文章编号: 1001－411X（2002）01－0009－04

花生对作物的化感作用

胡 飞, 孔垂华
（华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642）

摘要: 4 叶期前花生根分泌物对水稻、玉米、萝卜和黑麦草等作物生长有明显的促进作用. 进一步的研究表明花生根分泌物含有三十烷醇等植物生长促进物质, 不同浓度的花生根分泌物对作物的促进作用有很大的差异.

关键词: 花生; 根分泌物; 化感促进作用
中图分类号: S565.201 文献标识码: A

花生（*Arachis hypogaea*）是世界上重要的油料作物之一, 中国的花生面积和产量均居世界前列[1]. 我国大部分花生产区均采取与其他作物轮、间、套种植方式进行生产, 花生与水稻轮作可使水稻增产 20%～25%, 由于花生的根瘤作用和有较大的根系结构, 一般认为这种增产效果是由于花生与其他作物轮、间、套种均能提高土壤的氮素营养水平、花生根系疏松土壤和花生落叶残枝残根提供有机肥等原因造成的[2], 近年来认为土壤中广泛存在的菌根真菌能和大多数农作物形成菌根, 促进植物对土壤中养分的吸收利用, 在豆科作物和禾本科作物间套这一农业生态系统的常见模式中起重要作用[3]. 对花生与其他作物之间可能存在的生物化学关系如化感作用（Allelopathy）等的研究鲜见报道. 人们一直重视化感抑制作用的研究, 以期找出抑制杂草和病虫的化感物质, 其实自然界化感促进作用也是较为普遍的现象[4]. 作物间轮、间、套作有许多相互促进的事例, 例如油菜（*Brassica napus*）促进水稻的生长（油菜素内酯 BR）、麦仙翁（*Agrostemma githago*）促进小麦生长（麦仙翁精、尿囊素和赤霉素）等. 4 叶期前花生的根瘤还没有固氮能力[2], 本文选择了花生 4 叶期前生长发育过程中的根分泌物进行研究, 以证明花生根分泌物是否具有化感作用. 由于花生与水稻轮作是南方地区一种重要的耕作制度[2] 本文着重对花生根分泌物与水稻幼苗生长的关系加以探讨, 为提高豆科作物与其他作物间的轮、间、套作的生态效益和经济效益, 以及人工模拟合成作物生长促进物质提供依据.

1 材料与方法

1.1 材料

花生品种为粤油 1151 优, 从广东省农科院购得; 水稻（*Oryza sativa*）品种为华优 54, 玉米（*Zea mays*）品种为阳单 82, 由华南农业大学农学院提供, 萝卜（*Raphanus sativus*）品种为南洲迟, 由广东省农科院种子公司提供; 黑麦草（*Lolium multiforum*）由广东牧草饲料工作站提供. 使用试剂均为市售分析纯试剂.

1.2 试验方法

将花生和水稻种子用 0.001 $g \cdot L^{-1}$ 的 $HgCl_2$ 水溶液处理 15 min, 无菌水冲洗数次, 在 *d* 为 18 cm、*h* 为 8.5 cm 的瓷盆中, 放入高温消毒的石英砂加适量的蒸馏水, 花生种子埋深 5 cm, 放入 25 ℃、光照 12 h 培养箱培养至 4 叶期, 每隔 2 d 视情况加适量的蒸馏水保证花生正常生长. 共设 6 个试验:

Ⅰ. 每盆各种 0（CK）、4、6、8 粒花生种子, 同时在石英砂表面放上处理过的水稻种子 100 粒.

Ⅱ. 按Ⅰ的方法种花生至 4 叶期时将花生拨掉, 认真清理石英砂内残存的花生根, 在石英砂表面放上处理过的水稻种子 100 粒, 对照盆中无花生种子.

Ⅲ. 将 3 盆长至 4 叶期的花生拨掉后, 各加入 200 mL 蒸馏水, 充分搅拌后过滤, 用过滤后所得的溶液在 *d* 为 9.5 cm 的玻璃培养皿中加入 100 g 石英砂（A）及滤后残留的石英砂（B）200 g（因含水）上分别种 50 粒水稻种子和 50 粒萝卜种子, 对照为蒸馏水.

Ⅳ. 在华南农业大学生态气象实验场 1997 年春季花生地中, 花生长至 4 叶期, 随机拔除 3 株花生, 然后取花生穴内土壤各 300 g 充分混合（C）, 在同一田块随机取 3 处未播种花生种子的土壤各 300 g 均充分混合（D）, 分别用 500 mL 蒸馏水充分搅拌后静置 12 h, 取上清液 200 mL, 按试验Ⅲ的方法用水稻和

收稿日期: 2001－01－04 作者简介: 胡 飞（1966－）, 男, 副教授, 硕士.
基金项目: 华南农业大学校长基金项目（974364）

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

萝卜种子进行生测.

Ⅴ.用8盆每盆10粒花生至4叶期后将花生按试验Ⅱ方法拔掉,用无水乙醇浸泡种过花生的石英砂48 h,先用滤网过滤,后用滤纸过滤,滤液用旋转蒸发仪将酒精蒸干,用200 mL蒸馏水将花生根分泌物的乙醇提取物溶解得到花生根分泌物的水溶液(E),将其稀释成φ为10%、50%和80%的3个浓度进行生测,在 d 为6 cm、h 为10 cm的玻璃瓶底加入50 g的石英砂和10 mL不同浓度的根分泌物水溶液后,放入20粒水稻种子,按同样方法将E稀释至φ为70%,分别放入20粒萝卜、8粒玉米和50粒黑麦草种子,设蒸馏水培养的作对照,放入培养箱内培养.

Ⅵ.取20株用石英砂培养至4叶期的花生放入300 mL ρ为250 g·L^{-1}的NaCl水溶液在25℃黑暗条件下浸泡花生根系24 h,然后用石油醚萃取,萃取液用旋转蒸发仪蒸干石油醚,再用150 mL水将花生根盐析出物溶解,得到花生根盐析出物水溶液(F),按Ⅴ方法稀释和生测.

按Ⅴ和Ⅵ方法得到的花生根分泌物水溶液,在Gilson高效液相色谱(HPLC)上进行成分分析,流动相为水/甲醇,检测波长254 nm,对照标准品为三十烷醇.

各个处理均重复3次,受试作物生长3~8 d后,分别测量其根长、苗高和叶绿素含量[5].

1.3 数据统计分析方法

按文献[6]方法,采用化感作用效应指数(RI)进行分析,当 $T \geqslant C$ 时,$RI = 1 - C/T$;当 $T < C$ 时,$RI = T/C - 1$. 其中:C 为对照值,T 为处理值,RI 为化感效应指数($RI > 0$ 为促进作用,$RI < 0$ 为抑制作用,绝对值大小与作用强度一致).

2 结果与分析

2.1 花生根分泌物对水稻幼苗生长的作用

4叶期前花生根瘤还没有固氮能力[3],所以在4叶期前花生根系对土壤不可能提供氮素营养. 试验Ⅰ和试验Ⅱ结果(表1)表明,4叶期前花生根系的分泌物对水稻幼苗的生长有促进作用,在花生为4株/盆的条件下对水稻根长、苗高、叶绿素含量均有明显的促进作用;在花生为6株/盆时,对水稻幼苗的叶绿素含量仍有促进作用,但对根长和苗高的作用不明显;在花生为8株/盆时,只对水稻幼苗的叶绿素含量有促进作用. 以上结果表明花生不同种植密度条件下对水稻幼苗的促进作用是不同的,也符合大多数化感物质所具有的低浓度促进受体的生长和高浓度抑制受体生长的规律.

试验Ⅰ条件下存在花生对土壤的疏松作用,对水稻幼苗生长的促进作用可能与花生根系疏松土壤有关,而试验Ⅱ条件下则完全排除了花生根系对土壤的疏松作用,结果表明:在试验Ⅱ条件下水稻的幼苗生长虽然比试验Ⅰ条件下要弱,但仍比用蒸馏水作对照的要强,说明花生的根分泌物确实能对水稻的幼苗生长起促进作用.

表1 花生根分泌物对水稻幼苗的化感作用[1)]

Tab. 1 Allelopathic potential of the root exudates from peanuts on the growth of rice seedling

处理 treatment	花生 peanut/(粒·盆$^{-1}$)	根长 length of root	苗高 height of shoot	叶绿素 chlorophyll
Ⅰ	4	0.46±0.015**	0.01±0.006*	0.62±0.025**
	6	0.10±0.024*	0.03±0.004*	0.42±0.017**
	8	0.12±0.022*	−0.29±0.017**	0.11±0.018**
Ⅱ	4	0.17±0.016**	−0.01±0.007**	0.31±0.016**
	6	−0.01±0.004*	0.02±0.003**	0.25±0.013**
	8	−0.05±0.005*	0.04±0.004*	0.08±0.004*

1)表中数据均为同一处理3次重复化感作用效应 RI 的平均值,数据后"*、**"表示处理与对照的差异达0.05、0.01的显著水平

2.2 花生根分泌物对作物的促进作用及其促进物质

试验Ⅱ的结果显示:用蒸馏水清洗种过花生的石英砂过滤后得到的水溶液对水稻和萝卜的幼苗生长的促进作用明显比清洗后种过花生的石英砂加蒸馏水的促进作用要强,说明在砂培条件下花生根分泌物对水稻和萝卜的幼苗生长有促进作用,且这种根分泌物有较强的水溶性.

用种过花生至4叶期的土壤经蒸馏水搅拌后的上清液(C)、同一田块未种花生土壤经蒸馏水搅拌后的上清液(D)和用蒸馏水做对照的生测结果(表2)表明,一般土壤的上清液(C)由于溶解一些可溶于水的营养物质,对水稻和萝卜幼苗生长有营养促进作用,而种过花生至4叶期的土壤上清液(D),因花生生长要消耗部分营养,从营养的角度来看,应比未种花生的土壤上清液对水稻和萝卜幼苗生长的促进作用要弱,但生测结果的结论却是种过花生的土壤上清液培养水稻和萝卜幼苗要比未种过花生的土壤上清液培养的水稻和萝卜幼苗生长的要好(表2). 综合试验Ⅱ和试验Ⅳ的结果,可以说明种过花生的土壤中花生根分泌物对水稻和萝卜的幼苗生长是有促进作用的,而且,这些有促进作用的化感物质是可溶于水的.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　花生水溶性根分泌物对作物的化感作用[1)]

Tab. 2　The allelopathic potential of water soluble root exudates from peanut on crops

作物 crops	处理[2)] treatment	根长 length of root	苗高 height of shoot	叶绿素 chlorophyll
水稻 rice	A	0.28±0.014**	0.18±0.024**	0.22±0.011**
	B	0.02±0.006*	0.01±0.006**	0.10±0.027*
	C	0.36±0.013**	0.30±0.027*	0.19±0.015**
	D	0.21±0.011**	0.17±0.011**	0.11±0.023*
萝卜 radish	A	0.32±0.014**	0.12±0.017**	0.30±0.014**
	B	0.02±0.006*	0.02±0.007*	0.11±0.013**
	C	0.40±0.026**	0.26±0.016**	0.33±0.025*
	D	0.23±0.012**	0.14±0.011*	0.16±0.014**

1) 表中数据均为同一处理 3 次重复化感作用效应 *RI* 的平均值, 数据后"*、**"表示处理与对照的差异达 0.05、0.01 显著水平;　2) A: 砂培至花生 4 叶期根分泌物的水溶液处理, B: 砂培花生至 4 叶期除去花生水溶性根分泌后处理, C: 种花生至 4 叶期后土壤与水混合液上清液处理, D: 未种花生土壤与水混合液上清液处理

2.3　花生根自然分泌物与盐析条件下分泌物对作物幼苗的作用

用试验 V 和试验 VI 方法分别取得花生根自然分泌物(E)与盐析条件下的分泌物(F), 用不同浓度花生根自然分泌到石英砂中的分泌物的水溶液(E)和花生根在高渗透压盐析作用下的分泌物的水溶液(F)生测结果(表 3)表明, 两者对水稻幼苗的生长均有促进作用, 试验条件下浓度均在 *w* 为 50%和 80%时对水稻幼苗的促进作用最强, 其中 E 对水稻幼苗的促进作用要比 F 强. 试验结果还表明用 E 处理的水稻幼苗根系虽然较长, 但明显比用 F 处理的根数少且细长. 造成这种差异的原因可能是对水稻幼苗有促进作用的花生根分泌物不只是一种物质, 不同条件下根分泌物的浓度和有效成分有差异.

表 3　不同条件下花生根分泌物对水稻幼苗化感作用[1)]

Tab. 3　Allelopathic potentials of root exudates from peanut under different conditions on rice seedling growth

处理[2)] treatment	φ(根分泌物 root exudates)/%	根长 length of root	苗高 height of shoot	叶绿素 chlorophyll
E	10	−0.05±0.003*	0.02±0.005*	−0.02±0.004*
	50	0.32±0.014**	0.27±0.017**	0.31±0.011**
	80	0.24±0.012**	0.33±0.015**	0.27±0.015**
	100	0.20±0.026*	0.33±0.026*	−0.27±0.024*
F	10	−0.09±0.007*	0.07±0.007*	0.001±0.001*
	50	−0.04±0.003**	0.29±0.018**	0.26±0.015**
	80	−0.01±0.004*	0.34±0.012**	0.24±0.013**
	100	−0.04±0.003*	0.34±0.013**	0.21±0.025*

1) 表中数据均为同一处理 3 次重复化感作用效应 *RI* 的平均值, 数据后"*、**"表示处理与对照的差异达 0.05、0.01 显著水平;　2) E: 花生根自然分泌到石英砂中的分泌物, F: 花生根在 250 g·L^{-1}的 NaCl 水溶液下的分泌物

用 φ 为 70%的 E 和 F 处理水稻、玉米、黑麦草和萝卜, 结果(表 4)表明: E 和 F 均对受试作物的苗高和叶绿素含量有明显的促进作用, E 处理的作物根系虽然较长, 但侧根数较少, F 处理的作物虽然对根长的促进作用不明显, 但侧根数较多, 较粗壮.

表 4　不同条件下的花生根分泌物(φ= 70%)对作物幼苗生长的化感作用[1)]

Tab. 4　The allelopathic potential of root exudates from peanut under different conditions on different crops seedling growth

作物 crops	处理[2)] treatments	根长 length of root	苗高 height of shoot	叶绿素 chlorophyll
水稻 rice	E	0.34±0.024**	0.29±0.016**	0.31±0.012**
	F	0.01±0.009**	0.31±0.020**	0.28±0.015**
玉米 corn	E	0.30±0.021**	0.18±0.019**	0.19±0.017**
	F	0.10±0.017**	0.21±0.035*	0.19±0.023*
萝卜 radish	E	0.11±0.007**	0.08±0.004**	0.18±0.011**
	F	0.08±0.001**	0.13±0.010**	0.20±0.015**
黑麦草 rye grass	E	0.08±0.011*	0.09±0.014*	0.07±0.013*
	F	0.09±0.004**	0.10±0.015*	0.21±0.021**

1) 表中数据均为同一处理 3 次重复化感作用效应 *RI* 的平均值, 数据后"*、**"表示处理与对照的差异达 0.05、0.01 显著水平;　2) E: 花生根自然分泌到石英砂中的分泌物, F: 花生根在 250 g/L 的 NaCl 水溶液下的分泌物

2.4　花生根分泌物化学成分的初步分析

按方法 V 和 VI 得到的花生根分泌物除去溶剂后得到树脂状的有机分子混合物, 而不是含有 N、P、K 等无机分子. 树脂状的根分泌物不具有挥发性, 气相色谱不能测定化学成分. 但树脂状的根分泌物加水可溶解, 用高效液相色谱(HPLC)测示显示数个色谱峰, 其中一中型色谱峰, 用三十烷醇作标准品对照确证为三十烷醇. 其他色谱峰需经 LC/MS 作进一步的鉴定分析才能确定结构. 三十烷醇为有效的植物生长促进物质, 花生根部能分泌出三十烷醇是花生对其他作物生长产生促进作用的重要原因之一.

3　结论与讨论

曾有用花生壳覆盖使玉米增产的报道, 但研究者认为这种增产是由于覆盖减少了土壤水分的蒸发、增加了土壤温度和抑制了杂草生长等因素造成的[7], 花生壳在淋溶下是否产生有促进作用的化感物质则没有讨论. 本文的结果表明 4 叶期前花生根分泌物对部分作物幼苗生长具有促进作用, 花生根分泌物中起促进作用的成分是可溶于水的有机物,

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在花生的分泌物中含有三十烷醇,是花生根分泌物对作物幼苗生长产生促进作用的原因之一. 化感促进作用是花生与其他作物轮、间、套种时产生增产的诸多因素中应该引起重视的因素,有必要对其进行深入的研究,花生壳覆盖使玉米增产的机制也应从化感的角度来分析.

花生对作物的化感促进作用在4叶期后是否存在?以及这种作用对作物增产的机理和最终增产效果如何?是使花生化感促进作用能在生产实际中得以运用必须深入研究的问题. 另外,不同花生品种间化感作用可能是不同的,鉴别有化感促进作用的花生品种,培育高产优质具有化感促进作用的优良品种,有重要的实践意义. 因此,对花生化感促进作用的研究不仅可以丰富作物之间相互关系的认识,而且在实践中运用花生的化感促进作用,能提高花生与其他作物轮、间、套作的生态和经济效益.

参考文献:

[1] 肖能遑. 世界油料及制品产销动态[J]. 中国油料, 1997, 3(19): 77—81.

[2] 山东花生研究所. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982. 15—129.

[3] 艾为党, 李晓林, 左元梅, 等. 玉米、花生根间菌丝桥对氮传递的研究[J]. 作物学报, 2000, 26(4): 473—481.

[4] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题[J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 332—336.

[5] 朱广廉, 钟 敏, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 46—51.

[6] WILLAMSON G B. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. J Chem Ecol, 1988, 14(1): 181—187.

[7] LUTZ J A, JONES J R, JONES G D. Effect of peanut hulls on the performance of corn[J]. Agronomy J, 1978, 70(5): 784—786.

Allelopathic Potentials of *Arachis hypogaea* on Crops

HU Fei, KONG Chui-hua

(College of Agriculture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Allelopathic potentials of the root exudates from peanut (*Arachis hypogaea*) on rice, maize, radish and rye grass were investigated. The results showed that the root exudates from peanut promoted the seedling growth of tested crops. Further research revealed that the root exudates from peanut were water—soluble materials which contain triacontanol. The promoting effects on crops had difference at different concentrations of the root exudates from peanut.

Key words: *Arachis hypogaea*; root exudates; allelopathic promoting potential

【责任编辑 周志红】

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net