植物幼苗各生长指标的影响

Fig 1 Effect of culture root exudates of cucumber on different growth index of acceptor seedlings

2.2 黄瓜根分泌物化感潜势的可拓评价及数学模型

可拓评价发现, N_3 不同于其它 3 个评价对象, 黄瓜根分泌物对菜豆幼苗表现为明显促进作用, 而抑制效应评价为 N_1, N_2, N_4 , 各评价条件的取值为: $-0.6 < V_1 < 0.4$ $-0.9 < V_2, V_3, V_4 < 0.9$ $-0.6 < V_5, V_8 < 0.6$ $-0.4 < V_6, V_7 < 0.4$ 分别建立如下关联函数: 关于 V_1 的关联函数为 $k_1(x) = (x - 0.4) / (x + 0.6)$; 关于 V_2, V_3, V_4 为 $k_{2,3,4}(x) = (x - 0.9) / (x + 0.9)$; 关于 V_5, V_8 为 $k_{5,8}(x) = (x - 0.6) / (x + 0.6)$; 关于 V_6, V_7 为 $k_{6,7}(x) = (x - 0.4) / (x + 0.4)$; 将可拓评价参数代入上述关联函数, 得出 N_1, N_2, N_3, N_4 化感潜势的优度分别为 $-0.5632, -0.3986, 0.1659$ 和 -0.2745 , 抑制效应优度比较为: $C(N_1) > C(N_2) > C(N_4)$, 故可拓评价结果是: 对 N_1 抑制效应最强, 其次为 N_2 , 抗性最强的为 N_4 , 对 N_3 为促进效应。因此可拓评价理论上得出菜豆可以作为黄瓜的间套作物或下茬作物, 而黄瓜对其它 3 种作物则有明显的毒害作用, 毒害程度为黄瓜 > 甜瓜 > 番茄。

对化感作用强度与分泌液浓度回归分析发现 4 种受体作物受毒害程度与根分泌物的稀释倍数相关性均达到显著水平, 并且均为二次曲线型 $y = ax^2 + bx + c$ ($R^2, 0.8551 \sim 0.9944$), 只是曲线的各参数存在显著差异, 其中 a, b, c 分别为 $2.6982 \sim 19.189, -14.6 \sim 2.8522, -0.0121 \sim 2.6434$ 。基于 A_n 等提出的活体植株释放化感物质的数学模型^[9], 通过已知黄瓜组培根培养天数 t (17 d), 不同的根分泌物浓度 a (1: 1, 1: 10, 1: 20 和 1: 50) 和不同受体化感作用平均指数 R_E , 可推导出黄瓜开始转接组培根 (培养 0 d) 的化感作用指数 R_{p0} , 以及两个重要常数 k_1 和 k_2 (化感物质分泌率和降解率), 从而建立了适合黄瓜组培根分泌液的化感效应的数学模型 $R_E = [k_1 R_{p0} / (k_2 - k_1)] (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) (e^{-k_1 a} - e^{-k_2 a})$, 其中 R_{p0}, k_1, k_2 分别为 $-0.2603 \sim 0.0112, 0.01 \sim 0.05, 0.03 \sim 0.08$ 。从中可看出黄瓜组培根分泌液的化感潜势数学模拟基本一致, 只是各方程参数与受体有关。化感作用强度与分泌液浓度的显著相关说明了化感物质的逐渐积累导致黄瓜与自身和周围作物的农作障碍^[1,3,10]。因此, 在合理搭配作物的基础上, 有效控制水分可以有效发挥设施农业的长远效益。由于本试验是在无菌条件下进行的, 但田间的微生物区系及外界环境条件的影响, 导致了黄瓜自毒和与周围作物的农作障碍的复杂性, 因此需要进行田间试验进一步分析。

参考文献:

- 1 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题. 沈阳农业大学学报, 2000, 31 (1): 124~126
Yu J Q, Du Y S. Soil sickness problem in the sustainable development for the protected production of vegetables. Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31 (1): 124~126 (in Chinese)
- 2 喻景权, 松井佳久. 豌豆根系分泌物自毒作用的研究. 园艺学报, 1999, 26 (3): 175~179
Yu J Q, Matsui Yoshihisa. Autointoxication of root exudates in *Pisum sativum* L. 1999, 26 (3): 175~179 (in Chinese)
- 3 Blum U, Gerig T M. Relationships between phenolic acid concentrations, transpiration, water utilization, leaf area expansion, and uptake of phenolic acids: nutrient culture studies. Journal of Chemical Ecology, 2005, 31 (8): 1907~1932
- 4 Yu J Q, Matsui Yoshihisa. Phytotoxic substance in root exudates of cucumber. Journal of Chemical Ecology, 1994, 20 (1): 21~20
- 5 李明, 马永清, 税军峰. 南瓜组培根根系分泌物的化感效应研究. 应用生态学报, 2005, 16 (4): 744~749
Li M, Ma Y Q, Shui J F. Allelopathic effects of cultured *Cucurbita moschata* L. root exudates. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16 (4): 744~749 (in Chinese)
- 6 Williamson G B and Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14 (1): 181~187
- 7 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法. 北京: 科学出版社, 1997. 153~560
Cai W, Yang C Y, Lin W C. The extension engineering method. Beijing: Science Press, 1997. 153~560 (in Chinese)
- 8 Putnam A R, Duke W B. Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. Science, 1974, 185: 370~372
- 9 An M, Liu D L, Johnson I R, Lovett J V. Mathematical modelling of allelopathy. II: the dynamics of allelochemicals from living plants in the environment. Ecological Modelling, 2003, 161: 53~66
- 10 孔垂华, 胡飞. 植物化感作用 (相生相克) 及其应用. 北京: 中国农业出版社, 2001. 94~124
Kong C H, Hu F. Allelopathy and its application. Beijing: China Agriculture Press, 2001. 94~124 (in Chinese)