

麻疯树水浸液对两种经济作物的化感作用研究

马 沅, 陈 放, 王胜华, 王升平

(教育部生物资源和生态环境重点实验室, 四川大学 生命科学院, 四川 成都 610064)

摘 要:以麻疯树种子的萌发率、胚根长度、根活力指数、叶绿素及光合作用作为测量指标, 以化感效应敏感指数 RI 为评价指标, 研究了麻疯树对 2 种经济作物烟草和玉米的化感作用。结果表明: 不同的麻疯树器官水浸液对烟草和玉米的抑制程度不同: 种子>叶>枝。烟草和玉米对低浓度麻疯树水浸液的反应不同: 烟草种子萌发与幼苗生长没有受到明显抑制, 而玉米种子萌发及幼苗生长则受到促进; 玉米地下部分对麻疯树化感物质较地上部分敏感, 烟草则无明显区别。麻疯树水浸液对玉米和烟草幼苗生长的抑制作用在生理上表现为: 抑制光合作用、减少气孔开放和胞间 CO_2 浓度、降低根活力指数和叶绿素含量, 以及种子吸胀过程中的主动吸收, 增强呼吸作用。

关键词: 麻疯树; 玉米; 烟草; 化感作用; 水浸液; 根分泌液
中图分类号: S 565.9; S 572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2009)08—0019—05

如何缓解能源与环境压力, 是当今世界各国都面临的重要课题, 人们正在积极寻找与开发利用可再生的清洁能源以替换石油化石能源。麻疯树抗旱耐瘠、不与粮油作物争地, 是优质的生物柴油资源植物, 极具开发利

用价值^[1]。由于麻疯树含有一些毒性较强的物质, 如 Curcin 和二萜酯等, 它的自然分布常常是分散的^[4]。尽管如此, 许多国家与公司已开始大面积种植麻疯树, 印度于 2003 年启动了一项年产 1.3×10^7 t 生物柴油的麻疯树种植计划^[2]。麻疯树在大面积种植初期即达到盛产期之前 5 年中常常与其它农作物进行间种。在印度, 麻疯树就与番茄、青红椒等一起种植^[3]。植物在自然条件下生存, 往往与其环境的其它生物建立相生相克的互作关系, 即所谓化感作用^[5]。由于化感作用在很大的程度上抑制其他作物的生长, 因此在自然和农业生态系统中受到日益广泛的关注^[6-8]。研究麻疯树对农作物生长发育的影响对于麻疯树套种时物种选择以及生产技术

第一作者简介: 马沅(1984-), 女, 硕士, 现从事植物化感研究。
E-mail: m314a@hotmail.com.
通讯作者: 陈放(1960-), 男, 博士, 教授, 现从事植物天然产物及生物技术研究工作。E-mail: chenfang@scu.edu.cn.
基金项目: 教育部重点基金资助项目(20060610015); 国际合作资助项目(2006DFB63400)。
收稿日期: 2009—03—20

Changes of Activities of Defensive Enzymes in Pepper Leaves Treated with Chito-Oligosaccharide and Inoculated with Powdery Mildew

XIAO Zhong-jiu^{1,2,3}, JIANG Xuan-li^{1,2}, LI Xiao-xia³, ZHANG Su-qin¹

(1. Agriculture College Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025, China; 2. Guizhou University, Key Laboratory of Guizhou Mountainous Agricultural Pest, Guiyang Guizhou 550025, China; 3. Zunyi Normal College, Zunyi Guizhou 563002, China)

Abstract: The changes of activities of defensive enzymes were tested systematically in Zunyi *Capsicum annuum* treated with chito-oligosaccharides and inoculated with *Leveillula taurica* (Lev.) Arn in order to confirm the resistant mechanism of pepper to powdery mildew. The result showed that the activities of polyphenoloxidase (PPO), Peroxidase (POD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) increased apparently compared with contrast plants, and the peaks of activities of PAL and PPO were earlier (inoculated after treated). So there was correlativity between the powdery mildew resistance expression and the increase of activities of defensive enzymes.

Key words: Chito-oligosaccharide; *Leveillula taurica* (Lev.) Arn; Resistance induced; Pepper; Defensive enzymes

方案的制定具有重要实践意义。该研究通过利用麻疯树不同器官的水浸液及根的分泌物处理经济作物烟草及粮食作物玉米的种子,发现麻疯树含有某些未知物质在较高浓度时会抑制其它植物的生长发育。因此,在生产实践过程中要求有一个物种的适应性搭配试验及其相应的栽培措施才能够获得较好的效果。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验受体植物为玉米(*Zea mays* L.)、烟草(*Nicotiana Tabacco* L.)、供体植物麻疯树(*Jatropha curcas*)的种子、叶片和枝条采自四川省凉山州盐源县干热河谷山区。

1.2 麻疯树枝、叶、种子水浸液的制备

1 a 生麻疯树枝条和叶,用自来水轻轻冲洗,在室温晾干 48 h 后用剪刀剪碎(< 2 cm)。称重并量取不同量蒸馏水,使鲜枝、叶量分别为 0.25、0.1、0.025、0.005、0.0025 g/mL。27℃下浸泡 2 d(每隔 4 h 摇动 10 min)后过滤即得到麻疯树枝、叶的水浸液。

选取当年的麻疯树种子,剥去种壳后将种子仁用匀浆仪打碎后按上述方法加蒸馏水获得麻疯树种子的水

浸液。

1.3 麻疯树不同器官水浸液对烟草及玉米的化感作用

将烟草和玉米种子依次用 75% 酒精和 0.3% 高锰酸钾溶液消毒 1 min 和 10 min 后,用蒸馏水冲洗干净。种子经 24 h 变温浸种催芽处理后在铺有石英沙的直径为 15 cm 培养皿中用不同浓度麻疯树枝、叶、种子水浸液各 15 mL 培养,每皿均匀分布 50 粒玉米和烟草种子,每处理重复 3 次。在 27℃ 培养室中光培养 20 d,并及时补充培养溶液。对照处理用蒸馏水替代水浸液外,其他与上同。

1.4 玉米种子吸胀作用及萌发期根生长率的测定

玉米种子用 0.3% 的高锰酸钾消毒 10 min,然后用蒸馏水冲洗干净。将玉米种子分成 6 份,每份 60 颗,分别用不同浓度的麻疯树种子水浸液在 27℃ 培养室浸泡 24 h。空白用蒸馏水代替水浸液,每处理重复 3 次。24 h 后,将每种浓度水浸液浸泡的种子分成 2 份(每份 30 颗)。一份继续用不同浓度麻疯树种子水浸液培养,另一份用蒸馏水培养。空白始终用蒸馏水培养。白天每隔 4 h 观察萌发情况,测量根长度,晚上每隔 10 h 观察一次,培养 132 h 后停止观察。

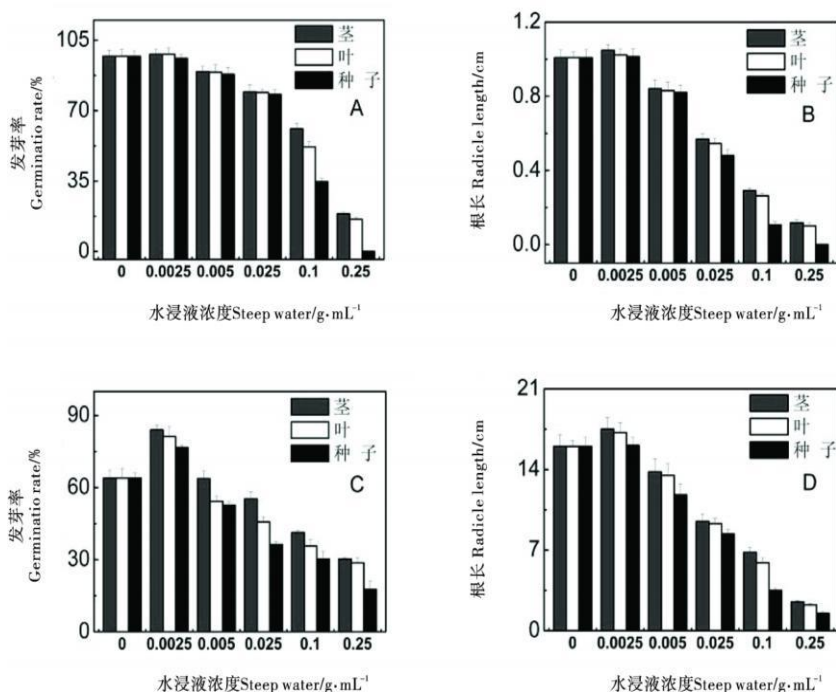


图 1 麻疯树不同浓度、不同器官水浸液对烟草和玉米幼苗发芽率和胚根生长的影响

注: A: 烟草种子发芽率; B: 烟草幼苗胚根长度; C: 玉米种子发芽率; D: 玉米幼苗胚根长度。

Fig. 1 Effects of steep water on corn and tobacco seed germination and radicle length

Note: A: Tobacco seed germination rate; B: Tobacco seedling radicle length; C: Corn seed germination rate; D: Corn seedling radicle length. Radicle Length: the average of three main root seedlings lengths (radicle and root section).

1.5 生理指标的测定

发芽率的测定: 当大部分受体烟草幼苗和玉米幼苗的2片子叶完全展开时(10 d)计算发芽率; 根系长度测定: 以3株苗的主根总长的平均值代表。根活力指数测定用TTC法^[9]; 光合作用和呼吸作用的测定: 光合速率(P_n)、蒸腾速率(Tr)、胞间CO₂浓度(C_i)、气孔导度(G_s)均用英国ADC BioScientific公司的Lci便携式光合仪测定; 叶绿素的测定参照文献^[10]。

2 结果与分析

2.1 麻疯树水浸液对烟草和玉米种子发芽的影响

如图1 A、B所示, 较低浓度的麻疯树各器官水浸液(小于0.005 g/mL)对烟草种子发芽和胚根生长无不良影响; 而较高浓度的水浸液则明显抑制烟草种子发芽和胚根生长, 且抑制作用随着水浸液浓度升高而增大。不同器官相同浓度的水浸液对种子发芽和胚根生长的抑制程度不同, 为种子>叶>枝。

为了进一步考察麻疯树对植物幼苗生长的影响是否具有特异性。又选择了中国西南地区普遍种植的玉米作为试验受体植物, 结果(图1 C、D)表明: 与烟草相似, 麻疯树各器官水浸液在浓度大于0.005 g/mL时明

显抑制种子萌发及胚根生长。但是, 浓度小于0.005 g/mL的麻疯树水浸液明显促进玉米种子萌发及玉米胚根生长。麻疯树枝水浸液起着相同的影响, 但起促进作用的浓度有所上升(图1 D)。不同器官相同浓度的水浸液对玉米种子发芽和胚根生长的抑制程度同样为: 种子>叶>枝。

2.2 麻疯树水浸液及根分泌液对玉米叶片光合速率、气孔导度、蒸腾速率及胞间CO₂浓度的影响

为了揭示麻疯树不同器官水浸液对光合作用的影响, 以玉米为对象测定了净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO₂浓度。净光合速率、气孔导度和胞间CO₂浓度的变化趋势与种子萌发及幼苗叶片反应趋势相类似, 随着不同器官水浸液浓度的增大而减弱, 减弱趋势种子水浸液表现的最为明显(图2 A、C、D)。另一方面, 蒸腾速率却随着不同器官水浸液浓度的增大而增大, 这种促进作用以种子水浸液表现得最明显(图2 B)。结果显示, 低浓度水浸液对光合作用影响不大, 而高浓度水浸液则抑制光合作用, 且抑制作用随着水浸液浓度增加而增强。相同浓度不同器官的水浸液对光合作用抑制程度依次为种子>叶>枝。

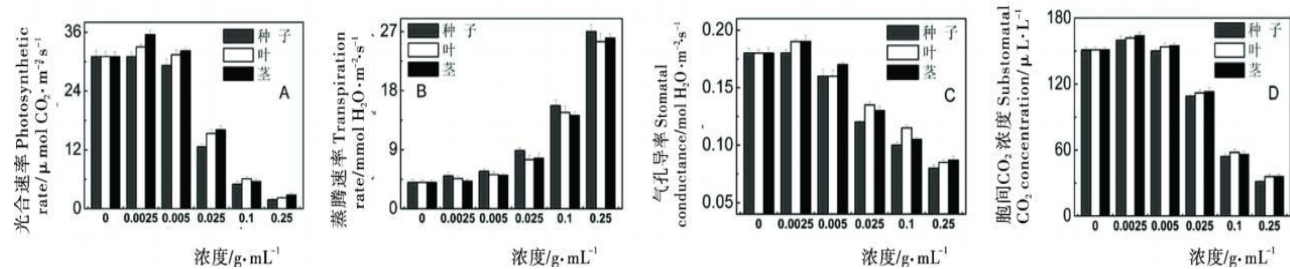


图2 麻疯树各部位水浸液对玉米叶片光合速率、气孔导度、蒸腾速率及胞间CO₂浓度的影响

Fig.2 Effects of aqueous extracts on photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate and substomatal CO₂ concentration

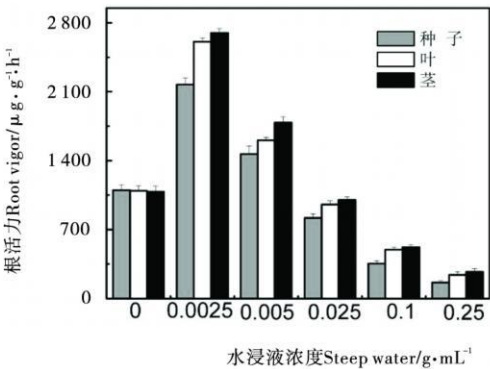


图3 麻疯树不同部位水浸液对根系活力的影响

Fig.3 Effects of aqueous extracts on root vigor

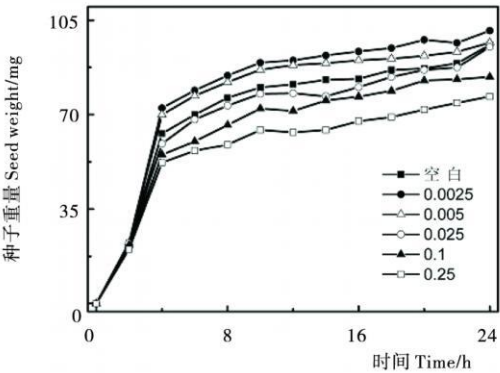


图4 不同浓度麻疯树种子水浸液对玉米种子吸胀作用的影响

Fig.4 Effect of seeds extract concentrations on rate of seed imbibition expressed as increase in seed weight

2.3 不同浓度麻疯树各器官水浸液对玉米幼苗根系活力的影响

如图3, 培养在小于0.005 g/mL的麻疯树不同器官水浸液中的玉米幼苗的根系活力随浓度减小而增强, 且高于空白对照, 可见其对根系活力具有一定的促进作用; 而培养在高于0.025 g/mL的不同器官水浸液中的玉米幼苗根系活力显现随水浸液浓度增大而下降的趋势。而相同浓度的麻疯树不同器官水浸液对玉米根系活力的影响不同, 依次为: 种子>叶>枝。这种趋势与麻疯树水浸液对玉米和烟草的种子发芽、胚根长度、根系生长和光合作用的影响是一致的。

2.4 不同浓度麻疯树种子水浸液对玉米吸胀和萌发期的影响

由图4可以看出, 整个吸胀过程可以分为3个阶段: 在玉米种子开始浸泡的前2 h(P1), 玉米种子在不同浓度的麻疯树种子水浸液中吸胀速率基本一致, 没有受到麻疯树种子水浸液的影响; 玉米种子在浸泡2~4 h(P2)吸水最快, 且不同浓度水浸液中的吸胀速率不同, 随着种子水浸液浓度的升高降低; 而在4 h后(P3), 吸胀速率开始减慢, 不同浓度种子水浸液浸泡的玉米种子吸胀速率有显著差异, $0.0025 \text{ g/mL} > 0.005 \text{ g/mL} > \text{空白} > 0.025 \text{ g/mL} > 0.1 \text{ g/mL} > 0.25 \text{ g/mL}$ 。可见其规律也同上文叙述试验相似, 低浓度促进玉米种子吸水膨胀, 高浓度则抑制玉米种子的吸胀作用。

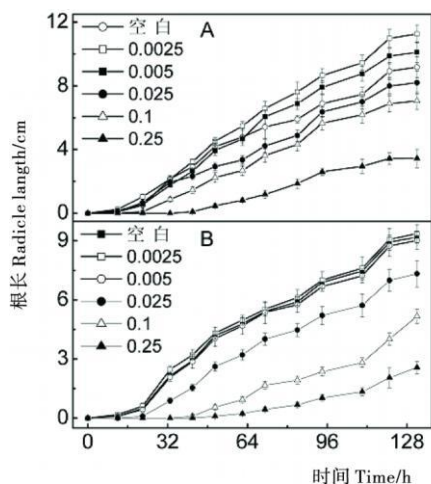


图5 用不同浓度麻疯树种子水浸液浸泡玉米种子24 h后分别培养

注: A是浸种24 h后用蒸馏水培养, 空白为用蒸馏水浸种后用蒸馏水培养; B是浸种24 h后仍用不同浓度麻疯树种子水浸液培养, 空白为用蒸馏水浸种后用蒸馏水培养。

Fig.5 Effect of *J. caucius* seed extract on the root growth of corn seedling

Note: A: Corn seeds germinated in deionized water after soaked in *J. caucius* seed extract for 24 h; B: Corn seeds germinated in *J. caucius* seed extracts after soaked in *J. caucius* seed extract for 24. The control was soaked and germinated in deionized water.

图5显示, 一直用麻疯树种子水浸液培养的玉米幼苗明显比浸种24 h后改用蒸馏水培养的玉米幼苗受到更大抑制。在图5A中显示, 玉米幼苗的根生长率在水浸液浓度大于0.005 g/mL时受到抑制, 而图5B中玉米幼苗的根生长率则在大于0.0025 g/mL的浓度才受到抑制。

2.5 不同浓度麻疯树种子水浸液对玉米幼苗叶绿素的影响

由图6可以看出, 当麻疯树种子水浸液浓度小于0.005 g/mL时, 叶绿素b含量急剧下降, 而这种趋势在水浸液浓度大于0.025 g/mL后趋于平缓。而小于0.005 g/mL低浓度的麻疯树种子水浸液处理下的叶绿素a含量明显高于空白处理, 并随着水浸液浓度的增大而减小。

3 结论与讨论

该研究利用麻疯树不同器官的水浸液揭示了对玉米和烟草的化感作用。

麻疯树对烟草、玉米种子的萌发和幼苗的生长都有抑制作用, 其作用特点为不同器官的水浸液抑制程度不同。麻疯树种子内含有较多的化感抑制物, 枝条相对较少。烟草与玉米对麻疯树水浸液的反应不同, 表现为烟草在较低浓度的水浸液下种子萌发与幼苗生长没有明显的抑制, 而玉米则表现低浓度水浸液促进种子萌发及幼苗生长。玉米地下部分对麻疯树化感物质较地上部分敏感, 烟草则无明显区别。

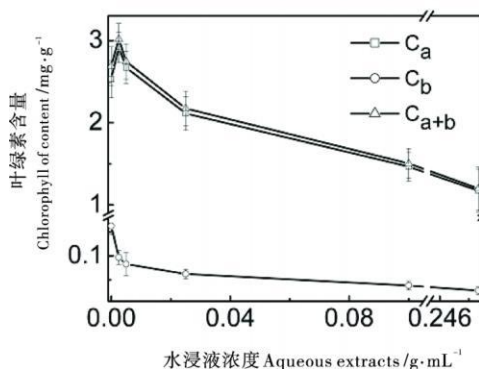


图6 不同浓度麻疯树种子水浸液对玉米幼苗叶绿素的影响

Fig.6 The effect of aqueous extracts on chlorophyll of corn seedling leaves

麻疯树水浸液对玉米种子萌发阶段的被动吸收(P1)没有明显影响, 但对主动吸收(P2)有显著的抑制作用, 表现为P2阶段玉米种子的吸胀速率明显降低, 并且随着麻疯树种子水浸液浓度的升高而降低。说明了麻疯树水浸液中可能含有某种物质能抑制玉米种子的代谢活动, 因此对主动吸收有显著抑制而对被动吸收影响不明显。

麻疯树水浸液对玉米和烟草幼苗生长的抑制作用在生理上表现为,抑制气孔的运动,使得气孔开放程度减小,导致气孔阻力增大和胞间 CO₂ 浓度减小,并且导致幼苗叶片中叶绿素含量减少,从而光合作用受到阻碍。玉米幼苗得不到足够的营养而最终死亡。另一方面,麻疯树水浸液增强叶片的蒸腾强度,导致叶片失水萎蔫。麻疯树水浸液对氧化还原活性的抑制致使根系活性下降,影响根系生长发育。从而表现出麻疯树水浸液中含有的化感物质可能多方面的影响植物的代谢活动。

化感作用是植物相互作用的普遍现象,通过化感抑制其他植物的生长发育,使得自身取得较多的生活空间,有利于自身的物种的繁衍。有资料显示:豆类植物在其鲜样水浸液浓度达到 1% 时才会对番茄等植物表现出抑制作用^[11];铁线草和阿拉伯高粮在干样水浸液达到 2% 时对玉米产生抑制作用^[12];麻疯树水浸液表现的化感抑制作用较强。然而麻疯树中的化感物质的性质及其作用的机制有待进一步研究。

综上所述,作为麻疯树的套种作物,玉米较烟草要合适,但在生产中需要与麻疯树保持一定的距离,以便麻疯树分泌的化感抑制物质的浓度充分降低。同时还应注意适时地拾去散落的枝条叶片,以减少玉米等农作物生长发育受麻疯树化感抑制物质的抑制作用。

参考文献

[1] Openshaw K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant unfulfilled promise[J]. *Biomass Bioenergy*, 2000, 19: 1-15.

[2] *Jatropha World. Promoting faming for future fuel* [EB/OL]. (2008-08-13)[2008-12-13]. http://www.jatrophabiodiesel.org/indianPrograms.php?_divid=menu5.
[3] *Jatropha World. Promoting faming for future fuel* [EB/OL]. (2008-08-13)[2008-12-13]. http://www.jatrophabiodiesel.org/intercropping.php?_divid=menu3.
[4] Makkar H, Becher K, Sporer F. Studies on nutritive potentiao and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*[J]. *J Agri Food Chem*, 1997, 45: 3152-3157.
[5] Rice E L. *Allelopaty*[M]. 2nd Ed. Orlando, USA: Academic Press, 1984.
[6] Rimando A M, Dayan F E, Czamota M A, et al. A new photosystem II electron transfer inhibitor from *Sorghum bicolor*[J]. *J. of Natural Products*, 1998, 61: 927-930.
[7] Komer S, Nicklisch A. Allelopathic growth inhibition of selected phytoplankton species by submerged macrophytes[J]. *J. of Phycology*, 2002, 38: 862-870.
[8] Leu E, Krieger L A, Goussias C, et al. Polyphenolic allelochemicals from the aquatic angiosperm *Myriophyllum spicatum* inhibit photosystem II [J]. *Plant Physiology*, 2002, 130: 2011-2018.
[9] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 39-41.
[10] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts[J]. *Polyphenoloxidase in Beta vulgaris*. *Plant Physiol*, 1949, 24: 1-15.
[11] Arturo J. The use of allelopathic legume cover and mulch spodes for weed control in cropping system[J]. *Agron J*, 2001, 93: 27-36.
[12] Ioannis V. Allelopathic potential of *Bermudagrass* and *Johnsongrass* and their interference with Cotton and Corn[J]. *Allelopathy J*, 2005, 97: 303-313.

Allelopathy of *Jatropha Curcas* Water Extracts on Econmic Crops

MA Yuan, WANG Shen-ping, WANG Sheng-hua, CHEN Fang

(Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment, Ministry of Education, College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064, China)

Abstract: *Jatropha curcas* which can be used to make biodiesel is widely planted. It is necessary to study the allelopathy of *J. curcas* on other plants in order to increase land utility efficiency and economic incomes. The allelopathy of *J. curcas* on tobacco and corn was measured by seedlings' germination, length of root, root activity, content of chorophyll and photosynthesis. The result showed that the inhibitive degree of aqueous extracts of different part of *J. curcas* was seeds>leaves>branches. The aquaous extracts of different parts of *J. curcas* of low concentration was not apparently inhibited seedlings' growth of tabacco. But the seedlings' growth of corn was prompted by aqueous extracts of low concentration. The underground part of corn seedlings was more sensitive than the part on the ground to the allelopathy of *J. curcas*, but the seedlings of tobacco showed no such obvious difference. The physical inhibition of aqueous extracts to the seedlings of corn and tobacco was showed as restraining photosynthesis, root activities, imbibition of seeds, chlorophyll content, but enhancing transpiration.

Key words: *J. curcas*; Corn; Tobacco; Allelopathic effect; Aqueous extracts; Root secretion