

不同有机酸对大豆生长的化感效应^{*}

王树起 韩丽梅 杨振明

(解放军军需大学农副业生产系, 长春 130062)

摘要 试验采用发芽试验、水培试验及室内分析相结合的方法研究了经 GC-MS 检测出的大豆根系分泌物和根茬腐解液中的几种有机酸对大豆种子萌发及幼苗生长发育的化感效应。结果表明: 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3,4-二氯苯甲酸、肉桂酸等四种有机酸均抑制了大豆种子的萌发, 表现在萌发率、胚根长和胚根干重与对照相比均有所降低, 差异达显著或极显著水平, 而且有机酸浓度不同, 抑制程度也有所差别; 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3,4-二氯苯甲酸、肉桂酸、邻苯二甲酸等五种有机酸不同程度地抑制了水培大豆幼苗的生长发育, 表现在株高、干物质重、相对生长速率等均低于对照, 差异达显著或极显著水平, 且随着有机酸浓度的增加, 抑制作用增强。

关键词 大豆; 连作障碍; 有机酸; 化感效应

中图分类号 S 158.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2002)04-0267-07

大豆连作与轮作相比, 减产达 21.2%—67.6%^[1]。作物连作导致减产的原因很复杂, 已有的研究表明, 大豆连作造成土壤理化性状恶化, 营养元素亏缺^[2] 以及根部虫害(大豆孢囊线虫^[3])和根部病害(镰刀菌^[4], 青霉菌^[5])加重。关于大豆连作障碍机理, 国内外学者从不同角度进行了探讨^[3-10], 研究报道也较多^[8, 9, 10, 14]。目前, 根系分泌物、根际微生物分泌物、根残体的自毒作用已成为大豆连作障碍研究的热点。但化感物质是否在大豆连作障碍中起一定作用, 即前茬大豆是否通过根系分泌、地上部淋洗、残茬腐解等途径产生有害物质而直接影响下茬大豆的生长发育, 在国内报道较少。本文主要研究了经 GC-MS 检测出的大豆根系分泌物和根茬腐解液中的 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3,4-二氯苯甲酸、肉桂酸和邻苯二甲酸等有机酸^[11, 12, 13] 对大豆种子萌发和生长的影响, 探讨大豆连作障碍的机理, 为解决大豆连作障碍问题提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 大豆种子萌发试验

分别将 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、

3,4-二氯苯甲酸、肉桂酸等四种从美国 Sigma 公司进口的标准有机酸配成 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0g/L 的不同系列浓度的溶液, 以蒸馏水作对照, 重复三次。各浓度溶液取 10ml 加入铺有三层滤纸的干燥培养皿中。精选饱满一致的大豆种子(吉林 35 号), 用 10% H₂O₂ 消毒 10 分钟后按每皿 10 粒均匀摆放于培养皿中, 置于 25±1℃ 的恒温培养箱中培养, 分别于 22h、34h、46h、69h 测大豆种子的萌发率, 3d 后测胚根长和每皿的胚根干重。

1.2 大豆幼苗水培试验

1.2.1 营养液配制

采用 1/2 浓度的 Hoagland (B)+Amon 营养液, 调营养液 pH 值为 6.15。上述四种有机酸再加上邻苯二甲酸的浓度均设 0、0.01、0.05、0.1、0.5g/L 五个处理, 以营养液为对照, 重复三次。

1.2.2 大豆幼苗培养

将精选的大豆种子, 用 10% 的 H₂O₂ 消毒后, 播于用饱和 CaSO₄ 溶液浸泡过的石英砂中。发芽后, 白天以农艺钠灯照光, 光照强度为 7000lux, 晚上放回恒温培养箱中。当幼苗长至 5—7cm 高时, 小心取出生长均匀一致的幼苗, 用蒸馏水充分冲洗去石英砂后(勿伤根系), 移栽于 Hoagland (B)+Amon 营养液+不同有机酸处理液的烧杯中。每孔定植 1 株,

* 收稿日期: 2001-12-29

课题来源: 国家“九五”重中之重科技攻关项目(G95-001-05-03)

作者简介: 王树起(1968-), 男, 硕士, 主要从事植物营养与逆境调控机理的教学与科研工作。E-mail: soilplant@dup.ccgw.net

每杯定苗 5 株。塑料烧杯外围用黑布蒙盖, 容积为 1.2L。以自动定时小型通气泵连续通气, 上置农艺钠光灯光照培养。每周更换一次营养液, 并按比例加入处理液, 两周后测定幼苗株高、地上部和根系干物质重、平均相对生长速率等指标。

1.3 测定方法

胚根长、株高用普通刻度尺测量, 将胚根、水培幼苗地上部和根系分别烘干后用万分之一电子天平称量。同时计算根系和地上部的平均相对生长速率。

2 试验结果及分析

2.1 不同有机酸对大豆种子萌发的影响

由表 1 可见, 3—硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3, 4—二氯苯甲酸、肉桂酸等四种有机酸不同浓度的处理均对大豆种子的萌发产生了抑制作用, 而且随着有机酸浓度的增加, 大豆种子的萌发率降低, 抑制作用有所加强; 从不同培养时间来看, 几种有机酸对大豆种子萌发的影响表现出不同的规律性, 抑制作用的强弱有所不同。其中 3—硝基邻苯二甲酸对大豆种子萌发的抑制作用主要出现在培养

表 1 不同有机酸对大豆种子萌发率的影响

Table 1 Effect of different organic acids to soybean seed germination rate

有机酸 Organic acids	处理 Treatments (g/L)	22h				34h				46h				69h			
		发芽率 G. R(%)	差异显著性 Significance		发芽率 G. R(%)	差异显著性 Significance		发芽率 G. R(%)	差异显著性 Significance		发芽率 G. R(%)	差异显著性 Significance					
			5%	1%		5%	1%		5%	1%		5%	1%				
3-硝基邻苯二甲酸 3-Nitro-phthalic acid	CK	70.0	a	A	100.0	a	A	100	A	A	100	a	A				
	0.01	50.0	ab	A	90.0	a	A	100	A	A	100	a	A				
	0.05	60.0	ab	A	96.7	a	A	96.7	A	A	100	a	A				
	0.1	56.7	ab	A	90.0	a	A	100	A	A	100	a	A				
	0.2	53.3	ab	A	90.0	a	A	96.7	A	A	100	a	A				
	0.5	70.0	a	A	96.7	a	A	96.7	A	A	100	a	A				
	1.0	40.0	b	A	96.7	a	A	100	A	A	100	a	A				
	2.0	40.0	b	A	93.3	a	A	96.7	A	A	100	a	A				
邻甲氧基苯甲酸 2-Methoxy-benzoic acid	CK	70.0	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A				
	0.01	63.3	ab	AB	93.3	ab	AB	100	a	A	100	a	A				
	0.05	46.7	b	B	93.3	ab	AB	100	a	A	100	a	A				
	0.1	30.0	bc	B	90.0	ab	AB	100	a	A	100	a	A				
	0.2	30.0	bcd	B	80.0	ab	ABC	86.7	ab	AB	96.7	ab	A				
	0.5	40.0	bcd	B	73.3	b	ABC	80.0	b	AB	90.0	b	A				
	1.0	13.3	cd	BC	46.7	c	C	76.7	c	BC	73.3	b	A				
	2.0	6.7	d	CD	26.7	c	C	46.7	c	C	56.7	c	B				
3,4-二氯苯甲酸 3,4-Dichloro-benzoic acid	CK	70.0	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A				
	0.01	70.0	a	A	93.3	ab	AB	93.3	a	A	100	a	A				
	0.05	40.0	b	B	73.3	bc	BC	73.3	a	AB	100	a	A				
	0.1	36.7	b	B	60.0	cd	C	60.0	b	B	80.0	b	A				
	0.2	33.3	b	B	46.7	de	CD	56.7	c	B	76.7	b	A				
	0.5	10.0	c	C	30.0	e	DF	33.3	d	C	43.3	c	B				
	1.0	3.3	c	C	10.0	f	F	30.0	d	C	30.0	c	B				
	2.0	0	d	D	6.7	f	F	23.3	d	C	23.3	c	B				
肉桂酸 Cinnamic acid	CK	70.0	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A				
	0.01	60.0	a	A	93.3	a	A	100	a	A	100	a	A				
	0.05	60.0	a	A	100	a	A	100	a	A	100	a	A				
	0.1	26.7	b	B	90.0	a	A	93.3	a	AB	96.7	a	AB				
	0.2	16.7	b	B	86.7	a	A	93.3	a	AB	100	a	A				
	0.5	0	bc	C	50.0	b	B	93.3	a	AB	100	a	A				
	1.0	0	bc	C	53.3	b	AB	63.3	b	B	80.0	b	B				
	2.0	3.3	b	C	36.7	b	B	53.3	b	B	53.3	c	C				

的22h 内, 随浓度增加, 抑制作用有所加强, 在> 1.0g/L浓度上表现出差异显著性; 随着培养时间的延长, 抑制作用逐渐消失。

邻甲氧基苯甲酸对大豆种子萌发的影响也在

22h 内抑制作用最强, 随着培养时间的延长, 抑制作用逐渐减弱, 但仍在 0.5g/L 浓度以上表现出差异显著或极显著水平; 在不同培养时间内, 均随浓度增加抑制作用增强。

3,4-二氯苯甲酸对大豆种子萌发的抑制作用随时间的延长、浓度的增加而逐渐增加, 在 34h 左右达到最强, 之后又呈下降趋势, 但在 0.1g/L 浓度以上仍显示出强烈的抑制作用, 差异达显著或极显著水平, 有 20% 以上的种子没有萌发, 在试验的四种有机酸中, 是抑制作用最强的一种。

肉桂酸对大豆种子萌发的抑制作用与邻甲氧基苯甲酸的影响规律相似, 以 22h 内抑制作用最强, 后呈下降趋势; 并随浓度增加抑制作用加强, 在 1.0g/L

和 2.0g/L 的浓度条件下分别有 20% 和 46.7% 的种子没有萌发。

由表 2 可见, 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3,4-二氯苯甲酸、肉桂酸等四种有机酸不同程度地抑制了大豆种子的胚根伸长, 降低了胚根干重, 在一定浓度条件下表现为差异显著或极显著水平。其中 3-硝基邻苯二甲酸对胚根伸长的抑制作用主要在 0.5g/L 浓度以上, 表现为差异显著或极显著水平; 在不同浓度条件下, 胚根长分别比对照降低了 2.14%~42.96%。对胚根干重的影响主要在浓度 1.0g/L 以上, 表现为差异显著性, 较对照降低了 18.75%。

表 2 不同有机酸对大豆种子胚根长和胚根干重的影响

Table 2 Effect of different organic acids to soybean radicle lengh and dry weight (3d)

有机酸 Organic acids	处理 Treatments (g/L)	胚根长 Radicle lengh(cm)	差异显著性 Significance		±CK (%)	胚根干重 Radicle Dry weight (g/皿)	差异显著性 Significance		±CK (%)
			5%	1%			5%	1%	
3-硝基 邻苯二甲酸 3-Nitro- phthalic acid	CK	5.61	a	A		0.128	ab	A	
	0.01	5.32	ab	A	-5.17	0.121	b	A	-5.47
	0.05	5.34	ab	A	-4.76	0.121	ab	A	-5.47
	0.1	5.49	ab	A	-2.14	0.133	a	A	3.91
	0.2	5.41	ab	AB	-3.57	0.123	ab	A	-3.91
	0.5	5.07	bc	AB	-9.57	0.134	a	A	4.69
	1.0	3.37	cd	BC	-39.88	0.104	b	A	-18.75
邻甲氧基 苯甲酸 2-Methoxy- benzoic acid	2.0	3.20	d	C	-42.96	0.104	b	A	-18.75
	CK	5.61	a	A		0.128	a	A	
	0.01	4.36	b	B	-22.23	0.128	a	A	0
	0.05	3.84	b	BC	-31.55	0.126	a	A	-1.56
	0.1	3.22	b	C	-42.60	0.112	a	A	-1.25
	0.2	3.21	b	CD	-42.78	0.113	a	A	-1.17
	0.5	2.16	c	DE	-61.59	0.081	b	B	-36.72
3,4-二氯 苯甲酸 3,4-Dichloro- benzoic acid	1.0	1.41	c	E	-74.87	0.056	c	BC	-56.25
	2.0	1.19	d	E	-78.84	0.028	c	C	-78.13
	CK	5.61	a	A		0.128	a	A	
	0.01	4.49	b	B	-19.91	0.121	a	A	-5.47
	0.05	3.94	b	B	-29.82	0.123	a	A	-3.91
	0.1	2.52	c	C	-55.13	0.061	b	B	-52.34
	0.2	2.39	c	C	-57.47	0.053	b	B	-58.59
肉桂酸 Cinnamic acid	0.5	1.48	d	D	-73.58	0.023	c	BC	-82.03
	1.0	0.81	e	D	-85.60	0.016	c	C	-87.50
	2.0	0.68	e	D	-87.83	0.009	c	C	-92.97
	CK	5.61	a	A		0.128	a	A	
	0.01	5.15	a	A	-8.20	0.131	a	A	2.34
	0.05	5.02	a	AB	-10.46	0.134	a	AB	4.49
	0.1	5.47	a	AB	-2.44	0.141	a	A	10.16
	0.2	4.11	b	B	-26.79	0.106	b	B	-17.19
	0.5	2.65	c	C	-52.71	0.069	c	C	-46.09
	1.0	2.09	c	C	-62.75	0.055	cd	C	-57.03
	2.0	1.65	d	C	-70.64	0.034	d	C	-73.44

邻甲氧基苯甲酸和 3,4-二氯苯甲酸对大豆种子胚根伸长和胚根干重的抑制作用均非常强烈, 在

0.01g/L 的浓度条件下即显著抑制了胚根伸长, 胚根长分别比对照降低了 22.23%—78.84% 和

19.91%—87.83%，差异达极显著水平。对胚根干重的抑制作用，3,4—二氯苯甲酸的影响要大于邻甲氧基苯甲酸，其中邻甲氧基苯甲酸对胚根干重的抑制作用主要在浓度0.5g/L以上，表现为极差异显著性，达到36.72%~78.13%；而3,4—二氯苯甲酸在浓度达到0.1g/L时，就表现为强烈的抑制作用，胚根干重比对照降低了52.34%~92.97%，呈现极差异显著水平。

肉桂酸对胚根伸长和胚根干重的抑制作用主要在浓度0.2g/L以上，差异达极显著水平。

四种有机酸对大豆种子胚根伸长和胚根干重的抑制作用均随浓度的增加而增强。试验结果表明，供试四种有机酸在达到一定浓度时，就会对大豆种子萌发产生毒害作用。

2.2 不同有机酸对大豆幼苗生长发育的影响

2.2.1 不同有机酸对大豆幼苗生物量的影响

大豆干物质是子粒形成的基础，一般干物质积累多产量就高。由表3可见，3—硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3,4—二氯苯甲酸、肉桂酸和邻苯

二甲酸等五种有机酸对水培大豆植株的生物量有明显的影 响，显著降低了茎和根的干物质重，在一定浓度条件下，与对照相比，差异达到显著或极显著水平。

3—硝基邻苯二甲酸对大豆植株生物量的影响随处理浓度的增加，抑制作用相应增强。对茎干重和根干重的抑制作用，在浓度为0.01g/L时就表现出差异显著性，其中茎干重与对照相比，降低幅度为11.46%—71.49%，根干重降低幅度为10.59%—55.29%，差异均达显著或极显著水平。

邻甲氧基苯甲酸、3,4—二氯苯甲酸、肉桂酸和邻苯二甲酸对大豆植株生物量的影响规律与3—硝基邻苯二甲酸的影响规律相似，均随浓度增加抑制作用增强。但邻甲氧基苯甲酸、3,4—二氯苯甲酸的抑制作用更为强烈，在浓度为0.05g/L时，邻甲氧基苯甲酸使茎干重降低54.95%，根干重降低34.12%；而3,4—二氯苯甲酸在浓度为0.01g/L时使茎干重降低幅度达50.78%，根干重降低幅度达40.00%，均达到了差异极显著水平。

表3 不同有机酸对水培大豆幼苗生物量的影响

Table 3 Effect of different organic acids to biomass of water—culture soybean

有机酸 Organic acids	处理 Treatments (g/L)	茎干重 Plant dry weight(g/株)	差异显著性 Significance		±CK (%)	根干重 Root dry weight(g/株)	差异显著性 Significance		±CK (%)
			5%	1%			5%	1%	
3—硝基 邻苯二甲酸 3—Nitro— phthalic acid	CK	0.384	a	A		0.085	A	A	
	0.01	0.340	b	A	—11.46	0.076	bc	AB	—10.59
	0.05	0.315	c	AB	—17.97	0.066	C	BC	—22.35
	0.1	0.254	d	BC	—33.85	0.062	D	C	—27.06
邻甲氧基 苯甲酸 2—Methoxy— benzoic acid	0.5	0.111	e	C	—71.09	0.038	E	D	—55.29
	CK	0.384	a	A		0.085	A	A	
	0.01	0.348	b	B	—9.38	0.066	B	B	—22.35
	0.05	0.173	c	C	—54.95	0.056	B	B	—34.12
3,4—二氯 苯甲酸 3,4—Dichloro— benzoic acid	0.1	0.109	d	D	—71.62	0.046	C	C	—45.88
	0.5	0.101	d	D	—73.70	0.045	C	C	—47.06
	CK	0.384	a	A		0.085	A	A	
	0.01	0.189	b	B	—50.78	0.051	B	B	—40.00
肉桂酸 Cinnamic acid	0.05	0.118	c	C	—69.27	0.034	C	C	—60.00
	0.1	0.106	c	C	—72.40	0.031	C	C	—63.53
	0.5	0.099	c	C	—74.22	0.027	C	C	—68.24
	CK	0.384	a	A		0.085	A	A	
邻苯二甲酸 Phthalic acid	0.01	0.340	b	A	—11.46	0.075	b	AB	—11.76
	0.05	0.284	c	B	—26.04	0.064	c	BC	—24.71
	0.1	0.191	d	C	—50.26	0.054	d	C	—36.47
	0.5	0.109	e	D	—71.62	0.046	e	C	—45.88
3—硝基邻苯二甲酸	CK	0.384	a	A		0.085	a	A	
	0.01	0.338	b	AB	—11.98	0.070	b	B	—17.65
	0.05	0.314	bc	BC	—18.23	0.060	c	C	—29.41
	0.1	0.276	c	C	—28.13	0.056	c	C	—34.12
邻甲氧基苯甲酸	0.5	0.127	d	D	—66.93	0.035	d	D	—58.82
	CK	0.384	a	A		0.085	a	A	
	0.01	0.338	b	AB	—11.98	0.070	b	B	—17.65
	0.05	0.314	bc	BC	—18.23	0.060	c	C	—29.41
3,4—二氯苯甲酸	0.1	0.276	c	C	—28.13	0.056	c	C	—34.12
	0.5	0.127	d	D	—66.93	0.035	d	D	—58.82
	CK	0.384	a	A		0.085	a	A	
	0.01	0.338	b	AB	—11.98	0.070	b	B	—17.65
肉桂酸	0.05	0.314	bc	BC	—18.23	0.060	c	C	—29.41
	0.1	0.276	c	C	—28.13	0.056	c	C	—34.12
	0.5	0.127	d	D	—66.93	0.035	d	D	—58.82
	CK	0.384	a	A		0.085	a	A	
邻苯二甲酸	0.01	0.338	b	AB	—11.98	0.070	b	B	—17.65
	0.05	0.314	bc	BC	—18.23	0.060	c	C	—29.41
	0.1	0.276	c	C	—28.13	0.056	c	C	—34.12
	0.5	0.127	d	D	—66.93	0.035	d	D	—58.82

2.2.2 不同有机酸对水培大豆幼苗生长的影响

由表4可知，3—硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯

甲酸、3, 4—二氯苯甲酸、肉桂酸和邻苯二甲酸明显降低了水培大豆幼苗的株高, 在一定浓度条件下, 幼苗萎蔫死亡。同时使茎和根的平均相对生长速率降低, 与对照相比, 差异明显。

其中, 3—硝基邻二甲酸对株高的抑制作用, 在浓度为 0.01g/L 时就呈极差异显著水平, 到浓度为 0.5g/L 时, 水培第三天就对大豆表现出毒害作用: 大豆叶片萎蔫, 根开始腐烂, 后来整株死亡。说明大豆根系分泌和根茬腐解产生的 3—硝基邻二甲酸达到一定浓度时对大豆植株的生长发育产生显著的毒害作用, 使大豆苗期干物质积累受到显著抑制。同时使茎和根的平均相对生长速率比对照降低了 11.69g/d—71.43g/d 和 8.82g/d—55.88g/d, 差异均达显著或极显著水平, 明显抑制了大豆植株的生长

发育。

邻甲氧基苯甲酸、3, 4—二氯苯甲酸、肉桂酸和邻苯二甲酸对大豆植株生长发育的影响规律与 3—硝基邻苯二甲酸相似, 均抑制了大豆幼苗正常的生长发育, 使株高、茎和根的平均相对生长速率降低, 并随浓度增加, 抑制作用增强。在这几种有机酸中, 3, 4—二氯苯甲酸的抑制作用最强, 只有对照和浓度 0.01g/L 两种处理条件下, 大豆幼苗能够正常生长发育, 其它处理均使幼苗在培养几天后就死亡。同时发现, 有机酸对大豆幼苗的毒害作用首先发生在根系, 首先使根的生长受到毒害, 抑制了养分和水分的吸收利用, 进而影响到地上部的生长发育, 最终使整株幼苗枯萎死亡。这可能与根系直接与有机酸处理液接触有关。

表 4 不同有机酸对水培大豆幼苗株高和平均相对生长速率的影响

Table 4 Effect of different organic acids to height and average relative growgh velocity of water—culture soybean young seedling													
有机酸 Organic acids	处理 Treatme- nts(g/L)	株高 Height (cm)	差异显著性 Significance		±CK (%)	V 茎 (g/d)	差异显著性 Significance		±CK (%)	V 根 (g/d)	差异显著性 Significance		±CK (%)
			5%	1%			5%	1%			5%	1%	
3—硝基 邻苯二甲酸 3—Nitro— phthalic acid	CK	62.5	a	A	—	0.0154	a	A	—	0.0034	a	A	—
	0.01	55.0	b	B	—12.00	0.0136	b	A	—11.69	0.0031	bc	AB	—8.82
	0.05	46.9	c	C	—24.96	0.0126	c	AB	—18.18	0.0026	c	BC	—30.77
	0.1	21.7	d	D	—65.28	0.0102	d	BC	—33.77	0.0025	d	C	—26.47
	0.5	死亡	—	—	—	0.0044	e	C	—71.43	0.0015	e	D	—55.88
邻甲氧基 苯甲酸 2—Methoxy— benzoic acid	CK	62.5	a	A	—	0.0154	a	A	—	0.0034	a	A	—
	0.01	58.8	a	A	—7.44	0.0139	b	B	—9.74	0.0026	b	B	—30.77
	0.05	28.0	b	B	—55.20	0.0069	c	C	—55.19	0.0022	b	B	—35.29
	0.1	死亡	—	—	—	0.0044	d	D	—71.42	0.0019	b	B	—44.12
	0.5	死亡	—	—	—	0.0040	d	D	—74.03	0.0018	b	b	—47.06
3, 4—二氯 苯甲酸 3, 4—Dichloro— benzoic acid	CK	62.5	a	A	—	0.0154	a	A	—	0.0034	a	A	—
	0.01	29.2	b	B	—53.28	0.0076	b	B	—50.65	0.0021	b	B	—38.24
	0.05	死亡	—	—	—	0.0047	c	C	—69.48	0.0014	c	C	—58.82
	0.1	死亡	—	—	—	0.0042	c	C	—72.73	0.0012	c	C	—64.71
	0.5	死亡	—	—	—	0.0039	c	C	—74.68	0.0011	c	C	—67.65
肉桂酸 Cinnamic acid	CK	62.5	a	A	—	0.0154	a	A	—	0.0034	a	A	—
	0.01	56.4	b	B	—9.76	0.0136	b	A	—11.69	0.0030	b	AB	—11.76
	0.05	46.8	c	C	—25.12	0.0114	c	B	—25.97	0.0026	c	BC	—30.77
	0.1	25.3	d	D	—59.04	0.0076	d	C	—50.65	0.0022	d	C	—35.29
	0.5	死亡	—	—	—	0.0044	e	D	—71.42	0.0018	c	C	—47.06
邻苯二甲酸 Phthalic acid	CK	62.5	a	A	—	0.0154	a	A	—	0.0034	a	A	—
	0.01	58.5	ab	AB	—7.44	0.0135	b	AB	—12.34	0.0028	b	B	—17.65
	0.05	54.6	bc	BC	—12.64	0.0127	bc	BC	—17.53	0.0024	cd	CD	—29.41
	0.1	50.7	c	C	—18.88	0.0110	c	C	—28.57	0.0021	d	D	—38.24
	0.5	死亡	—	—	—	0.0051	d	D	—66.88	0.0014	e	E	—58.82

3 讨论

在试验条件下, 供试有机酸均显著抑制了大豆种子的萌发、幼苗的生长发育, 使种子的萌发率、胚

根长、胚根干重, 幼苗的株高、茎与根的平均相对生长速率显著降低, 使干物质积累受阻, 光合产物运转受到抑制, 最终导致产量下降。但经 GC—MS 检测出的大豆根系分泌物和根茬腐解液中的有机酸(见表5)能否达到试验条件下的浓度, 能否产生显著的

毒害作用, 还需经过定量鉴定后才能下结论。另外, 在田间条件下, 通过各种途径产生的有机酸, 能否达到产生显著毒害作用的量, 必须经过定量鉴定后才能得知, 同时土壤中的有机酸存在量与各种环境条

件及生物化学反应有关, 是呈动态变化的, 如果能对土壤中存在的有机酸进行定量分析, 对揭示大豆连作障碍的毒害机理具有十分重要的意义, 是一个值得深入研究的重要课题。

表5 GC-MS检测出的大豆根系分泌物和根茎腐解液(XAD-4树脂柱连续提取3 d)中的有机酸

Table 5 Organic acids in root extraction and decomposed liquides of soybean
by GC-MS(XAD-4 resin extracted continuously for 3 days)

来源	有机酸 Organic acids
根系分泌物	丙二酸、仲丁基琥珀酸(丁二酸)、4-苯基-三甲基-丁烯酸、十二酸、叔丁基二甲基十二酸、十六酸、n-十六酸、十七酸、十八酸、Z-13-十八烯酸、叔丁基-9, 12-十八碳烯酸、(Z,Z)-9, 12-十八二烯酸、二十酸、3-(3, 7-二甲基)- β -二羟基苯甲酸、3, 4-二氯苯甲酸、2, 6-二氯苯甲酸、2, 6-二氯硫代苯甲酸、邻苯二甲酸、3-硝基邻苯二甲酸、脱氢枞酸
根茎腐解液	乙酸、丙酸、2-甲基丙酸、2-甲基-2-羟基丙酸、 β -(4-羟基-3-甲氧基苯基)丙酸、丙二酸、二叔丁基丙二酸、2, 2-二甲基-3-氧代丁酸、4-甲基-2-羟基戊酸、苯甲酸、2, 4-二羟基苯甲酸、3-甲氧基-4-羟基苯甲酸、3-硝基邻苯二甲酸、苯乙酸、3-甲氧基-4-羟基苯丙酸、3-甲基-4-羟基苯乙酸、2-甲氧基苯甲酸、芥酸、肉桂酸

4 结论

4.1 一定浓度的3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3, 4-二氯苯甲酸、肉桂酸对大豆种子萌发有显著的抑制作用, 明显抑制了大豆种子的萌发, 降低了胚根长和胚根干重, 并随浓度增加抑制作用增强。

4.2 3-硝基邻苯二甲酸、邻甲氧基苯甲酸、3, 4-二氯苯甲酸、肉桂酸、邻苯二甲酸五种有机酸对大豆株高、干物质积累、平均相对生长速率都有明显抑制作用。植株干物质积累不足, 光合产物运转受到抑制, 必然会导致子粒产量下降, 进而使子粒品质受到影响。

参考文献

1 杨庆凯, 马占峰, 李季文, 等. 黑龙江省大豆重迎茬问题及对策[J]. 大豆科学, 1994, 13(2): 159-163.

2 于广武, 许艳丽, 刘晓冰, 等. 大豆连作障碍机理研究初报[J]. 大豆科学, 1993 12(3): 237-242.

3 王震宇, 王英祥, 陈祖仁. 重茬大豆生长发育障碍机制初探[J]. 大

豆科学, 1991, 10(2): 31-36.

4 计钟程. 大豆重迎茬减产的主要原因及对策[J]. 土壤通报, 1990, 21(2): 76-86.

5 胡江春, 王书锦. 大豆连作土壤青霉菌 891 (*Penicillium purpurogenum* stoll 891)毒素研究[J]. 土壤微生物研究-理论·应用·新方法(张宪武主编)[M]. 沈阳出版社, 1993, 304-309.

6 平野晓. 作物の连作障碍[M]. 农业渔村文化协会, 1977, 49-78.

7 刘晓冰, 于广武. 大豆连作效应分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 1990 3: 40-44.

8 许艳丽, 韩晓增. 大豆重迎茬研究[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1995.

9 于贵瑞. 大豆、向日葵等作物连作障碍与轮作效应机理的研究初报[J]. 生态学杂志, 1988, 7(2): 1-8.

10 Patterson DT. Effects of allelopathic chemicals on growth physiological responses of soybean[J]. Weed Science, 1981, 29(1): 53-58.

11 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳, 等. 大豆根分泌物的鉴定及其化感作用的初步研究[J]. 大豆科学, 2000, 19(2): 119-125.

12 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳, 等. 大豆根茎腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 771-778.

13 王树起, 韩丽梅, 杨振明. 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆生长发育的化感效应[J]. 吉林农业科学, 2001, 26(5): 15-19.

14 王树起, 韩丽梅, 杨振明, 等. 大豆根茎腐解液和营养液残液对大豆生长发育的自感效应[J]. 中国油料作物学报, 2000 22(3): 43-47.

ALLELOPATHY ON DIFFERENT ORGANIC ACIDS TO SOYBEAN GROWTH

Wang Shuqi Han Limei

(Agronomy Department of the Quartermaster University of PLA, Changchun 130062)

Abstract Organic acids from soybean root secretion and liquid of decomposed root and stem were identified by GC-MS, then allelopathy of those organic acids to seed germination and growth of soybean were conducted with germinating test, solution-culture test and chemical analysis. The results showed that 3-nitro-phthalic acid, 2-methoxy-benzoic acid, 3, 4-dichloro-benzoic acid and cinnamic acid inhibited the seed germination of soybean, which caused lower germination rates, shorter radicle and less radicle dry weight; the significant level reached remarkable or high remark-

able; the inhibition level enhanced with the concentration of the organic acids increasing. Those organic acids also inhibited soybean young seedling growing in solution—culture in varying degrees, which significantly made plant poor growth, shorter and less dry matters, and the inhibition level raised with the concentration of those organic acids increasing.

Key words Continuous cropping barriers of Soybean; Organic acids; Allelopathy

欢迎订阅 2003 年《北方园艺》

《北方园艺》期刊是由黑龙江省农科院主管,黑龙江省园艺学会、黑龙江省园艺分院共同主办的以科学研究与技术普及相结合的大型综合性技术期刊,是我国园艺科技类的核心期刊。本刊坚持以汇集园艺科技最新的技术成果为责任,荟萃园艺科技最好的佳篇新作为义务。传播园艺科技最快的致富信息为宗旨,以知识性、先进性、实用性为办刊特色。

本刊内容丰富,栏目新颖,技术实用,信息全面。主要栏目:专题综述、设施园艺、栽培技术(菜园、果园、瓜园)、试验研究、食用菌族、园林花卉、贮藏保鲜、植物保护、生物技术、经验之谈、农资信息等。信息涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究的新技术、新品种、新经验。

本刊为双月刊,单月 5 日出版,大 16 开本,80 页内文,平订,彩四封及内插彩页印刷,每期 6 元,全年 36 元,全国各地邮局均可订阅,邮发代号 14—150 或直接向编辑部汇款。竭诚欢迎全国各地科研院所研究人员,大专院校师生,各市、县、乡、镇农技推广人员,农民科技示范户等踊跃订阅,更欢迎广大读者热情来信,反映意见,提出所求。地址:哈尔滨市动力区哈平路义发源。邮编:150069,电话(传真):0451—6674276。联系人:贾丹萍,请在汇款单附言栏内写清订购份数,收件人及详细地址、邮编。另外,本刊编辑部还有少部分 1997—2001 年《北方园艺》合订本出售,每本 48.00 元。如需挂号每次每件再加邮费 2.00 元。

欢迎订阅 2003 年《福建农业科技》

《福建农业科技》是由福建省农业科学院、福建省农学会主办的综合性农业科技期刊,主要报道农业新成果、新技术、新政策、新动态、新经验、新信息等。适合广大农业战线的科技人员、管理人员、推广人员、院校师生、农村专业户和农民等阅读。

《福建农业科技》在新的一年里,将以新的姿态,更加密切与农业各部门和广大读者、作者的联系和合作,竭诚为您提供更多更好的服务。

《福建农业科技》为全国公开发行的双月刊,自 2003 年起,改为大 16 开 52 码,彩色封页及插页,每册 5 元,全年 30 元。逢双月初出版。

订阅办法:请将订刊费寄:福州市五四路 247 号《福建农业科技》编辑部收。

邮编:350003 电话:0591—7869455, 7884435

传真:0591—7884674 E-mail: fjn timer@163.net.