

天然脂肪酸类物质对温室连作黄瓜和番茄幼苗生长的影响

李 晶^{1,2}, 阮维斌¹, 陈永智³, 许 华¹, 刘思蕴^{1,2}, 吴建波¹, 郑连斌², 高玉葆¹

(1.南开大学生命科学学院, 天津 300071; 2.天津师范大学化学与生命科学学院, 天津 300074; 3.寿光市农业局, 山东 寿光 262700)

摘 要:通过盆栽和田间苗床试验研究了天然脂肪酸类物质棕榈酸和油酸对连作土壤环境下黄瓜、番茄幼苗生长的影响,并就棕榈酸和油酸的抑菌性作了测定。盆栽试验包括对照(不添加任何脂肪酸)、低量处理(2 g 棕榈酸·kg⁻¹ 土+2 mL 油酸·kg⁻¹ 土)和高量处理(4 g 棕榈酸·kg⁻¹ 土+4 mL 油酸·kg⁻¹ 土)。苗床试验包括对照(不添加任何脂肪酸)和处理(60 g 棕榈酸·m⁻² 土+60 mL 油酸·m⁻² 土)。结果表明,添加油酸、棕榈酸可促进植株的生长,有利于壮苗的形成。盆栽试验中,油酸和棕榈酸高量处理对幼苗的促进作用更为明显,植株茎粗、生物量、侧根数、壮苗指数和根系活力较对照存在显著或极显著差异。番茄幼苗的矿质养分含量表现为处理条件下,植株地上部的钾含量显著升高和整株钠含量的显著降低。田间苗床试验进一步验证了脂肪酸类物质能够促进幼苗生长。抑菌性测定结果表明,棕榈酸有显著抑制病原真菌菌丝生长和孢子萌发的作用。本试验表明在与其他措施相结合的基础上,天然脂肪酸物质将在苗床育苗中具有较好的应用潜力。

关键词:黄瓜; 番茄; 油酸; 棕榈酸; 抗真菌性

中图分类号:S181 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)03-1022-07

Effects of Natural Fatty Acids on the Growth of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) and Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Seedlings in the Continuously Mono-cropped Soil in Greenhouse

LI Jing^{1,2}, RUAN Wei-bin¹, CHEN Yong-zhi³, XU Hua¹, LIU Si-yun^{1,2}, WU Jian-bo¹, ZHENG Lian-bin², GAO Yu-bao¹

(1.College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2.College of Chemistry and Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin, 300074, China; 3.Shouguang Agricultural Bureau, Shouguang 262700, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effects of oleic acid and palmitic acid on the growth of cucumber and tomato seedlings, which were planted in the continuously mono-cropped soil with both pot and seedbed trials. In the pot experiments, three treatments were prepared: the control (no fatty acids addition), low level of the fatty acids (2 g palmitic acid and 2 mL oleic acid per kg soil), and the high ones (4 g palmitic acid and 4 mL oleic acid per kg soil) for each crop species. In the seedbed experiments two treatments were prepared with (60 g palmitic acid and 60 mL oleic acid per m² soil) or without fatty acids. The results of the pot trials showed that the combination of oleic and palmitic acids significantly promoted the growth of the both cucumber and tomato seedlings. In addition, it was found that addition of fatty acids resulted in a reduction of sodium content of the whole plant, but increased potassium content in tomato shoot. In particular, in one pot experiment of tomato, addition of fatty acids led to reduce the number of death seedling although the pathogen remains unknown. The seedbed experiments performed under the field conditions further confirmed that the fatty acids had the positive effect on the growth of both plants. When cultured in Petri dishes, the mycelial growth and spore germinations of four common phytopathogenic fungi were significantly inhibited by the addition of palmitic acid, but not by adding oleic acid. The present study suggested that the oleic and palmitic acids could be potential and reliable natural substances for promoting seedling growth of some vegetable crops in greenhouse.

Keywords: cucumber; tomato; oleic acid; palmitic acid; antifungal

收稿日期:2008-03-02

基金项目:天津市应用基础研究计划面上项目(06YFJMJC12100);国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD07B03);国家 863 项目(2006AA10Z423)

作者简介:李 晶(1982—),女,天津市人,硕士研究生,研究方向为化学生态学。E-mail: sharonlj919@hotmail.com

通讯作者:阮维斌 E-mail: ruanweibin2004@hotmail.com

据我国农业部统计,到 2004 年,我国蔬菜、瓜果类种植面积和总产量分别达 19.7 亿 hm^2 和 6.2 亿 $\text{t}^{[1]}$ 。目前全国设施园艺面积已超过 250 万 hm^2 ,居世界首位^[2]。日光温室面积已达 60 余万 hm^2 。随着蔬菜生产的规模化、产业化、工厂化的日益发展,连作障碍问题突出,已经越来越引起人们的重视。尤其是有“中国蔬菜之乡”之称的山东省寿光市,日光温室蔬菜复种指数高,施肥量大,黄瓜、番茄等蔬菜的产量随连作年限的增加明显下降,品质变劣,病虫害严重发生,制约着当地蔬菜生产的可持续发展^[3,4]。

幼苗健壮与否,关系到植株在整个苗期能否抵御不良的外界环境,同时也是影响整个生育期生长发育状况乃至最后产量的重要因素之一。传统育苗是目前种苗生产的主要方式,比例仍占到一半以上。但是,由于棚室土壤质量的退化,培育的幼苗健康状况不佳。在植株生长期,菜农往往需要投入大量农药以及杀虫剂来抵御病虫害的发生,保证作物的正常生长。据统计,我国农药年产量已达 40 万 t ,其中农业防治约需 25 万 t 。而农药的利用率只有 10%~20%,约 80% 直接进入环境或残留于蔬菜体内,危害人类健康。传统的土壤处理剂(如溴甲烷)和许多剧毒农药已经逐步被限制或禁止在蔬菜生产中使用,寻找可替代型无公害生物源农药以及植物生长调节剂已成为世界各国研究的热点和重点。作物饼肥中含有大量油酸、棕榈酸等天然脂肪酸类物质,具有无毒害、易降解的特点,在防治病虫害等方面的应用已见报道^[5-7]。为进一步探索改善土壤,提高蔬菜育苗质量,拓展脂肪酸类物质新的应用范围,本文研究了油酸和棕榈酸在连作土壤环境下对黄瓜和番茄幼苗培育的影响,初步探讨了脂肪酸类物质的苗床应用效果。这将为油酸和棕榈酸等脂肪酸类物质在蔬菜育苗上的合理应用,综合解决保护地蔬菜连作障碍问题等方面提供一定的技术和理论支持。同时,脂肪酸类天然产物的应用与推广,将减少化学农药残留,保护生态环境和增加食品安全。

1 材料与方法

1.1 供试脂肪酸性质

油酸(oleic acid),又称顺式十八烯-9-酸、十八烯酸,结构式为: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$,是含有一个双键的不饱和脂肪酸。无色至淡黄色油状液体,不溶于水,可溶于乙醇、乙醚等许多有机溶剂。棕榈酸(palmitic acid),又称十六酸、软脂酸,结构式为: CH_3

$(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$,是一种饱和高级脂肪酸。白色带珠光的鳞片状晶体,不溶于水,微溶于乙醇、易溶于乙醚、丙酮、氯仿、冰乙酸。两种脂肪酸均购自天津市化学试剂公司,分析纯。

1.2 盆栽试验

2005 年 7—8 月于南开大学生命科学学院温室内进行。供试黄瓜品种为津春 4 号,番茄品种为粉冠一号。试验所用土壤分别采自山东省寿光市八里庄连作黄瓜温室和罗家庄连作番茄温室。土壤性质为褐土。黄瓜于 7 月 30 日播种,8 月 19 日收获;番茄于 7 月 25 日播种,8 月 17 日收获。番茄和黄瓜盆栽试验分别于 8 月份重新布置一次,材料方法同第一次。

试验根据油酸和棕榈酸用量设 3 个处理,分别为 0 g(对照 CK)、2 g 棕榈酸 $\cdot\text{kg}^{-1}$ 土+2 mL 油酸 $\cdot\text{kg}^{-1}$ 土(低量 A)、4 g 棕榈酸 $\cdot\text{kg}^{-1}$ 土+4 mL 油酸 $\cdot\text{kg}^{-1}$ 土(高量 B)。均在播种前混施于盆中(15 cm $\times$ 13 cm),每处理 7 次重复,随机排列。播种前每盆土(800 g)施入 K_2SO_4 0.59 g, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 0.48 g, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 0.38 g 作基肥,每盆播种 8 粒,待出苗定植时保留 3 株。植株生长期间 3~5 d 浇一次水,用量 120 mL $\cdot$ 次 $^{-1}$ 。

收获时分别测定黄瓜植株株高、茎粗、叶面积、叶片数、地上部干重和根干重、根系活力以及根结数。黄瓜试验两次结果一致,本文仅列出一次试验的结果。番茄试验两次测定结果基本一致,本文列出第一次试验番茄植株株高、茎粗、叶面积、地上部和根干重、侧根数、根结数以及植物样品营养元素的数据。根系活力采用 TTC 染色法。植物营养元素采用 ICP(PE Optima 3300)法测定,称取植物干重,580 $^{\circ}\text{C}$ 灰化 7 h,用 2 mL HCl 溶液(98%浓盐酸与水体积比为 1:1)溶解,定容至 15 mL。测定元素为 K、P、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、B、Cu 和 Na。第二次番茄试验仅列出植株的总生物量和死苗数数据。

1.3 田间苗床试验

2006 年 8 月于山东省寿光市进行。供试黄瓜品种为津绿 10 号,番茄品种为布鲁斯特。试验分别在山东省寿光市八里庄连作黄瓜温室和罗家庄连作番茄温室进行。盆栽和田间试验土壤均选自相同温室。

试验设 2 个处理,0 g(对照)、60 g 棕榈酸 $\cdot\text{m}^{-2}$ 土+60 mL 油酸 $\cdot\text{m}^{-2}$ 土(处理)。均在播种前翻施于土中,并混均匀。番茄试验共设 6 次重复,随机选取大棚 6 畦,每畦包括对照、处理及 3 个保护区,对照和处理小区面积 1.6 m^2 ,共 12 个小区。黄瓜试验共设 5 次重

复,随机选取温室 5 畦,每畦包括对照、处理及 3 个保护区,对照、处理小区面积为 0.5 m²,共 10 个小区。翻地后均以穴播方式播种,番茄每穴面积 0.054 m²,播种 3 粒,每小区共 90 粒。待其出苗后进行间苗,每穴保留 1 棵植株,每小区共 30 株。黄瓜每穴面积 0.1 m²,播种 3 粒,每小区共 15 粒。出苗后每穴保留 1 棵植株,每小区共 5 株。幼苗第三片叶完全展开时收获,测定其株高、茎粗、叶片数、地上部干重和根干重。

壮苗指数=(茎粗/株高+根干重/地上部干重)×全株干重^[8-10]

1.4 脂肪酸抑菌性试验

1.4.1 菌种保存

不同的菌种接种于试管培养基,4℃贮存。试验时将真菌有规律的转接于培养皿 PDA 培养基上,并于 25℃下暗培养,以供使用。

1.4.2 脂肪酸对病原真菌菌丝生长的抑制作用

将供试脂肪酸溶解于丙酮中,将 1 mL 丙酮溶液加入 40~50℃的培养基中,使脂肪酸最终浓度达到 1 g·L⁻¹,并向培养基中加入 1‰吐温 20,以保证脂肪酸均匀分布。对照培养基中仅加入 1‰吐温 20 和 1%丙酮。最后倒入直径 90 mm 的培养皿中。

用打孔器在菌落边缘打直径为 5 mm 的菌饼,(黄瓜炭疽病菌培养 14 d,黄瓜枯萎、番茄枯萎和番茄早疫病菌培养 8 d) 接种于上述培养基上,25℃暗培养^[11]。由于真菌生长速率不同,分别于 12 d 后和 6 d 后测量黄瓜炭疽和其他 3 种病菌的菌落直径。每处理 6 次重复。

1.4.3 脂肪酸对病原菌孢子萌发的抑制作用

将黄瓜炭疽、番茄枯萎和黄瓜枯萎病菌接种于 PDA 培养基上,7 d 后用无菌蒸馏水冲洗孢子,经三层纱布过滤、离心,再次用无菌水冲洗,将其浓度配成 5×10⁵ 个·mL⁻¹,取其孢子悬液,均匀涂布于含不同浓度脂肪酸的培养基上。分别于 8、10 和 13 h 后检测黄瓜炭疽、番茄枯萎和黄瓜枯萎病菌的孢子萌发率。每处理 3 次重复。由于番茄早疫病原菌的产孢条件很难获得,故试验中并未涉及。

1.5 数据统计

所有数据利用 SPSS13.0 进行分析。盆栽试验数据用单因素方差分析,平均值采用 LSD ($P\leq 0.05$ 或 $P\leq 0.01$) 进行显著性检验。田间苗床试验数据用配对样本 T 检验分析,抑菌性试验数据用 Dunnett 检验分析。

2 结果与分析

2.1 盆栽试验

2.1.1 油酸和棕榈酸对黄瓜幼苗生长的影响

油酸和棕榈酸处理促进了黄瓜幼苗的生长发育。随着用量的增加,促进作用逐渐增强。高量处理与对照相比,株高、叶片数增加了 14.7%和 12.8%,差异达到显著水平;茎粗较对照增加 25.9%,差异达到极显著水平。低量处理组,株高、茎粗、叶片数、叶面积较对照分别增加 11.3%、14.7%、8.5%和 20.1%,其中茎粗、叶面积与对照的差异达到极显著水平。而高量、低量两处理中植物茎粗也存在极显著差异。油酸和棕榈酸处理显著或极显著地增加了植株的生物量,高量处理较对照地上部、根系和总干重分别增加 13.9%、50%和 17.7%,低量处理较对照分别增加 22.2%、50%和 25%,而低高量两处理之间均不存在显著差异(表 1)。

根冠比值是衡量幼苗是否健壮的重要指标,添加油酸和棕榈酸一定程度上提高了幼苗的根冠比,其中高量处理与对照之间的差异达到极显著水平。壮苗指数是反映幼苗质量高低的综合量化指标,指数越大,说明幼苗越壮。本试验中高、低量油酸和棕榈酸处理黄瓜苗期的壮苗指数均高于对照,且差异极显著。根系活力是衡量壮苗的另一个重要生理指标,同一生长期,根系活力越强,则苗越壮。在土壤中施加油酸和棕榈酸后,黄瓜幼苗的根系活力均极显著高于对照,排列顺序为高量>低量>对照。但幼苗根结数量在 3 处理间并无显著差异(表 1)。由此可见,脂肪酸处理在培育壮苗的应用上发挥着一定的积极作用。尤其在高量处理条件下,黄瓜植株的茎粗、根冠比、壮苗指数、根系活力较对照均形成极显著差异。

2.1.2 油酸和棕榈酸对番茄幼苗生长的影响

与黄瓜植株生长状况相似,添加油酸和棕榈酸促进了番茄幼苗的生长发育。高量处理与对照相比,株高、茎粗、叶面积、地上部干重和总干重分别增加了 54.3%、25.6%、85.3%、71.4%和 75%,差异达到极显著水平;侧根数和壮苗指数较对照分别增加 39.2%、54.3%,差异显著。低量处理中茎粗、叶面积、地上部干重、总干重和壮苗指数与对照之间差异显著,分别较对照增加 13.6%、52.5%、42.9%、50%和 42.9%;株高与对照差异极显著。根干重、根冠比和根结数在处理和对照之间无明显差异。高、低量处理中仅株高和侧根数存在显著差异(表 2)。对于植物体内的矿质养分含量,添加脂肪酸显著增加了植株地上部 K 的含量,同

时降低了地上部和根系对于 Cu 和 Na 的吸收。P 和 Ca 在低量处理与对照间无显著差异,但在高量处理中,二者含量显著低于对照(表 3)。

在第二批重复试验中,总干重对照与脂肪酸处理差异显著或极显著(图 1)。值得一提的是这次试验番

表 1 油酸和棕榈酸对连作黄瓜幼苗生长的影响
Table 1 Effects of oleic acid and palmitic acid on the growth of continuous-cucumber seedlings

处理	CK	A	B
株高/cm	11.91±0.38bA	13.26±0.56abA	13.66±0.51aA
茎粗/mm	4.36±0.10cC	5.00±0.08bB	5.49±0.12aA
叶片数/ No.·plant ⁻¹	3.29±0.15bA	3.57±0.13abA	3.71±0.10aA
叶面积/cm ²	63.97±4.28bA	76.80±2.49aA	69.38±5.37abA
地上部干重/ g·pot ⁻¹	1.08±0.07bA	1.32±0.05aA	1.23±0.06abA
根干重/g·pot ⁻¹	0.16±0.01bBC	0.24±0.01aA	0.24±0.02aAB
总干重/g·pot ⁻¹	1.24±0.08bBC	1.55±0.05aA	1.46±0.08aAB
根冠比	0.15±0.01bB	0.18±0.01abAB	0.19±0.01aA
壮苗指数	0.08±0.01bB	0.11±0.00aA	0.12±0.01aA
根结数/ No.·plant ⁻¹	83.86±14.34aA	61.95±5.96aA	50.05±8.03aA
根系活力/ μg·g ⁻¹ ·h ⁻¹	156.88±21.36bB	283.66±16.69aA	315.65±35.70aA

注: CK 为对照(0 g 棕榈酸·kg⁻¹ 土+0 mL 油酸·kg⁻¹ 土);A 为低量处理 (2 g 棕榈酸·kg⁻¹ 土+2 mL 油酸·kg⁻¹ 土);B 为高量处理 (4 g 棕榈酸·kg⁻¹ 土+4 mL 油酸·kg⁻¹ 土)。表中数据为平均值±标准误,同行数据后不同小写字母表示差异显著 ($P\leq 0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P\leq 0.01$)。

Note: CK: control (0 g palmitic acid·kg⁻¹ soil + 0 mL oleic acid·kg⁻¹ soil); A: low level treatment (2 g palmitic acid·kg⁻¹ soil + 2 mL oleic acid·kg⁻¹ soil); B: high level treatment(4 g palmitic acid·kg⁻¹ soil + 4 mL oleic acid·kg⁻¹ soil).Means (±standard error)within the same line followed by different small letters and capital letters indicate significant difference($P\leq 0.05$)and extremely significant difference($P\leq 0.01$). The same below.

表 3 油酸和棕榈酸对番茄根系、地上部矿质养分含量的影响(mg·g⁻¹DW)
Table 3 The Effects of oleic acid and palmitic acid on the nutrient concentration in tomato plants

处理		K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Na
地上部	CK	32.70b	5.71a	41.03a	13.08a	0.640b	0.056b	0.122a	0.036b	0.107a	8.613a
	A	47.25a	5.98a	40.47a	13.14a	0.852a	0.069a	0.130a	0.044ab	0.025b	6.410ab
	B	46.33a	4.52b	30.21b	10.43a	0.829ab	0.057b	0.106a	0.050a	0.022b	5.541b
根系	CK	6.82a	5.83a	23.91a	8.61a	2.076a	0.147ab	0.670ab	0.062a	0.109a	6.189a
	A	4.10a	5.67a	24.44a	7.62a	2.089a	0.177a	0.720a	0.057a	0.084ab	4.057b
	B	8.29a	4.10a	14.97b	9.38a	1.651a	0.112b	0.437b	0.055a	0.068b	3.916b

注: 表中同列数据后字母不同者表示差异显著 ($P\leq 0.05$),字母相同表示差异不显著。
Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test .

表 2 油酸和棕榈酸对连作番茄幼苗生长的影响
Table 2 Effects of oleic acid and palmitic acid on the growth of continuous-tomato seedlings

处理	CK	A	B
株高/cm	4.40±0.35cB	6.01±0.10bA	6.79±0.18aA
茎粗/mm	1.25±0.07bBC	1.42±0.03aAB	1.57±0.05aA
叶面积/cm ²	3.41±0.71bBC	5.2±0.35aAB	6.32±0.40aA
地上部干重/ g·pot ⁻¹	0.07±0.01bBC	0.10±0.01aAB	0.12±0.01aA
根干重/g·pot ⁻¹	0.01±0.00aA	0.01±0.00aA	0.01±0.00aA
总干重/g·pot ⁻¹	0.08±0.01bBC	0.12±0.01aAB	0.14±0.01aA
根冠比	0.10±0.01aA	0.11±0.01aA	0.09±0.01aA
壮苗指数	0.003 5±0.000 6bA	0.005 0±0.000 2aA	0.005 4±0.000 5aA
侧根数/ No.·plant ⁻¹	12.97±1.94bA	13.00±0.91bA	18.05±0.83aA
根结数/ No.·plant ⁻¹	1.55±0.89aA	3.33±1.30aA	3.86±2.26aA

茄幼苗发生病害,除脂肪酸高量处理外,低量处理和对照均出现死苗现象。在脂肪酸处理中,幼苗死苗数显著减少(图 2),与对照间差异达到极显著水平。

2.2 田间苗床试验

2.2.1 油酸和棕榈酸对黄瓜幼苗生长的影响

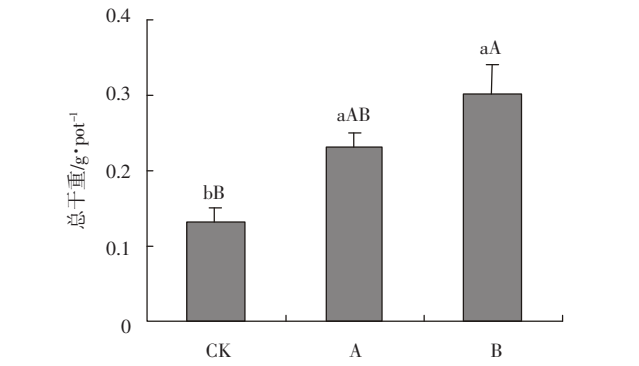


图 1 不同处理对番茄幼苗总干重的影响(平均值±标准误)
Figure 1 Effects of different treatments on the dry weight of continuous-tomato seedlings in the repeated pot experiment.
Values shown are the means±standard error

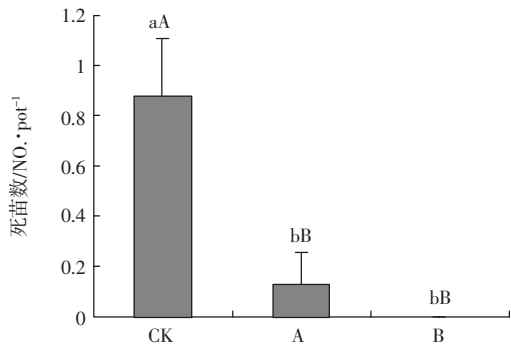


图 2 不同处理对番茄幼苗死苗数的影响(平均值±标准误)

Figure 2 Effects of different treatments on the number of dead continuous-tomato seedlings in the repeated pot experiment.

Values shown are the means±standard error

油酸和棕榈酸处理黄瓜幼苗的株高与对照相比降低了 20.3%，但根干重和根冠比有较大幅度的增加，分别比对照增加了 111.1%和 60%，差异显著或极显著(表 4)。茎粗和幼苗叶片数与对照相比，略有变化，但差异不显著。黄瓜幼苗的株高降低，茎粗增加，表明脂肪酸处理可以起到壮苗的作用。油酸和棕榈酸施入土壤后，黄瓜植株根系生物量有较大幅度的增加，根冠比升高，显著促进了黄瓜幼苗根系的生长。

2.2.2 油酸和棕榈酸对番茄幼苗生长的影响

与对照相比，油酸和棕榈酸处理在一定程度上促进了番茄幼苗的生长，除根冠比外各项生长指标均呈升高的趋势。其中幼苗的茎粗、地上部干重、根干重和总干重分别较对照增加 19.2%、62.2%、101.6%和 97.5%，差异显著(表 5)。

2.3 脂肪酸抑菌性试验

由表 6、表 7 可以看出，棕榈酸极显著地抑制了

病原真菌的菌丝生长和孢子萌发。与对照相比，添加棕榈酸番茄早疫、番茄枯萎、黄瓜炭疽和黄瓜枯萎真菌的菌落直径分别减小了 42.2%、36.2%、52.3%和 40%；黄瓜炭疽和番茄枯萎真菌的孢子萌发完全受到抑制，而黄瓜枯萎病原真菌的孢子萌发率下降 49%。油酸在抑制 4 种病原真菌方面则无明显效果。

3 讨论

本研究通过盆栽和田间苗床试验，发现土壤中添加油酸和棕榈酸可促进幼苗的生长，使幼苗茎粗、生物量等多项生长指标有所增加，并且提高了幼苗的根系活力和壮苗指数，从而有利于壮苗的形成。其中盆栽试验中脂肪酸高量处理对幼苗的生长促进作用更为显著。从抑菌效果来看，棕榈酸能够显著地抑制供试病原真菌的生长。

山东寿光是全国蔬菜生产基地，由于大量且不合理施肥即氮肥、磷肥投入量过大，钾肥投入量过少，导致养分比例极不协调，引发土壤的酸化、盐化、地下水污染、蔬菜体内硝酸盐含量超标等一系列问题^[4]。本试验中，添加油酸和棕榈酸可以显著降低植株体内 Na 和 Cu 的含量，与阮维斌等在连作条件下添加油酸和棕榈酸对黄瓜幼苗影响的研究结果一致^[12]。阮维斌等试验中的供试土壤是盐碱土，本文中供试土壤为褐土。两试验结果说明脂肪酸类物质能够降低植株体内 Na 的含量，具有减少盐胁迫的潜力。同时本试验中番茄地上部 K 的含量也显著增高。普通栽培种黄瓜、番茄属中度盐敏感植物，而作物对盐分最敏感的时期是种子萌发期和幼苗期^[13]。试验中幼苗 Na 含量的降低、K 含量的升高可能会对缓解盐害发挥着积极的作用。

表 4 油酸和棕榈酸对苗床黄瓜幼苗生长的影响

Table 4 Effects of oleic acid and palmitic acid on the growth of continuous-cucumber seedlings in seedbed

项目	株高/cm	茎粗/mm	地上部干重/g·plot ⁻¹	根干重/g·plot ⁻¹	总干重/g·plot ⁻¹	根冠比
对照	15.98±0.69	3.77±0.07	1.87±0.19	0.09±0.01	1.96±0.20	0.05±0.00
处理	12.73±0.80*	3.92±0.06	2.39±0.09	0.19±0.02*	2.57±0.11	0.08±0.01**

注：*、** 分别表示对照和处理间的差异达到显著和极显著水平，下同。

Note: * and ** followed data in the table indicate significant difference at the 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same below.

表 5 油酸和棕榈酸对苗床番茄幼苗生长的影响

Table 5 Effects of oleic acid and palmitic acid on the growth of tomato seedlings in seedbed

项目	株高/cm	茎粗/mm	地上部干重/g·plot ⁻¹	根干重/g·plot ⁻¹	总干重/g·plot ⁻¹	根冠比
对照	8.42±1.04	2.92±0.26	3.86±0.87	0.45±0.10	4.31±0.96	0.12±0.01
处理	11.34±1.93	3.48±0.39*	7.78±1.92*	0.73±0.16*	8.51±2.08*	0.10±0.01

表 6 脂肪酸对病原真菌菌丝生长的抑制作用

Table 6 Effects of fatty acids on mycelial growth of four plant-pathogenic fungi				
脂肪酸	菌落直径/mm			
	番茄早疫	黄瓜炭疽	黄瓜枯萎	番茄枯萎
棕榈酸 0 g·L ⁻¹	45±2.0	44±2.6	55±2.6	47±1.6
	1 g·L ⁻¹	26±2.1**	21±2.5**	33±4.2**
油酸 0 g·L ⁻¹	45±2.0	47±3.2	55±2.6	43±1.5
	1 g·L ⁻¹	41±2.3	42±1.0	51±1.3

注：*、** 分别表示对照和处理间的差异达到显著和极显著水平，下同。菌落直径测量时间为：番茄早疫、番茄枯萎和黄瓜枯萎病菌为 6 d，黄瓜炭疽菌为 12 d。

Note:*、**：Mycelial growth differ at $P\leq0.05$ and $P\leq0.01$, respectively. The same below. Regardless of the type of fatty acids, mycelial growth were measured taken at 6 d for *A. solani*, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* and 12 d for *C.lagenarium*.

表 7 脂肪酸对植物病原真菌孢子萌发的抑制作用

Table 7 Effects of fatty acids on spore germination of three plant-pathogenic fungi			
脂肪酸	孢子萌发/%		
	黄瓜炭疽	黄瓜枯萎	番茄枯萎
棕榈酸 0 g·L ⁻¹	94±0.6	98±1.0	90±1.5
	1 g·L ⁻¹	0±0.0**	50±3.6**
油酸 0 g·L ⁻¹	94±0.6	97±0.7	93±1.0
	1 g·L ⁻¹	92±1.5	98±0.3

注：孢子萌发测量时间为：番茄枯萎病菌 10 h，黄瓜枯萎病菌 13 h，黄瓜炭疽为 8 h。

Note:Regardless of the type of fatty acids, the germinated spores were counted at 10 h for *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, 13 h for *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and 8 h for *C.lagenarium*.

龚红梅等曾报道，外源硬脂酸和亚油酸能够降低大麦幼苗对 Na⁺ 的吸收及其向地上部的运输，增加 K⁺ 的吸收和向地上部的运输，降低根系的电解质渗漏率，且增加 H⁺-ATPase 和 H⁺-PPase (焦磷酸酶) 的活性^[14]。本试验中施用油酸和棕榈酸后，K 的含量升高，同时减少了幼苗对 Na 的吸收。这种作用机制可能与植物根系的 H⁺-ATP 酶活性有关，因为根系对 K⁺ 和 Na⁺ 的选择性吸收和运输过程与质膜上由 ATP 驱动的质子泵有关，从而可以提高钾钠选择性比率(S_{K,Na})^[15]。

油酸和棕榈酸属于天然脂肪酸，许多饼肥中含有大量天然脂肪酸。已有研究表明脂肪酸类物质具有良好的抗菌剂特性。这些脂肪酸能够阻止假丝酵母(*Candida albicans*)以及霍乱弧菌(*Vibrio cholera*)、葡萄球菌(*Staphylococcus*)、链球菌(*Streptococcus*)等细菌的

活性^[16-20]。其中许多中链饱和脂肪酸还具有抗病毒的特性^[21-23]。也有一些研究人员对油酸、棕榈酸等脂肪酸在农业方面的应用进行了研究。Ward 研究结果表明，珊瑚状猴头菌培养物的萃取液有防治土壤病原线虫的作用，利用 GC-MS 进行分析，其主要成分是油酸、亚油酸和棕榈酸^[7]。Walters 等研究表明油酸对终极腐霉(*Pythium ultimum*)和可可丛枝病菌(*Crinipellis perniciosa*)表现出了较明显的抑制作用^[24]。阮维斌研究表明，芝麻饼肥对连作土壤环境中的黄瓜生长有显著的促进作用，经 GC-MS 分析，其主要成分是油酸和棕榈酸，但二者低浓度对黄瓜枯萎和黄瓜炭疽病原菌没有直接的抑制效应^[25]，而本试验证实高浓度下棕榈酸对这两种真菌有抑制效应。虽然抑制作用的详细机理我们还不很清楚，但许多电镜观察表明脂肪酸可以被病原物内吞入胞质中，从而造成细胞质紊乱，细胞膜瓦解，蛋白质合成受阻等一系列效应^[26-29]。本试验中，油酸和棕榈酸处理没有显著抑制作物根部的根结数量，但在促进幼苗生长以及抑制植物病原真菌方面效果显著，进一步证实了脂肪酸类物质在幼苗培育中具有一定的积极作用。鉴于农户通常利用温室中未灭菌的土壤进行粗放育苗，脂肪酸类物质与其他物质的配合使用将有利于幼苗良好的生长。而关于油酸和棕榈酸在促进作物生长以及抑制病原真菌的机理方面，还有待于进一步开展研究。

参考文献：

[1] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
National Agriculture Ministry. Chinese agricultural statistics [M]. Beijing: The Agriculture Press, 2004.

[2] 张福漫. 强化科技创新大力提升我国设施园艺现代化水平 [J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 261-264.
ZHANG Fu-man. Stressing technology innovation, promoting modernization level of protected horticulture [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 37(3): 261- 264.

[3] 吴凤芝, 刘 德, 王东凯, 等. 大棚番茄不同连作年限对根系活力及其品质的影响[J]. 东北农业大学学报, 1997, 28: 33-38.
WU Feng-zhi, LIU De, WANG Dong-kai, et al. The effects of different years of continuous cropping on the vitality of root systems and their qualities in the plastic house tomatoes[J]. *Journal of Northesat Agricultural University*, 1997, 28: 33-38.

[4] 李俊良, 崔德杰, 孟祥霞, 等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(2): 126-129.
LI Jun-liang, CUI De-jie, MENG Xiang-xia, et al. The study of fertilization condition and question in protectorate vegetable in shouguang, shandong[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(2): 126-129.

[5] Vaughn S F, Gardner H W. Lipoxxygenase-derived aldehydes inhibit fungi pathogenic on soybean[J]. *J Chem Ecol*, 1993,19(10): 2337-2345.

[6] Wright M S, Greene-McDowelle D M, Zeringue H J, et al. Effects of volatile aldehydes from *Aspergillus*-resistant varieties of corn on *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin biosynthesis[J]. *Toxicon*, 2000, 38(9): 1215-1223.

[7] Ward W B. The nematode *Caenorhabditis Elegans* Maupos[M]. New York : Cold Spring Harbour Press, 1988.567-573.

[8] 张世祥, 王海明, 黄甫满喜. 番茄壮苗指数与影响因素通径分析[J]. 北方园艺, 1992, 81(2): 17-20.

ZHANG Shi-xiang, WANG Hai-ming, HUANGFU Man-xi. Path analysis between tomato seedling index and its affecting factors[J]. *Northern Horticulture*, 1992, 81 (2): 17-20.

[9] 杨文钰, 李青苗, 马文波. 烯效唑浸种对黄瓜的壮苗效应[J]. 中国蔬菜, 2003, 1: 6-8.

YANG Wen-yu, LI Qing-miao, MA Wen-bo. Effect of soaking seed with uniconazole on high quality seedling of cucumber[J]. *China Vegetables*, 2003, 1: 6-8.

[10] 韩素芹, 王秀峰, 魏 珉, 等. 甜椒穴盘苗壮苗指数及其与苗期性状的相关性研究 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2004, 35(2): 187-190.

HAN Su-Qin, WANG Xiu-Feng, WEI Min, et al. Study of plug seedling index of sweet pepper and relationship between seedling index and characters [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 2004, 35(2): 187-190.

[11] 李 端, 周立刚, 王敬国, 等. 苦豆子提取物对黄瓜和番茄病原菌的抑制作用[J]. 西北植物学报, 2006, 26(3): 558-563.

LI Duan, ZHOU Li-gang, WANG Jing-guo, et al. Inhibitory effects of sophora alopecuroides extract to pathogens on cucumber and tomato[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2006, 26(3): 558-563.

[12] Ruan WB, Wang J, Pan J, et al. Effects of sesame seed cake allelochemicals on the growth cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Jinchun 4) [J]. *Allelopathy Journal*, 2005, 16 (2): 217-226.

[13] 王广印, 周秀梅, 张建伟, 等. 不同黄瓜品种种子萌发期的耐盐性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 299-303.

WANG Guang-yin, ZHOU Xiu-mei, ZHANG Jian-wei, et al. Salt tolerance of cucumber cultivars at germination stage [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2004, 5(3): 299-303.

[14] 龚红梅, 於丙军, 刘友良. 脂肪酸对盐胁迫大麦幼苗液泡膜微囊膜脂组分及功能的影响[J]. 植物学报, 1999, 41 (4): 414-419.

GONG Hong-mei, YU Bing-jun, LIU You-liang. Effects of fatty acids on lipid composition and function of tonoplast vesicles in barley seedlings under salt stress[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41 (4): 414-419.

[15] Marschner H. Part I. Nutritional physiology. [A]//Mineral Nutrition of Higher Plants. Marschner H. (ed) , Academic Press Limited, London. Second edition. 1995.18-30, 406-417, 299-300, 662-665.

[16] Isaacs C E, Thormar H. The role of milk-derived antimicrobial lipids as antiviral and antibacterial agents [J]. *Adv Exp Med Biol*, 1991, 310: 246-256.

[17] Boddie R L, Nickerson S C. Evaluations of post milking teat germicides containing lauricidin, saturated fatty acid and lactic acid [J]. *J Dairy Sci*, 1992, 75: 1725.

[18] Petschow B W, Batema R P, Talbott R D, et al. Impact of medium-chain monoglycerides on intestinal colonisation by *Vibrio cholera* or enterotoxigenic *Escherichia coli*[J]. *J Med Microbiol*, 1998, 47(5): 383-389.

[19] Sadeghi S, Wallace F A, Calder P C. Dietary lipids modify the cytokine response to bacterial lipopolysaccharides in mice[J]. *Immunology*, 1999, 96(3): 404-410.

[20] Seung-Ho O, Howard K. A novel antibacterial agent derived from the C-terminal domain of *Streptococcus mutans* GTPbinding protein [J]. *J Antimicrob Chemother*, 2000, 46: 95-99.

[21] Isaacs C E, Kim K S, Thormar H. Inactivation of enveloped viruses in human bodily fluids by purified lipids[J]. *Ann NY Acad Sci*, 1994, 724: 475-484.

[22] Thormar G, Isaacs C E, Kim K S, et al. Inactivation of visna virus and other enveloped viruses by free fatty acids and monoglycerides [J]. *Ann NY Acad Sci*, 1994, 724: 465-471.

[23] Neyts J, Kristmundsdottir T, De Clercq E, et al. Hydrogels containing monocaprin prevent intravaginal and intracutaneous infections with HSV-2 in mice[J]. *J Med Virol*, 2000,61(1): 107-110.

[24] Walters D, Raynor L, Mitchell A, et al. Antifungal activities of four fatty acids against plant pathogenic fungi [J]. *Mycopathologia*, 2004, 157: 87-90.

[25] 阮维斌, 刘默涵, 潘 洁, 等. 不同饼肥对连作黄瓜生长的影响及其机制初探[J]. 中国农业科学, 2003, 36(12): 1519-1524.

RUAN Wei-bin, LIU Mo-han , PAN Jie, et al. Effect of oil cakes on the growth of cucumber(*Cucumis sativus* L.) under continuous cropping system and its mechanism[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(12): 1519-1524.

[26] Thormar H, Isaacs C E, Brown H R, et al. Inactivation of enveloped viruses and killing of cells by fatty acids and monoglycerides[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 1987, 31: 27-31.

[27] Rayan P, Stenzel D, McDonnell P A. The effects of saturated fatty acids on *Giardia duodenalis* trophozoites in vitro [J]. *Parasitol Res*, 2005, 97: 191-200.

[28] Ved H S, Gustow E, Mahadevan V, et al. Dodecylglycerol. A new type of antibacterial agent which stimulates autolysin activity in *Streptococcus faecium* ATCC 9790[J]. *J Biol Chem*, 1984, 259: 8115-8121.

[29] Ved H S, Gustow E, Pieringer R A. Inhibition of peptidoglycan synthesis of *Streptococcus faecium* ATCC 9790 and *Streptococcus mutans* BHT by the antibacterial agent dodecyl glycerol[J]. *Biosci Rep*, 1984, 4: 659-664.