

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会
科学出版社

主办
出版

2015

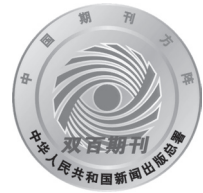
第 52 卷 第 4 期

Vol.52 No.4



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

目 次

综述与评论

亚硝酸盐型甲烷厌氧氧化微生物生态学研究进展····· 沈李东 (713)

土壤科学与现代农业

近30年江西省耕地土壤全氮含量时空变化特征····· 赵小敏 邵 华 石庆华等 (723)

北京市土壤重金属潜在风险预警管理研究····· 蒋红群 王彬武 刘晓娜等 (731)

秸秆深还对土壤团聚体中胡敏酸结构特征的影响····· 朱 姝 窦 森 陈丽珍 (747)

生物炭添加对酸化土壤中小白菜氮素利用的影响····· 俞映惊 薛利红 杨林章等 (759)

水肥对高产无性系油茶果实产量的影响····· 张文元 郭晓敏 涂淑萍等 (768)

研究论文

基于VRML的土壤电导率三维空间变异性虚拟现实建模研究····· 李洪义 顾呈剑 但承龙等 (776)

不同样点数量对土壤有机质空间变异表达的影响····· 海 南 赵永存 田 康等 (783)

基于稳定同位素的土壤水分运动特征····· 靳宇蓉 鲁克新 李 鹏等 (792)

中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究····· 吴良泉 武 良 崔振岭等 (802)

不同施肥方式下滩涂围垦农田土壤有机碳及团聚体有机碳的分布····· 候晓静 杨劲松 王相平等 (818)

长期施肥对浙江稻田土壤团聚体及其有机碳分布的影响····· 毛霞丽 陆扣萍 何丽芝等 (828)

不同时期施用生物炭对稻田N₂O和CH₄排放的影响····· 李 露 周自强 潘晓健等 (839)

秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响····· 刘 园 M. Jamal Khan 靳海洋等 (849)

单一电解质体系下恒电荷土壤胶体扩散双电层中滑动层厚度的计算····· 丁武泉 朱启红 王 磊等 (859)

化工厂遗留地铬污染土壤化学淋洗修复研究····· 李世业 成杰民 (869)

离子型稀土矿尾砂地植被恢复障碍因子研究····· 刘文深 刘 畅 王志威等 (879)

辽东与山东半岛土壤中有机氯农药残留特征研究····· 朱英月 刘全永 李 贺等 (888)

长期冬种绿肥改变红壤稻田土壤微生物生物量特性····· 高嵩涓 曹卫东 白金顺等 (902)

豆科间作对番茄产量、土壤养分及酶活性的影响····· 代会会 胡雪峰 曹明阳等 (911)

研究简报

蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病的关系····· 董 艳 董 坤 汤 利等 (919)

小麦与蚕豆间作对根际真菌代谢功能多样性的影响····· 胡国彬 董 坤 董 艳等 (926)

不同年限毛竹林土壤固氮菌群落结构和丰度的演变····· 何冬华 沈秋兰 徐秋芳等 (934)

长期不同施肥模式下砂姜黑土的固碳效应分析····· 李 玮 孔令聪 张存岭等 (943)

果园生草对¹⁵N利用及土壤累积的影响····· 彭 玲 文 昭 安 欣等 (950)

封面图片: 离子型稀土矿废弃地全景 (由汤叶涛、刘文深提供)

DOI: 10.11766/trxb201406260327

蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病的关系*

董艳¹ 董坤² 汤利¹ 郑毅^{1, 3†} 李欣然¹ 胡国彬¹ 刘一鸣¹

(1 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

(2 云南农业大学食品科技学院, 昆明 650201)

(3 西南林业大学国家高原湿地中心, 昆明 650224)

摘要 通过田间试验研究不同品种蚕豆枯萎病病情指数的差异, 并通过水培试验鉴定蚕豆根系分泌物中氨基酸组分并测定氨基酸的含量, 分析各氨基酸组分与蚕豆枯萎病病情指数的相关性。结果表明: 根系分泌物中氨基酸总量随着蚕豆枯萎病抗性的降低而升高。感病品种和中抗品种中检出 15 种氨基酸, 而抗病品种中检出 14 种, 组氨酸只存在于中抗品种中, 脯氨酸仅在感病品种中检测到, 3 个蚕豆品种根系分泌物中均未检出精氨酸。丝氨酸 (Ser)、蛋氨酸 (Met) 和赖氨酸 (Lys) 与枯萎病病情指呈负相关关系, 以 Ser 的相关系数最高, 其他 13 种氨基酸含量与蚕豆枯萎病的病情指数呈正相关。蚕豆根系分泌物中 Ser、Met 和 Lys 含量及 Ser/Gly、Ser/Ala 比值高能抑制枯萎病的发生与发展, 而天门冬氨酸 (Asp)、苏氨酸 (Thr)、甘氨酸 (Gly)、丙氨酸 (Ala)、缬氨酸 (Val)、酪氨酸 (Tyr)、苯丙氨酸 (Phe) 含量高时能促进枯萎病的发生。不同蚕豆品种根系分泌的氨基酸含量与组分的差异是影响蚕豆对枯萎病抗性差异的重要原因之一。

关键词 蚕豆枯萎病; 根系分泌物; 氨基酸

中图分类号 S435.23 **文献标识码** A

蚕豆是典型的忌连作作物, 近年来蚕豆的连作障碍非常普遍且日益严重, 连作土传病害已成为制约我国蚕豆生产的重要因素^[1]。多年来, 对多种作物枯萎病不同抗性品种的生理生化变化、根际养分、土壤物理性状变化、土壤微生物区系变化等方面开展了大量的研究并取得了显著的进展^[2-3]。近年来在黄瓜、茄子和棉花枯萎病不同抗性品种根系分泌物的研究中发现, 根系分泌物中的氨基酸含量和种类与枯萎病抗性有密切的关系, 且在不同作物中有较大的差异^[4-6]。袁虹霞等^[6]对 7 个不同抗性棉花品种根系分泌物进行研究, 结果发现棉花对黄萎病等土传病害的抗性与根系分泌物对病菌的作用有密切关系, 感病品种根系分泌物中含有较大数量和较多种类的氨基酸, 而苯丙氨酸、脯氨酸等仅出现在感病品种的根系分泌物中。

作者在前期研究中发现不同品种蚕豆对枯萎病的抗性存在明显差异, 但有关蚕豆枯萎病不同抗性品种根系分泌物含量与枯萎病抗性方面的研究还少见报道。本研究通过田间小区试验和室内水培试验, 以 3 个枯萎病不同抗性的蚕豆品种为材料, 研究了不同品种蚕豆枯萎病发生并测定了根系分泌物中游离氨基酸的含量, 旨在比较蚕豆不同品种根系分泌物中游离氨基酸含量与枯萎病发生的关系, 揭示不同品种蚕豆抗枯萎病的生物化学基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

田间试验在云南省安宁市禄脍镇上村进行, 选用连作蚕豆 10 年的田块作为试验地。土壤为红壤,

* 国家自然科学基金项目 (31360507, 31210103906, 31460551) 资助

† 通讯作者, E-mail: zhengyi-64@163.com

作者简介: 董艳 (1975—), 女, 云南安宁人, 博士, 副教授, 主要研究方向为间作系统根际微生态与病害控制

收稿日期: 2014-06-26; 收到修改稿日期: 2014-10-27

有机质含量 23.2 g kg^{-1} , 全氮 1.90 g kg^{-1} , 碱解氮 119.0 mg kg^{-1} , 有效磷 56.5 mg kg^{-1} , 速效钾 123.4 mg kg^{-1} , pH 6.4。

选择蚕豆枯萎病不同抗性品种: 感病品种(云豆324, YD324)、中抗品种(8363)、抗病品种(89-147)为试验材料。

1.2 田间试验设计

采用单因素随机区组设计, 设3个蚕豆品种试验, 即YD324、8363和89-147, 每个处理3次重复, 共9个小区。供试肥料为尿素、普通过磷酸钙、硫酸钾。氮肥施用量为 $\text{N } 112.5 \text{ kg hm}^{-2}$, 磷肥施用量为 $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 112.5 \text{ kg hm}^{-2}$, 钾肥施用量为 $\text{K}_2\text{O } 112.5 \text{ kg hm}^{-2}$, 不施有机肥。氮肥、磷肥和钾肥全部作为基肥, 一次性施入。

于蚕豆枯萎病发病初期(蚕豆开花期)进行病害调查。每个小区按对角线法选取5点, 每点调查3株, 共15株。田间发病程度分为5级, “0级”: 茎基部及根无病斑, 表观无症状; “1级”: 茎基部或根的局部(除主根外)稍显病斑或稍变色; “2级”: 茎基部或主侧根有病斑, 但不连片; “3级”: 1/3~1/2的茎基部或根部出现病斑、变色或腐烂, 侧根明显减少; “4级”: 茎基部被病斑环绕或根系大部分变色腐烂; “5级”: 植株枯萎死亡。

病情指数(%) = $\frac{\sum(\text{各级病株数} \times \text{相应级值})}{(\text{最高级值} \times \text{调查总株数})} \times 100$

1.3 水培试验设计及根系分泌物中氨基酸组分测定

溶液培养试验供试蚕豆品种与大田相同。试验设3个蚕豆品种处理, 4次重复, 完全随机排列。挑选大小、饱满度一致, 种皮完整的蚕豆种子, 10%的 H_2O_2 浸泡30 min, 用去离子水清洗干净, 再用饱和 CaSO_4 浸泡12 h至种子发胀。用湿润滤纸包裹, 浸放在饱和 CaSO_4 溶液中, 置于 25°C 培养室中避光发芽, 待子叶展开后移入1/2营养液中培养24 h后再移入全营养液中培养。每盆12株, 营养液体积为4 L, 每3天换一次营养液。

光照2 h后, 将植株从培养溶液中取出, 根系用去离子水冲洗4次, 将根系转至通气、盛有400 ml收集液的容器中(收集液pH 5.6, 包括 $200 \mu\text{mol L}^{-1} \text{MgCl}_2$ 、 $100 \mu\text{mol L}^{-1} \text{KCl}$ 、 $600 \mu\text{mol L}^{-1} \text{CaCl}_2$ 和 $5 \mu\text{mol L}^{-1} \text{H}_3\text{BO}_3$), 将根系没入收集液液面开始计时, 收集时间为2 h, 然后将蚕豆植株放回培养容器中。取分泌物溶液约20 ml放入50 ml

离心管中, 滴加2~3滴微生物抑制剂入离心管中, 迅速放入 -20°C 冰箱冷冻、保存待测。

测定时, 从冰箱取出离心管解冻、过膜($0.22 \mu\text{m}$)。根系分泌物中氨基酸分析采用氨基酸自动分析仪测定。

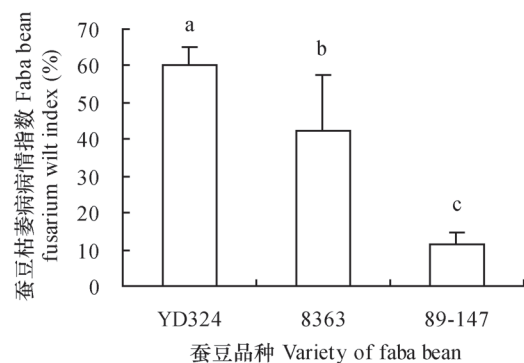
1.4 数据处理

采用SAS8.0软件对实验数据进行单因素方差分析和相关分析。

2 结果

2.1 不同品种蚕豆枯萎病发生情况

从图1可看出, 3个品种蚕豆间病情指数达到显著差异($p < 0.01$), 8363和89-147品种的病情指数均显著低于YD324, 分别较YD324降低29.63%和80.56%, 同时89-147的病情指数也显著低于8363, 较8363降低72.37%。



注: 图中不同字母表示差异达显著水平($p < 0.05$), 下同
Note: Different letters indicated significant difference at 0.05 levels. The same below

图1 不同品种蚕豆枯萎病病情指数的差异

Fig. 1 Difference between faba beans of different varieties in fusarium wilt index

2.2 不同品种蚕豆根系分泌物中游离氨基酸总量

从图2可看出, 3个品种蚕豆根系分泌物中游离氨基酸总量以YD324最高, 89-147最低, 3个品种间差异达到显著水平($p < 0.01$)。8363和89-147根系分泌物中游离氨基酸含量显著低于YD324, 分别较YD324低42.83%和57.27%, 同时89-147根系分泌物中游离氨基酸含量显著低于8363, 较8363低25.27%。

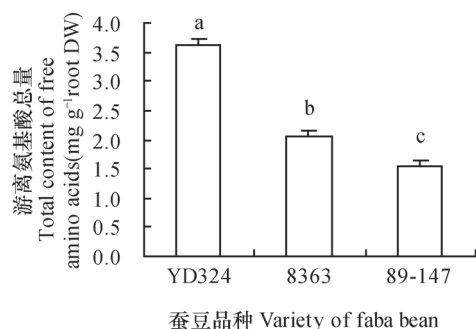


图2 不同蚕豆品种根系分泌物中游离氨基酸总量
Fig. 2 Total content of free amino acids in root exudates of different faba bean cultivars

2.3 不同品种蚕豆根系分泌物中氨基酸组分

从表1可看出, 蚕豆根系分泌物中共检出16种氨基酸组分, 分别是天门冬氨酸 (Asp)、苏氨酸 (Thr)、丝氨酸 (Ser)、谷氨酸 (Glu)、甘氨酸 (Gly)、丙氨酸 (Ala)、胱氨酸 (Cys)、缬氨酸 (Val)、蛋氨酸 (Met)、异亮氨酸 (Ile)、亮氨酸 (Leu)、酪氨酸 (Tyr)、苯丙氨酸 (Phe)、赖氨酸 (Lys)、组氨酸 (His)、脯氨酸 (Pro)。枯萎病不同抗性品种蚕豆中各种

氨基酸组分及其含量存在差异。YD324和8363品种根系分泌物中均检测到15种氨基酸, 而89-147品种中检测到14种。

3个品种蚕豆中含量较高的氨基酸为 Asp、Thr、Glu、Gly、Ala、Leu、Tyr、Phe。89-147品种中 Ser、Met 和 Lys 含量分别较 YD324 高 71.1%、139.4% 和 159.8%, 差异显著, 而 Asp、Thr、Glu、Gly、Ala、Cys、Val、Ile、Leu、Tyr、Phe 含量均显著低于 YD324, 分别低 56.5%、53.4%、63.4%、37.2%、34.4%、47.7%、39.0%、35.3%、57.1%、62.5% 和 64.8%。8363 品种中 Ser 含量较 YD324 高 32.6%, 而 Thr、Glu、Gly、Cys、Val、Ile、Leu、Tyr、Phe 含量也显著低于 YD324, 分别低 44.5%、61.5%、23.5%、56.2%、32.5%、34.7%、76.3%、49.8% 和 64.5%。

2.4 根系分泌物中氨基酸含量与蚕豆枯萎病病情指数的关系

为了分析不同枯萎病抗性蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病发生的关系, 对蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病病情指数进行了相关分析 (表1)。从表1可看出, 蚕豆根系分泌物中氨基酸

表1 不同品种蚕豆根系分泌物中各氨基酸组分含量与蚕豆枯萎病病情指数的相关分析

Table 1 Correlation analysis of contents of free amino acids in root exudates of faba bean with fusarium wilt index relative to faba bean cultivar

氨基酸组分 Amino acid components	含量 Content (mg g ⁻¹ root DW)			相关性 Correlation	
	YD324	8363	89-147	r	p
天门冬氨酸 Aspartic	0.58 ± 0.07a	0.54 ± 0.08a	0.25 ± 0.06b	0.968	0.162
苏氨酸 Threonine	0.21 ± 0.02a	0.12 ± 0.04b	0.10 ± 0.04b	0.868	0.331
丝氨酸 Serine	0.18 ± 0.03c	0.23 ± 0.04b	0.30 ± 0.02a	-0.995	0.066
谷氨酸 Glutamate	0.38 ± 0.06a	0.15 ± 0.02b	0.14 ± 0.02b	0.797	0.413
甘氨酸 Glycine	0.23 ± 0.03a	0.17 ± 0.03b	0.14 ± 0.01c	0.954	0.193
丙氨酸 Alanine	0.22 ± 0.02a	0.18 ± 0.03ab	0.14 ± 0.01b	0.994	0.070
胱氨酸 Cysteine	0.11 ± 0.01a	0.05 ± 0.01b	0.06 ± 0.00a	0.686	0.519
缬氨酸 Valine	0.07 ± 0.01a	0.05 ± 0.01b	0.04 ± 0.00b	0.869	0.330
蛋氨酸 Methionine	0.09 ± 0.02b	0.10 ± 0.02b	0.22 ± 0.02a	-0.957	0.187
异亮氨酸 Isoleucine	0.16 ± 0.02a	0.10 ± 0.01b	0.10 ± 0.02b	0.790	0.420
亮氨酸 Leucine	0.21 ± 0.02a	0.05 ± 0.00c	0.09 ± 0.01b	0.607	0.585
酪氨酸 Tyrosine	0.25 ± 0.01a	0.12 ± 0.01b	0.09 ± 0.01c	0.886	0.307
苯丙氨酸 Phenylalanine	0.25 ± 0.03a	0.09 ± 0.01b	0.09 ± 0.01b	0.784	0.427
赖氨酸 Lysine	0.04 ± 0.00b	0.05 ± 0.01b	0.10 ± 0.02a	-0.977	0.138
组氨酸 Histidine	—	0.04 ± 0.00a	—	0.151	0.904
脯氨酸 Proline	0.33 ± 0.07a	—	—	0.781	0.430
氨基酸总量 Total amino acid	3.61 ± 0.12	2.04 ± 0.09	1.55 ± 0.10	0.903	0.282

注: —表示未检出。同行中不同字母表示0.05水平下的差异显著性 Note: — denotes "not detected". Different letters in the same row indicate significant difference at 0.05 levels

总量与枯萎病病情指数呈正相关关系,表明蚕豆根系分泌物中氨基酸含量确实影响着枯萎病的发生。从16种氨基酸含量与枯萎病病情指数的相关分析来看(表1),Ser、Met和Lys与枯萎病病情指数呈负相关关系,且相关系数均高于0.9。其他13种氨基酸,即Asp、Thr、Glu、Gly、Ala、Cys、Val、Ile、Leu、Tyr、Phe、His、Pro含量与病情指数呈正相关关系,以Asp、Thr、Gly、Ala、Val、Tyr的相关系数较高,均高于0.8,表明蚕豆根系分泌物中这几种氨基酸的含量可能对枯萎病的发生发展具有影响。

单一氨基酸组分含量与病情指数的相关系数还不足以充分证明该类氨基酸与抗病性的关系,

而各种氨基酸在根系分泌物中的相对比例大小可能与枯萎病发生关系更为密切。因此本研究对与抗病指数相关性较大(>0.9)的几种氨基酸:Ser(-0.995)、Met(-0.957)、Lys(-0.977)、Asp(0.968)、Gly(0.954)、Ala(0.994)进行进一步分析(表2)。从表2可看出,丝氨酸和天门冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸含量的比值与蚕豆品种对枯萎病的病情指数间存在负相关性,且Ser/Gly、Ser/Ala均达到显著水平($p < 0.05$);而蛋氨酸与天门冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸含量的比值和赖氨酸与天门冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸含量的比值均与蚕豆枯萎病呈负相关关系,相关系数均高于0.9。

表2 氨基酸比值与蚕豆枯萎病病情指数的相关分析

Table 2 Correlation analysis of free amino acids ratio and fusarium wilt severity index of faba bean

氨基酸指标 Amino acid index	氨基酸相对比例 Relative ratio of amino acid			相关性 Correlation	
	YD324	8363	89-147	<i>r</i>	<i>p</i>
Ser/Asp	0.30	0.43	1.18	-0.972	0.151
Ser/Gly	0.78	1.35	2.12	-0.998	0.042
Ser/Ala	0.81	1.28	2.11	-1.000	0.006
Met/Asp	0.16	0.19	0.86	-0.946	0.211
Met/Gly	0.40	0.59	1.54	-0.977	0.138
Met/Ala	0.42	0.56	1.53	-0.967	0.163
Lys/Asp	0.06	0.09	0.38	-0.953	0.195
Lys/Gly	0.17	0.28	0.69	-0.985	0.110
Lys/Ala	0.17	0.26	0.68	-0.978	0.135

3 讨论

3.1 根系分泌氨基酸总量差异与枯萎病发生

研究表明,不同植物根系分泌物的种类和含量不同,即使是同种作物,不同抗病品种根系分泌物对病原菌的化感效应也存在显著差异^[7]。Naqvi和Chauhan^[8]的研究表明,枯萎病不同抗性辣椒根系分泌物中氨基酸组分及含量均不同。西瓜根系分泌物中总氨基酸含量随品种抗性的增加而降低,感病西瓜品种氨基酸总量是抗病西瓜品种的10倍^[9]。本研究结果表明,3个品种蚕豆枯萎病病情指数表现为YD324 > 8363 > 89-147,且3个品种间均达到显著差异。3个品种蚕豆根系分泌物中氨基酸总量表现为YD324 > 8363 > 89-147的规律,且8363和89-147与YD324间差异显著;表明蚕豆枯

萎病不同抗性品种根系分泌的氨基酸总量随枯萎病抗性的降低而升高。本研究结果与棉花黄萎病抗病品种根系分泌物中氨基酸总量为3.05~4.08 μg 株⁻¹,而感病品种中氨基酸总量为9.64~12.07 μg 株⁻¹的结果相同^[10]。

3.2 不同抗性蚕豆品种根系分泌氨基酸组分的差异

陆地棉不同品种间根系分泌物组分和含量存在差异,但棉花黄萎病感病品种根系分泌物中氨基酸种类多,含量高,而抗病品种根系分泌物中氨基酸种类少,含量低^[10]。大豆根腐病感病品种根系分泌物中共检测出16种氨基酸,抗病品种根系分泌的氨基酸有14种^[11]。本研究中蚕豆枯萎病感病品种和中抗病品种根系分泌物中共检测出15种氨基酸,而抗病品种根系分泌物中检出14种,与感病西瓜品种根系分泌物中共检测出14种游离氨基酸,抗病

西瓜品种根系分泌物中含有13种的结论相似^[9]。棉花黄萎病不同抗性品种根系分泌物中, 苯丙氨酸和脯氨酸是感病品种所特有, 精氨酸只在抗病品种根系分泌物中发现^[6]。枯萎病不同抗性黄瓜根系分泌物中的游离氨基酸种类不同, 精氨酸只在中抗品种中被检出^[4]。本研究组氨酸只存在于中抗品种中, 脯氨酸仅在感病品种中检测到, 3个品种蚕豆根系分泌物中均未检出精氨酸。本研究与其他作物不同抗性品种的研究结果总体上相似, 但也有不同之处, 如只存在于黄瓜枯萎病和棉花黄萎病抗性品种中的精氨酸在蚕豆不同抗性品种均未检测到, 这可能是由于作物及病原菌种类不同而导致的。

3.3 根系分泌氨基酸组分差异与枯萎病发生

黄瓜根系分泌物中精氨酸、丝氨酸和赖氨酸含量与品种对枯萎病的病情指数呈负相关, Ser含量与品种对枯萎病的病情指数呈负相关性最大^[4]。本研究结果表明, 丝氨酸、蛋氨酸和赖氨酸与枯萎病病指呈负相关关系, 并以丝氨酸的相关系数最高。本研究结果与黄瓜枯萎病的研究基本相同, 主要体现为丝氨酸和赖氨酸与枯萎病病指呈负相关关系。黄瓜根系分泌物中Phe含量与枯萎病病情指数呈显著正相关性, 苯丙氨酸、甘氨酸、天门冬氨酸和丙氨酸对黄瓜枯萎病病菌的生长发育有明显的促进作用^[4]。本研究中有13种氨基酸含量均与病指呈正相关关系, 并以天门冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸的相关系数较高, 而丝氨酸、蛋氨酸和赖氨酸含量与枯萎病病指呈负相关关系, 表明蚕豆根系分泌物中丝氨酸、蛋氨酸和赖氨酸含量高能抑制枯萎病的发生与发展, 而天门冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸含量高时可能促进枯萎病的发生。

从氨基酸不同组分的比值来看, 黄瓜枯萎病不同抗性品种根系分泌物中Ser与Phe、Asp、Ala、Gly的比值均与品种对枯萎病的病情指数呈显著负相关, 其中Ser/Phe与品种对枯萎病病情指数的负相关达极显著水平^[4]。本研究中, 丝氨酸与天门冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸含量的比值和蚕豆枯萎病病情指数间存在负相关性关系, 且Ser/Gly、Ser/Ala均与枯萎病病指达到显著相关水平, 表明蚕豆根系分泌物中Ser/Gly、Ser/Ala大能抑制枯萎病的发生与发展。

3.4 根系分泌氨基酸差异影响土传病害发生的可能机理

研究表明根系分泌的氨基酸可促进或抑制病原菌的生长、繁殖和对作物根系的侵染而影响病害的发生, 且不同的氨基酸对病原菌菌丝生长具有不同的影响^[7, 9-10]。董鲜等^[12]的研究表明促进病原菌菌丝生长的氨基酸包括: 天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、半胱氨酸、苏氨酸、酪氨酸、蛋氨酸; 而抑制病原菌生长的氨基酸包括: 丝氨酸、赖氨酸、精氨酸。同时作物根系分泌氨基酸组分及其含量的差异也对病原菌侵染作物根系具有不同的影响。张宁等^[13]的研究表明, 当西瓜受到尖孢镰刀菌侵染时, 西瓜根系对各种氨基酸, 如脯氨酸、精氨酸、谷氨酸等15种氨基酸的分泌量均显著升高, 而间作接种尖孢镰刀菌处理西瓜根系分泌氨基酸的量却没有升高, 原因可能是间作系统根系分泌较低的氨基酸含量减缓了尖孢镰刀菌对西瓜根系的侵染。

本研究中, 蚕豆枯萎病感病品种根系分泌物中天门冬氨酸、谷氨酸、苏氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸含量较高, 且与枯萎病病情指数具有较高的正相关关系; 而丝氨酸、蛋氨酸和赖氨酸与枯萎病病指呈负相关关系。但有关这些氨基酸对蚕豆枯萎病病原菌菌丝生长和对蚕豆根系侵染的影响尚需进一步深入研究。

4 结 论

枯萎病不同抗性品种蚕豆根系分泌物中游离氨基酸总量、组分及其含量存在显著差异。不同品种蚕豆根系分泌物中游离氨基酸总量及Asp、Thr、Glu、Gly、Ala、Cys、Val、Ile、Leu、Tyr、Phe、His、Pro含量与枯萎病病指间存在显著正相关关系, Ser、Met和Lys与枯萎病病指呈负相关关系。表明枯萎病不同抗性品种蚕豆根系分泌氨基酸组分及其含量的差异是影响蚕豆枯萎病抗性的重要因素之一。

参 考 文 献

- [1] 俞大维. 蚕豆病害. 北京: 科学出版社, 1979. Yu D B. Faba bean diseases (In Chinese). Beijing: Science Press, 1979

- [2] 郭晋云, 胡晓峰, 李勇, 等. 黄瓜枯萎病对黄瓜光合和水生理特性的影响. 南京农业大学学报, 2011, 34 (1) : 79—83. Guo J Y, Hu X F, Li Y, et al. Effect of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* on photosynthesis and water physiological characteristics in cucumber (In Chinese). Journal of Nanjing Agricultural University, 2011, 34 (1) : 79—83
- [3] Yao H Y, Wu F Z. Soil microbial community structure in cucumber rhizosphere of different resistance cultivars to fusarium wilt. FEMS Microbiol Ecology, 2010, 72 (3) : 456—463
- [4] 潘凯, 吴凤芝. 枯萎病不同抗性黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 根系分泌物氨基酸组分与抗病的相关性. 生态学报, 2007, 27 (5) : 1945—1950. Pan K, Wu F Z. Correlation analysis of amino acids components in cucumber root exudates and fusarium wilt resistance (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (5) : 1945—1950
- [5] 周宝利, 尹玉玲, 李云鹏, 等. 嫁接茄根系分泌物与抗黄萎病的关系及其组分分析. 生态学报, 2010, 30 (11) : 3073—3079. Zhou B L, Yin Y L, Li Y P, et al. Relationship between root exudates of grafted eggplants and Verticillium wilt resistance and their components identification (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2010, 30 (11) : 3073—3079
- [6] 袁虹霞, 李洪连, 王焯, 等. 棉花不同抗性品种根系分泌物分析及其对黄萎病菌的影响. 植物病理学报, 2002, 32 (2) : 127—131. Yuan H X, Li H L, Wang Y, et al. The root exudates of cotton cultivars with the different resistance and their effects on *Verticillium dahliae* (In Chinese). Acta Phytopathologica Sinica, 2002, 32 (2) : 127—131
- [7] Farooq M, Jabran K, Cheema Z A, et al. The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science, 2011, 67: 493—506
- [8] Naqvi S M A, Chauhan S K. Effect of root exudates on the spore germination of rhizosphere and rhizoplane mycoflora of chilli (*Capsicum annuum* L.) cultivars. Plant and Soil, 1980, 55: 397—402
- [9] Hao W Y, Ren L X, Ran W, et al. Allelopathic effects of root exudates from watermelon and rice plants on *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. Plant and Soil, 2010, 336: 485—497
- [10] 蒋玉蓉, 房卫平, 祝水金, 等. 陆地棉组织结构和生化代谢与黄萎病抗性的关系. 作物学报, 2005, 31 (3) : 337—341. Jing Y R, Fang W P, Zhu S J, et al. Relationship of verticillium wilt resistance with plant anatomical structure and biochemical metabolism in upland cotton (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2005, 31 (3) : 337—341
- [11] 张俊英, 王敬国, 许永利. 大豆根系分泌物中氨基酸对根腐病菌生长的影响. 植物营养与肥料学报, 2008, 14 (2) : 308—315. Zhang J Y, Wang J G, Xu Y L. Effect of amino acids from soybean root exudates on hyphal growth of pathogenic fungi of soybean root rot (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14 (2) : 308—315
- [12] 董鲜, 郑青松, 王敏, 等. 香蕉幼苗三类有机小分子溶质对尖孢镰刀菌侵染的生理响应研究. 生态学报, 2015, 35 (10) : DOI: 10.5846/stxb201306261785. Dong X, Zheng Q S, Wang M, et al. Physiological response of three types of organic small molecule solutes in banana seedlings to *Fusarium oxysporum* infection (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2015, 35 (10) : DOI: 10.5846/stxb201306261785
- [13] 张宁, 张如, 吴萍, 等. 根系分泌物在西瓜/旱作水稻间作减轻西瓜枯萎病中的响应. 土壤学报, 2014, 51 (3) : 585—593. Zhang N, Zhang R, Wu P, et al. Effect of root exudates to watermelon/aerobic rice intercropping oriented to alleviate *fusarium* wilt (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2014, 51 (3) : 585—593

RELATIONSHIP OF FREE AMINO ACIDS IN ROOT EXUDATES WITH WILT DISEASE (*FUSARIUM OXYSPORUM*) OF FABA BEAN

Dong Yan¹ Dong Kun² Tang Li¹ Zheng Yi^{1, 3†} Li Xinran¹ Hu Guobin¹ Liu Yiming¹

(1 College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2 College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(3 The National Center for Plateau Wetland of Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract With a field plot experiment, differences in fusarium wilt disease index between three faba bean cultivars different in resistance to the disease were studied, and with a nutrient solution culture

experiment, contents of free amino acids in root exudates of the plants were determined and their relationships with incidence of fusarium wilt were analyzed. Results show that the resistance to fusarium wilt of all the three cultivars of faba bean cultivars increased with increasing total content of free amino acids in the root exudates. Of the fifteen kinds of amino acids detected in the root exudates of faba beans histidine was specific to resistant faba bean cultivars while proline was to susceptible cultivars. Arginine was not found in the root exudates of all the three faba bean cultivars. Disease index was negatively related to the contents of serine, methionine and lysine, with serine being the most significant, but fusarium wilt disease index was positively related to the contents of the other thirteen amino acids. High contents of serine, methionine and lysine and high Ser/Gly and Ser/Ala ratios were found inhibiting occurrence and development of faba bean fusarium wilt, while high contents of Aspartic, threonine, glycine, alanine, valine, tyrosine and phenylalanine were inducing occurrence of faba bean fusarium wilt. Faba beans different in variety vary in content and composition of free amino acids in their root exudates, which is one of the main reasons why the beans are different in resistance to fusarium wilt.

Key words Faba bean fusarium wilt; Root exudates; Free amino acids

(责任编辑：卢 萍)

CONTENTS

Reviews and Comments

A review of study on microbial ecology of nitrite-dependent anaerobic methane oxidation Shen Lidong (721)

Soil Science and Modern Agriculture

- Spatio-temporal variation of total N content in farmland soil of Jiangxi Province in the past 30 years Zhao Xiaomin, Shao Hua, Shi Qinghua, et al. (730)
- Early warning of heavy metals potential risk governance in Beijing Jiang Hongqun, Wang Binwu, Liu Xiaona, et al. (745)
- Effect of deep application of straw on composition of humic acid in soil aggregates Zhu Shu, Dou Sen, Chen Lizhen (758)
- Effect of biochar application on pakchoi (*Brassica chinensis* L.) utilizing nitrogen in acid soil Yu Yingliang, Xue Lihong, Yang Linzhang, et al. (766)
- Effects of water and fertilizer on fruit yield of high-yielding clonal *Camellia oleifera* Abel Zhang Wenyuan, Guo Xiaomin, Tu Shuping, et al. (774)

Research Articles

- VRML-based virtual reality modeling of three dimensional variation of soil electrical conductivity Li Hongyi, Gu Chengjian, Dan Chenglong, et al. (781)
- Effect of number of sampling sites on characterization of spatial variability of soil organic matter Hai Nan, Zhao Yongcun, Tian Kang, et al. (790)
- Research on soil water movement based on stable isotopes Jin Yurong, Lu Kexin, Li Peng, et al. (800)
- Basic NPK fertilizer recommendation and fertilizer formula for maize production regions in China Wu Liangquan, Wu Liang, Cui Zhenling, et al. (816)
- Effects of fertilization on soil organic carbon and distribution of SOC in aggregates in tidal flat polders Hou Xiaojing, Yang Jingsong, Wang Xiangping, et al. (827)
- Effect of long-term fertilizer application on distribution of aggregates and aggregate-associated organic carbon in paddy soil Mao Xiali, Lu Kouping, He Lizhi, et al. (837)
- Effects of biochar on N₂O and CH₄ emissions from paddy field under rice-wheat rotation during rice and wheat growing seasons relative to timing of amendment Li Lu, Zhou Ziqiang, Pan Xiaojian, et al. (847)
- Effects of successive application of crop-straw biochar on crop yield and soil properties in cambosols Liu Yuan, M. Jamal Khan, Jin Haiyang, et al. (857)
- Calculation of thickness of shear plane in diffuse double layer of constant charge soil colloid in single electrolyte system Ding Wuqun, Zhu Qihong, Wang Lei, et al. (867)
- Effect of chemical leaching remedying chromium contaminated soil in deserted chemical plant site Li Shiye, Cheng Jiemin (877)
- Limiting factors for restoration of dumping sites of ionic rare earth mine tailings Liu Wenshen, Liu Chang, Wang Zhiwei, et al. (887)
- Residues of organochlorine pesticides in soils of Liaodong and Shandong Peninsulas Zhu Yingyue, Liu Quanyong, Li He, et al. (900)
- Long-term application of winter green manures changed the soil microbial biomass properties in red paddy soil Gao Songjuan, Cao Weidong, Bai Jinshun, et al. (909)
- Effects of intercropping with leguminous crops on tomato yield, soil nutrients and enzyme activity Dai Huihui, Hu Xuefeng, Cao Mingyang, et al. (917)

Research Notes

- Relationship of free amino acids in root exudates with wilt disease (*Fusarium oxysporum*) of faba bean Dong yan, Dong Kun, Tang Li, et al. (924)
- Effects of intercropping of wheat and faba bean on diversity of metabolic function of rhizosphere fungal community Hu Guobin, Dong Kun, Dong Yan, et al. (933)
- Evolvement of structure and abundance of soil nitrogen-fixing bacterial community in *Phyllostachys edulis* plantations with age of time He Donghua, Shen Qiulan, Xu Qiufang, et al. (941)
- Effect of long-term fertilization on carbon sequestration in lime concretion black soil relative to fertilization pattern Li Wei, Kong Lingcong, Zhang Cunling, et al. (949)
- Effects of interplanting grass on utilization, loss and accumulation of ¹⁵N in apple orchard Peng Ling, Wen Zhao, An Xin, et al. (955)

Cover Picture: Full view of ionic rare earth mine desert (by Tang Yetao, Liu Wenshen)

《土壤学报》编辑委员会

主 编: 史学正

执行编委: (按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任: 陈德明

责任编辑: 汪枳生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 4 July, 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址: 南京市北京东路 71 号 邮政编码: 210008
电话: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717
电话: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号: CN 32-1119/P

国内邮发代号: 2-560

国外发行代号: BM45

定价: 60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

