

西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内酚类物质、氮代谢物质含量的变化

包妍妍¹, 吴迪², 云兴福¹

1. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特 010019

2. 内蒙古自治区呼伦贝尔市水利水电勘测设计院, 内蒙古海拉尔 021000

摘要 以黄瓜品种津春4号为材料, 在黄瓜第1片真叶长至横宽5cm时, 使用西芹根际区物的蒸馏水、丙酮和乙醇浸提液对黄瓜植株进行化感处理(灌根), 测定处理后黄瓜叶片内几种酚类物质和氮代谢物质含量的变化, 包括木质素、单宁、阿魏酸、绿原酸和氨基酸、可溶性蛋白质、氨、硝酸盐, 以研究西芹根际区物浸提液处理后黄瓜植株对黄瓜枯萎病菌的化感抑制作用机制。结果表明, 经西芹根际区物浸提液处理(灌根)黄瓜植株后, 黄瓜叶片内酚类物质含量均升高; 黄瓜叶片内氮代谢物质含量亦均有变化, 含量升高的物质有精氨酸、脯氨酸、可溶性蛋白质和氨, 而甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和硝酸盐含量则低于对照; 对于不同处理种类, 丙酮浸提液处理的物质含量变化最显著, 乙醇浸提液处理次之, 蒸馏水浸提液处理变化最低。

关键词 西芹根际区物; 化感作用; 酚类物质; 氮代谢物质

中图分类号 S436.421.1

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.04.009

Changes of Phenol and Nitrogen Metabolites Contents in Cucumber Leaves Treated with the Extracts of Celery Root Soil

BAO Yanyan¹, WU Di², YUN Xingfu¹

1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China

2. Hulunbeier Design Institute of Water Conversation and Hydroelectric Engineering Exploration, Hulunbeier 021000, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Abstract Previous studies show that the celery extracts have the allelopathic effect on the *Fusarium oxysporium* f. sp. *Cucumerinum* with an inhibitory rate of 12.89%–84.83% and different fresh celery root and root soil extracts have different prohibitive allelopathic strengths against the cucumber wilt. With a steep decline in morbidity, however, the prohibitive allelopathic strengths are within 5.45%–46.95%. An interesting issue is the mechanism of the celery extract allelopathy, including the protective enzyme systems, the soluble substances and the active oxygen metabolism of the cucumber leaf, which were studied by researchers. However, little attention was paid to the phenol and nitrogen metabolites in the cucumber leaf. To study the mechanisms of the celery root soil extracts allelopathy on the *Fusarium oxysporium* f. sp. *Cucumerinum*, the changes in the phenol metabolites and the nitrogen metabolites were analyzed in "Jinchun 4" cucumber leaves treated with the extracts once its first leaf was 5cm wide, including the lignin, the tannin, the chlorogenic acid, the ferulic acid, the amino acid, the soluble protein, the ammonia, the nitrate and the nitrite. It is shown that the phenol metabolites in the cucumber leaves treated with the celery root soil extracts are significantly higher those without the treatment, the content of the nitrogen metabolites changes significantly, the contents of the Arg, the Pro, the soluble protein, and the ammonia are higher, but the contents of the Gly, the Val, the Met, the Ile, the Phe and the nitrate are lower. For different treatments, the most significant effects on the phenol metabolites and the nitrogen metabolites are caused by the acetone extracts, followed by the ethanol extracts and the distilled water extracts.

Keywords celery root soil; allelopathy; phenol metabolites; nitrogen metabolites

收稿日期: 2012-11-05; 修回日期: 2012-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(30960068); 内蒙古自治区“十一五”科技攻关项目(20081503)

作者简介: 包妍妍, 博士研究生, 研究方向为西芹鲜根及根际区物浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用, 电子信箱: yyan.1985@163.com; 云兴福(通信作者), 教授, 研究方向为高寒地区蔬菜栽培及生理, 电子信箱: yxf5807@163.com

0 引言

黄瓜枯萎病又叫蔓割病、死秧病、黄瓜萎蔫病,由半知菌亚门尖镰孢菌 (*Fusarium oxysporum* Schlecht.) 黄瓜专化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cucumerinum*)引起,属半知菌亚门尖镰孢真菌,是一种土传病害,一般可导致黄瓜减产 30%~50%。严重时甚至绝产。目前,防治此类病害最有效的措施是嫁接,但嫁接后管理困难,且嫁接苗成活率较低,使这项技术的推广极为困难。生产上主要采用药剂防治,但往往会伴随出现环境污染、食品安全等问题,所以如何高效安全的防治黄瓜枯萎病是黄瓜生产中面临的一大难题。

笔者所在的课题组通过连续多年的田间观察,发现在种植过西芹的畦子里,种植的黄瓜植株其黄瓜枯萎病发病率显著下降。基于这一问题,本课题组进行了西芹鲜根及根际区物、腐根及根际区物、干根、种子浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究,且已有报道^[1-6]。研究发现在培养基条件下,西芹浸提液处理对黄瓜枯萎病菌具有极强的化感抑制作用,抑制效果在 12.89%~84.83%。张国华^[7]在盆栽条件下,对经过西芹鲜根浸提液和根际区物浸提液处理后的黄瓜植株进行黄瓜枯萎病菌接种实验,发现处理后黄瓜植株的发病率显著下降,较对照下降 5.45%~46.95%。

关于西芹浸提液处理后黄瓜植株对黄瓜枯萎病菌化感作用机制的研究,本课题组已从黄瓜叶片内膜保护系统、可溶性物质、活性氧代谢等方面进行了研究报道^[6],但尚未从酚类物质和氮代谢物质含量变化角度对其进行研究。许多学者研究酚类物质、氮代谢物质含量与植物病害的关系,发现植株内酚类物质和氮代谢物质含量与其抗病性密切相关^[8-10]。本实验在前人研究的基础上,研究了西芹根际区物的蒸馏水、丙酮和乙醇浸提液处理后黄瓜叶片内酚类物质和氮代谢物质含量的变化,以期揭示西芹根际区物浸提液处理后黄瓜植株对黄瓜枯萎病菌产生化感抗性的机制,为利用化感作用防治黄瓜枯萎病奠定理论基础,对缓解化学农药的施用对环境造成的危害和黄瓜无公害化生产有着重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用西芹品种为美国西芹。将美国西芹浸种催芽后于 2012 年 1 月在内蒙古农业大学教学基地的日光温室里育苗,3 月定植,田间密度为 20cm×15cm,常规管理,用以制备试验需要的根际区物浸提液。

黄瓜品种为津春 4 号,使用苗钵 (10cm×12cm)种植,培养土为未种植过黄瓜的温室土壤,温室培养。

蒸馏水、80%丙酮、80%乙醇为浸提剂材料。

1.2 试验设计

采用随机区组设计,共设 6 种处理,分别为根际区物蒸馏水浸提液处理 (RD)、蒸馏水对照 (CK_D)、根际区物丙酮浸提液处理 (RA)、丙酮对照 (CK_A)、根际区物乙醇浸提液处理

(RE)、乙醇对照 (CK_E),每个处理 30 钵,每钵 4 株,设 3 次重复。当黄瓜植株长到第 1 片真叶横宽 5cm 时,进行化感处理 (灌根),每次每钵 40mL,每隔 1d 处理 1 次,共 3 次。

1.3 试验方法及测定指标

1.3.1 根际区物浸提液的制备

待西芹长至 9~10 片真叶时,随机选取 10 株西芹植株,将西芹连根挖出,取根穴内 1~5cm 深约 200g 的土壤,将掺杂的须根及杂质去除,混合,分别取 3 份,以根际区物/浸提剂为 1g/5mL 的比例,分别用蒸馏水、80%丙酮、80%乙醇浸提,浸提 24h,静置,过滤,收集滤液,作为母液保存在冰箱 (4℃)中备用,如需更多时,同法制备。

将母液稀释 10 倍后用于灌根实验。

1.3.2 测定指标及方法

分别于灌根前 1d 和第 3 次灌根后第 1、6、11、16、21、26 天随机选取 10 株不同黄瓜植株上的相同叶位真叶作为供试材料进行测定,并设 3 次重复。

木质素测量采用重铬酸钾氧化法,单宁测定参照任建军^[11]方法,绿原酸测量参照高荣春^[12]方法,阿魏酸测量参照杨家书^[13]方法,可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝法测定;硝酸盐采用沈继斌的方法^[14],氨采用 D'Halluin K 的方法^[15],最后 1 次测定时同时测定叶片内氨基酸含量,使用日立 835—50 型氨基酸分析仪测定。

1.4 数据处理及统计分析

使用 Excel 2003 对所得数据进行整理,Origin 8.0 对所有数据进行分析。

采用 SAS 9.0 软件中的 ANOVA 过程进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内酚类物质含量的变化

2.1.1 木质素含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后,叶片内木质素含量高于其对照,蒸馏水浸提液处理升高 1.02%~9.57%,丙酮浸提液处理升高 -1.47%~9.99%,乙醇浸提液处理升高 -0.76%~12.29%;各处理在测定时期均呈现先上升后下降的变化趋势,其中根际区物丙酮浸提液处理在处理 11d 达到峰值,为 13.84%,较丙酮对照升高了 6.96%;不同处理木质素含量变化显示,丙酮浸提液处理的木质素含量最高,乙醇浸提液次之,蒸馏水浸提液含量最低 (表 1)。说明西芹根际区物浸提液处理可以使黄瓜叶片内木质素含量显著升高。

2.1.2 单宁含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后,叶片内单宁含量均高于其对照,蒸馏水浸提液处理升高 0.21%~6.39%,丙酮浸提液处理升高 -1.92%~4.15%,乙醇浸提液处理升高 -4.27%~6.31%;随着时间的延续,单宁含量呈现先上升后下降的变化趋势,处理后 1d,各处理的单宁含量均达到峰值,其中根际

表 1 浸提液处理后黄瓜叶片内木质素含量的变化

Table 1 The change of lignin content in cucumber leaves after the treatment by various extracts

处理	木质素含量/%						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	10.50±0.35	12.71±0.38A	13.09±0.03A	13.38±0.22A	13.33±0.07A	13.25±0.09A	12.83±0.19A
CK _D	10.50±0.35	11.61±0.42B	12.19±0.04B	12.39±0.06B	13.13±0.07A	12.99±0.01B	12.70±0.03A
RA	10.50±0.35	13.32±0.07A	13.17±0.05A	13.84±0.03A	13.63±0.11A	13.38±0.32A	13.52±0.25A
CK _A	10.50±0.35	12.11±0.55A	13.20±0.04A	12.94±0.12B	13.08±0.11A	13.58±0.17A	13.12±0.06A
RE	10.50±0.35	12.97±0.34A	13.05±0.27A	12.93±0.14A	13.22±0.07A	13.52±0.16A	12.99±0.50A
CK _E	10.50±0.35	11.55±0.06B	12.47±0.20A	12.81±0.84A	12.95±0.05B	13.37±0.06A	13.09±0.21A

注: 同一列的不同字母表示同一测定时间不同处理的物质含量在 0.01 水平上差异显著。下同。

Notes: Different letters in the same column indicate significant difference at 0.01 level. The same symbols will be used in the tables that follow.

区物乙醇浸提液处理最高, 含量达 5.56 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW, 较乙醇对照升高 6.31%; 不同处理单宁含量变化显示, 丙酮浸提液处

理>乙醇浸提液处理>蒸馏水浸提液处理(表 2)。这说明, 西芹根际区物浸提液处理可以促进黄瓜叶片内单宁含量的升高。

表 2 浸提液处理后黄瓜叶片内单宁含量的变化(单位: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW)

Table 2 The tannin contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ FW)

处理	单宁含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	4.35±0.33	5.33±0.19A	4.95±0.00A	4.80±0.04A	4.82±0.06A	4.67±0.03A	4.94±0.01A
CK _D	4.35±0.34	5.01±0.20A	4.85±0.02B	4.67±0.26A	4.65±0.01B	4.66±0.07A	4.91±0.06A
RA	4.35±0.35	5.49±0.18A	5.27±0.02A	4.75±0.21A	4.60±0.04A	4.57±0.02A	4.98±0.06A
CK _A	4.35±0.36	5.39±0.08A	5.06±0.07A	4.81±0.00A	4.69±0.04A	4.63±0.10A	4.89±0.02A
RE	4.35±0.37	5.56±0.25A	4.93±0.01A	4.86±0.15A	4.68±0.02A	4.80±0.04A	4.99±0.02A
CK _E	4.35±0.38	5.23±0.24A	5.15±0.31A	4.92±0.00A	4.49±0.16A	4.65±0.07A	5.02±0.19A

2.1.3 绿原酸含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后, 叶片内绿原酸含量均高于其对照, 蒸馏水浸提液处理升高 5.26%~31.43%, 丙酮浸提液处理升高 2.78%~17.95%, 乙醇浸提液处理升高 2.86%~16.22%; 随着时间的延续, 浸提液处理后绿原酸含量呈现先升高后降低的变化趋势, 处理后 11d, 各处理的绿原酸

含量均达到峰值, 其中根际区物丙酮浸提液处理含量最高, 达到 0.049 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW, 较丙酮对照提高了 11.36%; 不同处理绿原酸含量变化显示, 丙酮浸提液处理的绿原酸含量最高, 乙醇浸提液处理次之, 蒸馏水浸提液处理含量最低。以上结果表明, 西芹根际区物浸提液处理均能显著促进黄瓜叶片内绿原酸含量的升高(表 3)。

表 3 浸提液处理后黄瓜叶片内绿原酸含量的变化(单位: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW)

Table 3 The chlorogenic acid contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DW)

处理	绿原酸含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	0.031±0.001	0.039±0.001A	0.046±0.001A	0.048±0.002A	0.035±0.003A	0.04±0.001A	0.041±0.001A
CK _D	0.031±0.001	0.037±0.001B	0.035±0.001B	0.042±0.001B	0.033±0.002A	0.038±0.001A	0.036±0.001B
RA	0.031±0.001	0.041±0.001A	0.046±0.001A	0.049±0.001A	0.034±0.001A	0.037±0.001A	0.037±0.001A
CK _A	0.031±0.001	0.036±0.001B	0.039±0.001B	0.044±0.003A	0.033±0.004A	0.036±0.002A	0.036±0.002A
RE	0.031±0.001	0.037±0.001A	0.043±0.001A	0.046±0.001A	0.036±0.001A	0.038±0.001A	0.041±0.001A
CK _E	0.031±0.001	0.035±0.001B	0.037±0.001B	0.043±0.002A	0.035±0.001A	0.036±0.001B	0.038±0.002A

2.1.4 阿魏酸含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后, 叶片内阿魏酸

含量均高于其对照, 蒸馏水浸提液处理升高 2.08%~5.33%, 丙酮浸提液处理升高 1.44%~5.28%, 乙醇浸提液处理升高

0.76%~3.20%;随着时间的延续,阿魏酸含量均呈现先升高后下降的变化趋势,处理后 21d,达到峰值,根际区物丙酮浸提液处理最高,达到 $2.82\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$,较丙酮对照提高了 1.44%;不同处理阿魏酸含量变化显示,丙酮浸提液处理的阿魏酸含量最高,乙醇浸提液处理次之,蒸馏水浸提液处理含量最低。以上结果表明,西芹根际区物浸提液处理可以显著促进黄瓜

叶片内阿魏酸含量的升高(表 4)。

2.2 西芹鲜根浸提液处理后黄瓜叶片内氮代谢物质含量的变化

2.2.1 氨基酸含量的变化

经西芹根际区物浸提液处理后,黄瓜叶片内精氨酸和脯氨酸含量高于对照,其中根际区物丙酮浸提液处理含量最

表 4 浸提液处理后黄瓜叶片内阿魏酸含量的变化(单位: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)

Table 4 The ferulic acid contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)

处理	阿魏酸含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	2.4 ± 0.07	$2.45\pm 0.00\text{A}$	$2.47\pm 0.01\text{A}$	$2.57\pm 0.00\text{A}$	$2.62\pm 0.03\text{A}$	$2.73\pm 0.04\text{A}$	$2.7\pm 0.06\text{A}$
CK _D	2.4 ± 0.07	$2.4\pm 0.02\text{A}$	$2.41\pm 0.01\text{B}$	$2.44\pm 0.04\text{B}$	$2.55\pm 0.02\text{A}$	$2.67\pm 0.09\text{A}$	$2.58\pm 0.04\text{B}$
RA	2.4 ± 0.07	$2.49\pm 0.03\text{A}$	$2.53\pm 0.00\text{A}$	$2.61\pm 0.02\text{A}$	$2.69\pm 0.13\text{A}$	$2.82\pm 0.03\text{A}$	$2.79\pm 0.01\text{A}$
CK _A	2.4 ± 0.07	$2.44\pm 0.05\text{A}$	$2.44\pm 0.02\text{B}$	$2.48\pm 0.02\text{B}$	$2.57\pm 0.10\text{A}$	$2.78\pm 0.07\text{A}$	$2.65\pm 0.12\text{A}$
RE	2.4 ± 0.07	$2.43\pm 0.00\text{A}$	$2.44\pm 0.05\text{A}$	$2.52\pm 0.08\text{A}$	$2.58\pm 0.01\text{A}$	$2.8\pm 0.02\text{A}$	$2.64\pm 0.03\text{A}$
CK _E	2.4 ± 0.07	$2.41\pm 0.04\text{A}$	$2.42\pm 0.04\text{A}$	$2.45\pm 0.04\text{A}$	$2.5\pm 0.00\text{B}$	$2.72\pm 0.09\text{A}$	$2.62\pm 0.02\text{A}$

高,分别较丙酮对照升高了 1.65%和 3.36%;甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸含量均低于对照,其中甘氨酸和苯丙氨酸根际区物丙酮浸提液处理含量最低,分别较丙酮对照降低了 0.42%和 0.90%,缬氨酸、蛋氨酸和异亮氨酸含量最低的处理是根际区物乙醇浸提液处理,分别较乙醇浸提液处理降低了 4.24%、2.94%和 4.62%(表 5)。

2.2.2 可溶性蛋白质含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后,叶片内可溶性蛋白质含量均高于其对照,蒸馏水浸提液处理升高 0.28%~7.15%,丙酮浸提液处理升高 0.28%~4.67%,乙醇浸提液处理升高 0.44%~3.78%;随着时间的延续,可溶性蛋白质含量呈先上升后下降的变化趋势,处理后 16d 各处理含量均达到峰

表 5 浸提液处理后黄瓜叶片内氨基酸含量的变化(单位:%)

Table 5 The amino acid contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: %)

氨基酸	RD	CK _D	RA	CK _A	RE	CK _E
天门冬氨酸	2.454	2.462	2.497	2.411	2.192	2.207
苏氨酸	1.122	1.126	1.059	1.109	1.011	1.010
丝氨酸	0.915	0.879	0.996	0.979	0.962	0.991
谷氨酸	3.124	3.170	3.183	3.124	3.231	3.164
甘氨酸	1.600	1.674	1.433	1.439	1.542	1.609
丙氨酸	1.731	1.639	1.853	1.883	1.852	1.863
胱氨酸	0.262	0.262	0.252	0.257	0.239	0.253
缬氨酸	1.587	1.595	1.490	1.556	1.423	1.438
蛋氨酸	0.242	0.257	0.231	0.238	0.222	0.231
异亮氨酸	1.436	1.437	1.343	1.408	1.301	1.305
亮氨酸	2.458	2.571	2.635	2.626	2.584	2.569
酪氨酸	0.905	0.891	0.958	0.962	0.975	0.948
苯丙氨酸	1.502	1.511	1.325	1.337	1.460	1.501
赖氨酸	1.878	1.818	1.867	1.857	1.716	1.779
组氨酸	0.585	0.582	0.542	0.567	0.563*	0.528
精氨酸	1.431	1.415	1.605	1.579	1.554	1.475
脯氨酸	1.264	1.245	1.383	1.338	1.332	1.297
总氨基酸	24.496	24.534	24.652	24.670	24.159	24.168

注: *表示差异显著。

Note: *means significant difference.

值,其中根际区物乙醇浸提液处理含量最高达 $7.88\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$,较丙酮对照提高了 1.94%;不同处理可溶性蛋白质含量变化显示,乙醇浸提液处理的可溶性蛋白质含量最高,丙酮浸提

液处理次之,蒸馏水浸提液处理含量最低。以上结果表明,西芹根际区物浸提液处理均能显著促进黄瓜叶片内可溶性蛋白质含量的升高(表 6)。

表 6 浸提液处理后黄瓜叶片内可溶性蛋白质含量的变化(单位: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)

Table 6 The soluble protein contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)

处理	可溶性蛋白质含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	5.95 ± 0.003	$6.18\pm 0.83\text{A}$	$6.50\pm 0.05\text{A}$	$7.26\pm 0.19\text{A}$	$7.62\pm 0.11\text{A}$	$6.86\pm 0.28\text{A}$	$6.59\pm 0.11\text{A}$
CK _D	5.95 ± 0.003	$6.12\pm 0.05\text{A}$	$6.44\pm 0.26\text{A}$	$7.24\pm 0.02\text{A}$	$7.39\pm 0.12\text{A}$	$6.51\pm 0.25\text{B}$	$6.15\pm 0.09\text{A}$
RA	5.95 ± 0.003	$6.19\pm 0.01\text{A}$	$6.75\pm 0.06\text{A}$	$7.16\pm 0.17\text{A}$	$7.62\pm 0.03\text{A}$	$6.49\pm 0.17\text{A}$	$6.65\pm 0.02\text{A}$
CK _A	5.95 ± 0.003	$6.14\pm 0.01\text{B}$	$6.55\pm 0.08\text{A}$	$7.14\pm 0.24\text{A}$	$7.28\pm 0.174\text{B}$	$6.47\pm 0.10\text{A}$	$6.48\pm 0.13\text{A}$
RE	5.95 ± 0.003	$6.23\pm 0.11\text{A}$	$6.89\pm 0.11\text{A}$	$7.16\pm 0.20\text{A}$	$7.88\pm 0.11\text{A}$	$6.55\pm 0.24\text{A}$	$6.59\pm 0.02\text{A}$
CK _E	5.95 ± 0.003	$6.12\pm 0.02\text{A}$	$6.86\pm 0.01\text{A}$	$7.05\pm 0.16\text{A}$	$7.73\pm 0.02\text{A}$	$6.42\pm 0.32\text{A}$	$6.35\pm 0.01\text{B}$

2.2.3 氮含量的变化

黄瓜幼苗经西芹根际区物浸提液处理后,叶片内氮含量高于其对照,蒸馏水浸提液处理升高 3.87%~19.89%,丙酮浸提液处理升高 1.32%~9.06%,乙醇浸提液处理升高-1.98%~

9.78%;随着时间的延续,氮含量呈先下降后上升的变化趋势,各处理含量峰值出现在处理后 26d,根际区物乙醇浸提液处理含量最高为 $412.17\text{mg}\cdot(100\text{g})^{-1}\text{FW}$,较乙醇对照提高了 4.34%(表 7)。

表 7 浸提液处理后黄瓜叶片内氮含量的变化(单位: $\text{mg}\cdot(100\text{g})^{-1}\text{FW}$)

Table 7 The ammonia contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\text{mg}\cdot(100\text{g})^{-1}\text{FW}$)

处理	氮含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	429.66 ± 15.58	$417.76\pm 0.24\text{A}$	$356.86\pm 1.58\text{A}$	$301.19\pm 14.58\text{A}$	$200.91\pm 3.90\text{A}$	$217.33\pm 1.38\text{A}$	$382.55\pm 7.56\text{A}$
CK _D	429.66 ± 15.58	$388.86\pm 17.53\text{A}$	$341.51\pm 11.98\text{A}$	$285.84\pm 8.16\text{A}$	$188.07\pm 5.92\text{A}$	$181.28\pm 0.58\text{B}$	$368.28\pm 1.73\text{A}$
RA	429.66 ± 15.58	$371.61\pm 0.85\text{A}$	$357.22\pm 5.95\text{A}$	$287.63\pm 3.30\text{A}$	$268.72\pm 4.77\text{A}$	$213.05\pm 7.33\text{A}$	$383.62\pm 5.07\text{A}$
CK _A	429.66 ± 15.58	$353.05\pm 2.55\text{A}$	$328.60\pm 3.45\text{A}$	$263.72\pm 16.02\text{A}$	$250.52\pm 3.77\text{A}$	$205.91\pm 9.10\text{A}$	$378.63\pm 5.63\text{A}$
RE	429.66 ± 15.58	$400.16\pm 2.46\text{A}$	$412.89\pm 11.98\text{A}$	$264.43\pm 3.61\text{A}$	$211.26\pm 7.36\text{A}$	$213.40\pm 4.71\text{A}$	$412.17\pm 1.65\text{A}$
CK _E	429.66 ± 15.58	$393.97\pm 0.61\text{A}$	$376.13\pm 5.63\text{A}$	$269.79\pm 4.03\text{A}$	$206.62\pm 2.68\text{A}$	$200.91\pm 2.88\text{A}$	$395.04\pm 7.14\text{A}$

2.2.4 硝酸盐含量的变化

经西芹根际区物浸提液处理后,叶片内硝酸盐含量不同程度低于其对照,降低幅度分别为:蒸馏水浸提液处理-3.84%~14.68%,丙酮浸提液处理 0.89%~17.56%,乙醇浸提液处理-4.21%~7.30%;随着时间的延续,硝酸盐含量呈先

下降后上升的变化趋势,处理后 21d 各处理硝酸盐含量均达到最低值,其中根际区物丙酮浸提液处理含量仅为 $116.82\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}$,较丙酮对照降低了 0.89%。以上结果表明,西芹根际区物浸提液处理可以显著降低黄瓜叶片内硝酸盐含量(表 8)。

表 8 浸提液处理后黄瓜叶片内硝酸盐含量的变化(单位: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}$)

Table 8 The nitrate contents in cucumber leaves after the treatment by various extracts (unit: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{FW}$)

处理	硝酸盐含量						
	-1d	1d	6d	11d	16d	21d	26d
RD	301.35 ± 0.90	$261.77\pm 21.29\text{A}$	$217.32\pm 11.47\text{B}$	$186.26\pm 5.01\text{A}$	$187.44\pm 2.45\text{A}$	$122.27\pm 11.12\text{A}$	$182.01\pm 7.30\text{A}$
CK _D	301.35 ± 0.90	$272.73\pm 10.76\text{A}$	$258.23\pm 14.83\text{A}$	$195.71\pm 13.26\text{A}$	$190.28\pm 4.44\text{A}$	$132.83\pm 15.74\text{A}$	$195.90\pm 19.88\text{A}$
RA	301.35 ± 0.90	$225.70\pm 11.03\text{A}$	$176.56\pm 5.21\text{B}$	$156.12\pm 7.46\text{A}$	$146.56\pm 5.82\text{A}$	$109.01\pm 12.00\text{A}$	$138.07\pm 17.07\text{B}$
CK _A	301.35 ± 0.90	$253.09\pm 8.15\text{A}$	$225.40\pm 18.59\text{A}$	$171.29\pm 22.67\text{A}$	$169.22\pm 3.77\text{A}$	$117.87\pm 3.62\text{A}$	$185.04\pm 23.97\text{A}$
RE	301.35 ± 0.90	$256.98\pm 3.35\text{A}$	$213.76\pm 12.43\text{A}$	$165.94\pm 23.32\text{A}$	$166.52\pm 5.40\text{A}$	$119.30\pm 11.51\text{A}$	$183.43\pm 8.32\text{A}$
CK _E	301.35 ± 0.90	$260.35\pm 32.05\text{A}$	$205.86\pm 8.40\text{A}$	$195.30\pm 10.86\text{A}$	$143.17\pm 13.85\text{B}$	$145.17\pm 13.00\text{A}$	$176.74\pm 8.65\text{A}$

3 讨论

3.1 西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内酚类物质含量的变化

木质素、单宁、阿魏酸、绿原酸是植物体内重要的酚类物质^[16],大部分学者认为酚类物质的含量增加可以提高植物的抗病性^[17,18]。木质素是植物细胞壁的主要成分之一,大多数学者认为木质素的沉积可以在结构上增厚植物细胞壁,增加植物组织的木质化程度,从而阻止病原物的侵入,增加抗病性。蔡新忠等^[19]在使用水杨酸诱导水稻幼苗抗瘟性的研究时指出,用 $0.01\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 水杨酸喷雾处理水稻后,叶片中木质素含量迅速增加,且能增强水稻抗瘟性。尚庆茂等^[20]研究发现,木质素含量与黄瓜抗灰霉病正相关,这些结果说明木质素在植物的抗病性中起到了重要作用。单宁是多羟基苯甲酸衍生物的混合物,一般认为单宁含量与植物抗病性有关。吴献忠等^[21]认为单宁可以提高棉花植株的抗病性。阿魏酸是木质素合成的前体,在植物的抗病性中起间接作用,其含量增加,会增加细胞壁的木质化程度,从而抗病。张衍荣等^[22]发现,阿魏酸对枯萎病菌丝生长有明显的抑制作用。绿原酸具有抗菌作用,对植物的抗病性起直接作用,在抗病品种中,绿原酸含量增加的速度快且含量高^[23]。台莲梅^[24]发现,马铃薯感染早疫病后,绿原酸含量变化与马铃薯品种的抗病性密切相关。

张国华^[7]研究发现西芹根际区物浸提液处理可以显著降低黄瓜植株黄瓜枯萎病的发病率和病情指数。本试验结果表明,西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内木质素、单宁、绿原酸和阿魏酸含量均升高,说明化感物质作用后,黄瓜叶片内酚类物质含量升高,使细胞壁木质化程度增加,同时增加抗病物质含量,以增强黄瓜植株的抗枯萎病能力。

3.2 西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内氮代谢物质含量的变化

氨基酸是蛋白质的基本组成成分,在植物生命中具有重要意义,大量研究发现氨基酸的积累是植物抵御病毒侵染的一种防御途径。潘凯等^[25]报道称丝氨酸、精氨酸、赖氨酸与黄瓜品种对枯萎病的抗性正相关,而其他13种氨基酸含量与黄瓜品种对枯萎病菌的抗性负相关。周宝利等^[26]研究发现,脯氨酸含量与黄瓜对黄瓜枯萎病菌的抗病性正相关,Radwan等^[27]在研究南瓜黄化花叶病毒(ZYMV)与水杨酸对南瓜叶片生理生化代谢的影响时发现,接种ZYMV植株的叶片中脯氨酸显著高于对照。蛋白质是植物性状表现的物质基础,植物体内可溶性蛋白质含量与其抗病性有关,李森等^[8]发现猕猴桃枝条中可溶性蛋白质含量与其对溃疡病抗病性正相关,蒋继志等^[28]也发现,可溶性蛋白含量的增加与马铃薯产生诱导抗病性有关。高含量的氨是植物叶片保护反应的一个表现,云兴福^[29]研究发现,黄瓜植株对黄瓜霜霉病的抗性与组织内氨含量正相关。一般认为硝酸盐和亚硝酸盐含量是植物品质的重要指标之一,硝酸盐本身无毒,而亚硝酸盐是一种由硝酸盐还原而成的有毒物质,对于二者与植物抗病性关系的研究较少,王伟英^[30]发现抗病品种的硝酸盐和亚硝酸盐含量低于感

病品种。

张国华^[7]研究发现西芹根际区物浸提液处理可以显著降低黄瓜植株黄瓜枯萎病的发病率和病情指数。本研究发现经西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内精氨酸、脯氨酸、可溶性蛋白质和氨含量均高于对照,甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和硝酸盐含量均低于对照,由前人研究结果可知精氨酸、脯氨酸、可溶性蛋白质和氨含量与植株抗病性正相关,甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和硝酸盐含量与植株抗病性负相关,表明经西芹根际区物浸提液处理后,黄瓜叶片迅速作出反应,改变了与抗病性密切相关的氮代谢物质含量水平,以增强黄瓜植株的抗枯萎病能力。

4 结论

通过西芹根际区物浸提液处理黄瓜植株后,叶片内酚类物质和氮代谢物质含量均有变化。

(1) 经西芹根际区物浸提液处理后黄瓜叶片内酚类物质含量均高于对照;并随时间的延续呈现先升高后降低的变化趋势。

(2) 经西芹根际区物浸提液处理后,黄瓜叶片内氮代谢物质含量均有变化,精氨酸、脯氨酸、可溶性蛋白质和氨含量升高;甘氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸和硝酸盐含量下降。

(3) 对于不同处理种类,丙酮浸提液处理的物质含量变化最显著,乙醇浸提液处理次之,蒸馏水浸提液处理变化最低。

参考文献 (References)

- [1] 贾俊英,张丽莹,云兴福. 西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7): 1473-1478.
Jia Junying, Zhang Liying, Yun Xingfu. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(7): 1473-1478.
- [2] 曹阳. 西芹腐根及腐根际区物浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
Cao Yang. The study on the Allelopathy of extracts of the rotten root and the rhizosphere zone root soil of parsley on *Fusarium oxysporium* f. sp. *cucumeris*[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University. 2009.
- [3] 韩燕. 西芹根及根际区物浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2007.
Han Yan. The study on the Allelopathy of extracts of the root and the rhizosphere of parsley on *Fusarium oxysporium* f. sp. *cucumeris*[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2007.
- [4] 张波,云兴福. 西芹干根提取物对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2010, 31(1): 136-140.
Zhang Bo, Yun Xingfu. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2010, 31(4): 136-140.
- [5] 陈磊,李蕾,项鹏宇,等. 西芹挥发物对黄瓜枯萎病菌的化感作用[J]. 生态学杂志, 2012, 31(4): 877-881.
Chen Lei, Li Lei, Xiang Pengyu, et al. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(4): 877-881.
- [6] 贾俊英. 西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用及其机理的研究

- [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- Jia Junying. Studies on Allelopathy and Mechanism of the extract solution of the parsley seed on *Fusarium oxysporium* f. sp. *cucumeris*[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011.
- [7] 张国华. 盆栽下西芹根物质对黄瓜枯萎病菌的化感作用及其对相关酶的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- Zhang Guohua. Allelopathy of extracts and rhizosphere in root of west celery on *Fusarium oxysporium* f. sp. *cucumeris* and the effect of related enzymes in potted condition[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2008.
- [8] 李森, 檀根甲, 李瑶, 等. 猕猴桃品种酚类物质及可溶性蛋白含量与溃疡病的关系[J]. 植物保护, 2009, 35(1): 37-41.
- Li Miao, Tan Genjia, Li Yao, et al. Plant Protection, 2009, 35(1): 37-41.
- [9] 郭建慧. 大白菜小黑点病的发生与氮素代谢关系的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- Guo Jianhui. Studies on the relationship between petiole spots of chinese cabbage and nitrogen metabolism[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2006.
- [10] 郭莹, 杨晓云, 司朝光, 等. 不同形态氮素营养对大白菜芝麻状斑点病发生的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(8): 1489-1497.
- Guo Ying, Yang Xiaoyun, Si Zhaoguang, et al. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(8): 1489-1497.
- [11] 任建军. 高粱中单宁含量的测定分析[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 175-176.
- Ren Jianjun. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(2): 175-176.
- [12] 高春荣. 金银花绿原酸的提取分离及其功能产品开发[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- Gao Chunrong. Separation of chlorogenic acid from honeysuckle and its development of functional product[D]. Beijing: China Agricultural University, 2003.
- [13] 杨家书, 吴畏, 吴三友, 等. 植物苯丙酸类代谢与小麦对白粉病抗性的关系[J]. 植物病理学报, 1986, 16(3): 169-173.
- Yang Jiashu, Wu Wei, Wu Sanyou, et al. Acta Phytopathologica Sinica, 1986, 16(3): 169-173.
- [14] 沈继斌. 腌制黄瓜硝酸盐与亚硝酸盐的动态变化[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- Shen Jibin. Content changes of nitrate and nitrite in pickled cucumber [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007.
- [15] D'Halluin K, De Block M, Denecke J, et al. The bar gene as selective and screen able marker in plant engineering[J]. Methods in Enzymology, 1992, 216: 415-426.
- [16] Nicholson R L, Hammerschmidt R. Phenolic components and their role in disease resistance[J]. Annual Review of Phytopathology, 1992, 30: 369-383.
- [17] Pan J, Vicente A R, Martínez G A, et al. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84: 1831-1838.
- [18] 邵兴锋, 屠康, 静玮, 等. 热处理对红富士苹果贮藏期间青霉病的抑制效果[J]. 园艺学报, 2007, 34(3): 743-746.
- Shao Xingfeng, Tu Kang, Jing Wei, et al. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(3): 743-746.
- [19] 蔡新忠, 郑重. 水杨酸诱导水稻幼苗抗瘟性的生化机制[J]. 植物病理学报, 1997, 27(3): 231-236.
- Cai Xinzhong, Zheng Zhong. Acta Phytopathologica Sinica, 1997, 27(3): 231-236.
- [20] 尚庆茂, 张志刚. 亚精胺对黄瓜幼苗灰霉病的诱抗作用[J]. 应用生态学报, 2008, 19(4): 825-830.
- Shang Qingmao, Zhang Zhigang. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(4): 825-830.
- [21] 吴献忠, 李庆基, 王辅仁. 不同生育阶段棉铃分泌物对棉铃疫病和炭疽病的影响[J]. 植物病理学报, 1993, 23(3): 255-252.
- Wu Xianzhong, Li Qingji, Wang Furen. Acta Phytopathologica Sinica, 1993, 23(3): 255-252.
- [22] 张衍荣, 王小青. 阿魏酸和草酸对豇豆枯萎病的抑制效果[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13): 3113-3114, 3123.
- Zhang Yanrong, Wang Xiaoqing. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(13): 3113-3114, 3123.
- [23] 邱永祥, 柯玉琴, 代红军. 甘薯抗蔓割病的酚类物质代谢的研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(5): 167-170.
- Qiu Yongxiang, Ke Yuqin, Dai Hongjun. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(5): 167-170.
- [24] 台莲梅. 马铃薯早疫病菌多样性和侵染过程及品种抗病机制研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2011.
- Tai Lianmei. Diversity and infection process of *Alternaria solani* and resistant mechanism in potato[D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2011.
- [25] 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[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1945-1950.
- Pan Kai, Wu Fengzhi. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(5): 1945-1950.
- [26] 周宝利, 李鹏飞, 李兴宝, 等. 稀土铈(CeCl_3)对黄瓜抗枯萎病的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(6): 74-78.
- Zhou Baoli, Li Pengfei, Li Xingbao, et al. China Vegetables, 2012(6): 74-78.
- [27] Radwan D E M, Fayed K A, Mahmoud S Y, et al. Physiological and metabolic changes of Cucurbita pepo leaves in response to zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) infection and salicylic acid treatments[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2007, 45: 480-489.
- [28] 蒋继志, 孙琳琳, 郭会婧, 等. 几种微生物提取物诱导马铃薯抗晚疫病及机理的初步研究[J]. 植物病理学报, 2010, 40(2): 173-179.
- Jiang Jizhi, Sun Linlin, Guo Huijing, et al. Acta Phytopathologica Sinica, 2010, 40(2): 173-179.
- [29] 云兴福. 黄瓜组织中氨基酸、糖和叶绿素含量与其对霜霉病抗性的关系[J]. 华北农学报, 1993, 8(4): 52-58.
- Yun Xingfu. Acta Agriculturae Boreali-sinica, 1993, 8(4): 52-58.
- [30] 王伟英. 水杨酸对甘薯抗薯瘟病诱导效果及其生理生化机制的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- Wang Weiyang. Studies on the salicylic-Acid (SA)-induced effect of disease-resistance to *Ralstonia solanacearum* and physiological and biochemical mechanisms [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2007.

(责任编辑 吴晓丽)