

文章编号: 1003-8701(2001)05-0015-05

丙二酸和邻苯二甲酸对大豆生长发育的化感效应

王树起, 韩丽梅, 杨振明

(中国人民解放军军需大学农副业生产系, 吉林 长春 130062)

摘要:通过液培试验和室内分析相结合的方法研究了丙二酸和邻苯二甲酸对大豆种子萌发和生长发育的影响。结果表明,与对照相比,丙二酸和邻苯二甲酸显著地抑制了大豆种子的萌发,而且随着浓度的增加,抑制作用加强;丙二酸和邻苯二甲酸抑制了大豆的生长,降低了大豆的根系活力,使株高、干物质重和根系活跃吸收面积下降;丙二酸和邻苯二甲酸增加了大豆叶片相对电导率,使生物膜结构遭到破坏,从而使大豆植株抵抗逆境胁迫的能力降低。

关键词:大豆;连作障碍;丙二酸;邻苯二甲酸;生长发育

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

大豆是我国乃至世界的主要作物之一,东北地区作为大豆的主产区,其种植面积不断增加,导致大豆重茬面积增大。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相当复杂。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],紫青霉菌^[5])。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^[8-10]。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丙二酸和邻苯二甲酸^[11]对大豆种子萌发和生长发育的影响,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

分别将丙二酸和邻苯二甲酸配成 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 g/L 的不同系列浓度的溶液,以蒸馏水作对照,重复 3 次。取不同浓度的溶液 10 mL 分别加入铺有 3 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 消毒后按每皿 10 粒均匀地摆放于培养皿中,置于(25±1)℃的恒温培养箱中培养,3 d 后测量大豆胚根长度。

收稿日期:2001-07-30

基金项目:本研究为国家“九五”重中之重科技攻关项目 95-001-05-03 的部分内容

作者简介:王树起(1968—),男,山东莱阳人,解放军军需大学讲师,主要从事植物营养与逆境调控研究。

1.2 大豆幼苗液培试验

1.2.1 营养液配制

采用 1/2 浓度的 Hoagland(B) + Arnon 营养液, 调 pH 为 6.15。丙二酸设 0、0.01、0.05、0.1、0.5 g/L 5 个浓度, 邻苯二甲酸设 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0 g/L 7 个浓度, 均以蒸馏水作对照, 重复 3 次。

1.2.2 大豆幼苗培养

将精选的大豆种子经 H₂O₂ 消毒后, 播于用饱和 CaSO₄ 溶液浸泡过的石英砂中, 于 (25 ± 1) °C 恒温培养箱中发芽, 当长至 5~7 cm 高时, 小心取出生长均一的幼苗, 用蒸馏水轻轻洗去石英砂后, 移栽于 1/2 浓度 Hoagland(B) + Arnon 营养液 (pH 6.15) + 处理液中定植, 每孔定植 1 株, 每杯定苗 5 株。塑料杯外围用黑布蒙盖, 体积为 1.2 L。采用自动定时小型通气泵连续通气, 光照培养, 每周更换一次营养液, 并按比例加入处理液, 2 周后测定幼苗的株高、干物质重、根系活力、叶片相对电导率等指标。

1.3 测定方法

测定株高、株鲜重及根鲜重, 再将地上部和根系烘干后分别测定其干重。

根系活力测定: 用根系总吸收面积和活跃吸收面积表示, 采用亚甲烯蓝比色法^[10]。

相对电导率测定: 采用赵可夫等人的电导率测定方法^[11]。

2 结果与分析

2.1 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆种子萌发的影响

丙二酸和邻苯二甲酸的不同处理, 尽管浓度不同, 但对大豆种子萌发的影响表现出一致的规律性, 均降低了大豆胚根长度。

表 1 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆种子萌发的影响

处 理	浓度 (g/L)	胚根长 (cm/3d)	差异显著性		抑制率 (%)
			5%	1%	
丙 二 酸	0(CK)	3.89	a	A	
	0.01	3.60	ab	A	-0.75
	0.05	3.34	ab	A	-14.14
	0.10	3.15	ab	A	-19.02
	0.20	2.96	ab	A	-23.91
	0.50	2.83	b	A	-27.24
	1.00	1.84	c	B	-52.70
	2.00	1.89	c	B	-51.14
邻苯二甲酸	0(CK)	4.96	a	A	
	0.01	3.13	b	B	-36.90
	0.05	2.92	bc	B	-41.12
	0.10	2.61	bc	B	-47.38
	0.20	2.34	bc	B	-52.82
	0.50	2.28	bc	B	-54.02
	1.00	2.88	bc	B	-56.04
	2.00	2.02	c	B	-59.27

注: 抑制率(%) = (处理胚根长 - 对照胚根长) / 对照胚根长 × 100

由表 1 可以看出, 丙二酸和邻苯二甲酸的不同系列浓度溶液与对照相比, 均对大豆种子萌发产生了抑制作用。丙二酸系列浓度溶液的抑制率为 0.75%~52.70%; 邻苯二甲酸系列浓度溶液的抑制率为 36.90%~59.27%。同时表明: 随着丙二酸和邻苯二甲酸溶液浓度的增加, 对大豆胚根长的抑制作用增强。当丙二酸溶液浓度为 0.01 g/L 时, 对大豆胚根伸长抑制率仅为 0.75%, 差异不显著; 丙二酸溶液浓度在 0.05~2.0 g/L 范围时, 则对胚根伸长产生显著或极显著的抑制作用。而邻苯二甲酸浓度为 0.01 g/L 时就对大豆胚根伸长产生极显著抑制作用, 抑制率为 36.90%, 表明低浓度的邻苯二甲酸对大豆种子萌发产生较强的抑制作用。说明丙二酸和邻苯二甲酸在一定浓度下均会对大豆种子萌发产生抑制作用, 所以大豆根系分泌物和根茬腐解液产生的丙二酸和邻苯二甲酸达到一定浓度时对大豆种子萌发产生毒害作

用。不过在田间及水培试验条件下,大豆根系分泌和根茬腐解产生的丙二酸和邻苯二甲酸能否达到试验中产生显著差异(毒害作用)的浓度,还须经过试验进一步验证。

2.2 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆植株生物量的影响

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,反之则产量低。丙二酸和邻苯二甲酸系列浓度溶液对大豆幼苗生长发育的水培试验表明:丙二酸和邻苯二甲酸对大豆干物质积累有很大影响。水培2周的大豆幼苗的株高、根系及地上部干物重的测定结果见表2。

表2 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆生物量的影响

处 理	浓度 (g/L)	根干重		±CK (%)	地上部干重		±CK (%)	株高		±CK (%)
		(g)	显著性		(g)	显著性		(cm)	显著性	
丙 二 酸	0(CK)	0.067	a A		1.557	a A		57.7	a A	
	0.01	0.059	a AB	-11.94	1.328	b AB	-14.71	55.5	ab A	-3.81
	0.05	0.050	b B	-25.37	1.161	bc B	-25.43	50.3	bc AB	-12.82
	0.10	0.047	b BC	-29.85	1.124	c B	-27.78	47.2	c B	-18.20
	0.50	0.035	c C	-47.76	0.486	d C	-68.79	21.7	d C	-21.70
邻苯二甲酸	0(CK)	0.074	a A		1.402	a A		46.3	a A	
	0.01	0.068	ab A	-8.12	1.329	a AB	-5.21	44.3	a AB	-4.32
	0.05	0.067	ab A	-9.45	1.145	b BC	-18.33	41.6	ab AB	-10.15
	0.10	0.066	ab A	-10.81	0.963	c C	-31.31	37.8	b B	-18.36
	0.20	0.060	b A	-18.92	0.487	d D	-65.26	20.0	c C	-56.80
	0.50	0.042	c B	-43.24	0.468	d D	-66.19	死亡		
	1.00	0.041	c B	-44.59	0.459	d D	-67.27	死亡		

注:表中大小写字母分别表示1%和5%的差异显著性。

从表2可以看出,大豆幼苗的干物重和株高随着丙二酸和邻苯二甲酸溶液浓度的增加而降低。与对照相比,丙二酸系列浓度溶液使大豆根干重降低11.94%~47.76%,地上部干重降低了14.71%~68.79%,株高降低了3.81%~21.70%;邻苯二甲酸系列浓度溶液使大豆根干重降低了8.12%~44.59%,地上部干重降低了5.21%~67.27%,株高降低了4.32%~56.80%。其中0.01 g/L的丙二酸和邻苯二甲酸使大豆根干重分别下降了11.94%和8.12%,差异均不显著,说明低浓度的丙二酸和邻苯二甲酸对大豆根系生长没有明显的抑制作用。但低浓度的丙二酸对大豆地上部干物质积累有明显抑制作用,0.01 g/L的丙二酸使地上部干重下降了14.71%,差异显著;而低浓度的邻苯二甲酸对大豆地上部干物质积累没有明显的抑制作用,0.01 g/L的邻苯二甲酸使大豆地上部干重只降低5.21%,差异不显著。另外,0.01 g/L的丙二酸和邻苯二甲酸使大豆株高分别降低3.81%和4.32%,差异不显著,但随着浓度增加,抑制作用加强。随着丙二酸和邻苯二甲酸浓度的增加对大豆生物积累抑制作用增强,0.05 g/L的丙二酸使大豆根干重降低了25.37%,地上部干重降低了25.43%,差异极显著,当浓度达0.1 g/L时对株高的抑制作用极显著,为18.20%。应指出0.5 g/L和1.0 g/L的邻苯二甲酸在水培第3天时就对大豆表现出毒害作用,致使大豆叶片萎蔫,根开始腐烂,后来整株大豆死亡。说明大豆根系分泌和根茬腐解产生的丙二酸和邻苯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。

2.3 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆根活力的影响

根系是植物吸收养分和水分最主要的器官,根系的活跃吸收面积直接关系到根系吸收养分和水分的能力大小,活跃吸收面积大,则吸收能力强;反之,吸收能力弱。对加入丙二酸

和邻苯二甲酸系列浓度溶液水培 2 周的大豆根系吸收面积的测定结果见表 3。

表 3 丙二酸和邻苯二甲酸对水培大豆根系吸收面积的影响

处 理	浓度 (g/L)	根系吸收面积(m ²)		活跃吸收面积 (%)	差异显著性		±CK (%)
		总面积	活跃面积		5%	1%	
丙 二 酸	0(CK)	0.473 1	0.169 1	44.46	a	A	
	0.01	0.446 5	0.160 8	36.01	b	B	-19.01
	0.05	0.416 9	0.139 0	31.29	c	C	-29.62
	0.10	0.354 9	0.104 9	29.56	d	D	-33.51
	邻苯二甲酸	0(CK)	0.726 0	0.327 7	45.14	a	A
	0.01	0.857 6	0.273 7	31.92	b	B	-29.29
	0.05	0.738 0	0.230 2	31.19	b	B	-30.90
	0.10	0.200 8	0.043 1	19.90	c	C	-55.91
	0.20	0.055 7	0.001 5	2.69	d	D	-94.04
	0.50	死亡					
	1.00	死亡					

由表 3 可以看出,丙二酸和邻苯二甲酸随着浓度的增加,对大豆根系吸收面积的抑制作用增强。与对照相比,丙二酸系列浓度溶液的抑制率为 19.01%~33.51%;邻苯二甲酸系列浓度溶液的抑制率为 29.29%~94.04%,均表现出极显著的抑制作用。说明丙二酸和邻苯二甲酸对大豆根系的生长发育有明显的抑制作用,显著降低了大豆根系活跃吸收面积,使大豆根系吸收养分和水分的能力下降,最终导致大豆生长发育受阻,植株生长矮小,干物质积累量减少,产量下降。

2.4 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆叶片相对电导率的影响

表 4 丙二酸和邻苯二甲酸对大豆叶片相对电导率的影响

处 理	浓度 (g/L)	相对电导率(%)					
		常 温			冷冻(-20℃)		
		S ₁	S ₂	S ₁ /S ₂ ×100	S ₁	S ₂	S ₁ /S ₂ ×100
丙 二 酸	0(CK)	53.7	354.8	15.2	52.1	334.0	15.8
	0.01	59.3	330.5	17.9	53.6	296.5	18.2
	0.05	60.9	332.2	18.4	62.2	311.0	20.1
	0.10	60.2	331.2	18.6	68.3	313.8	21.8
	0.50	72.0	309.8	23.2	76.2	302.8	25.2
邻苯二甲酸	0(CK)	110.8	338.8	32.5	110.1	269.0	40.6
	0.01	151.3	372.3	41.1	144.8	348.3	41.6
	0.05	119.3	278.3	42.8	174.0	429.8	42.1
	0.10	202.0	488.3	42.4	145.0	287.8	50.4
	0.20	145.5	300.5	48.6	181.2	348.2	52.6

从表 4 看出,在常温条件下,丙二酸和邻苯二甲酸使大豆叶片相对电导率较对照增加,而且随着丙二酸和邻苯二甲酸浓度的增加,相对电导率与对照间的差值有增大的趋势,其中丙二酸在 0.5 g/L 和邻苯二甲酸在 0.2 g/L 浓度下与对照间差异明显。

另外,在冷冻(-20℃)条件下,大豆幼苗叶片的相对电导率变化与常温条件下基本一致,但与对照相比有增大的趋势,表明经过处理后,大豆植株抵抗低温伤害的能力降低。

3 结 论

一定浓度的丙二酸和邻苯二甲酸对大豆种子萌发有显著抑制作用,而且随着浓度增加,抑制作用加强。

丙二酸和邻苯二甲酸对大豆干物质积累和株高均有显著的抑制作用,从而使植株干物质积累不足,导致大豆子粒形成受到影响,造成大豆重迎茬减产和品质下降。

丙二酸和邻苯二甲酸明显抑制了大豆根系活跃吸收面积,减弱根系吸收水分和养分能力,使大豆植株干物质积累和生长发育受到抑制。

丙二酸和邻苯二甲酸增加了大豆叶片相对电导率,使生物膜结构遭到破坏,从而使大豆植株抵抗逆境胁迫的能力降低。

参考文献:

- [1] 杨庆凯,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,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] 张宪武·土壤微生物研究·理论·应用·新方法[M].沈阳:沈阳出版社,1993.
- [6] 平野晓·作物の连作障碍[M].日本:农业渔村文化协会,1977.
- [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 D T·Effects of allelopathic chemicals on growth physiological responses of soybean[J].Weed Science,1981,29(1):53-58.
- [11] 张志良,植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1990.
- [12] 邹 琪·植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995.

Allelopathy of 1,2-Benzenedicarboxylic Acid and Malonic Acid on Soybean Growth

WANG Shu-qi, HAN Li-mei, YANG Zheng-ming

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

Abstract: Effect of malonic acid and 1,2-Benzenedicarboxylic acid on the seeds germination and growth of soybean were investigated by solution-culture experiments and chemical analysis in indoors. The results showed that malonic acid and 1,2-Benzenedicarboxylic acid inhibited the seeds germination of soybean significantly compared with CK and the inhibition enhanced with the concentration increased; Malonic acid and 1,2-Benzenedicarboxylic acid inhibited the soybean growth which embody in dropping of the roots activities, height, dry matters and roots active uptake area; At the same time, Malonic acid and 1,2-Benzenedicarboxylic acid made the structure of biomembrane destroyed, thus made the ability of soybean plants to resisting force of adversity decreased which embodied in increasing relative electric conductivity of the leaves.

Key words: Soybean; Continuous cropping barriers; Malonic acid; 1,2-Benzenedicarboxylic acid; Growth