



大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发和幼苗生长的化感效应

赵红, 王婷, 余李

(上饶师范学院 生命科学院, 江西 上饶 334000)

摘要:为探明大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发和幼苗生长的化感作用,通过对大豆种子进行不同质量浓度(0, 20, 40, 80, 100 g·L⁻¹)大蒜鳞茎浸提液的处理,测定不同处理的发芽率、发芽势、发芽指数、根长、下胚轴长、植株鲜重、SOD活性、POD活性、CAT活性和MDA含量,并计算化感效应指数以及综合化感效应,探明大蒜鳞茎浸提液对大豆的化感效应。结果表明:大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发及幼苗生长呈现低浓度促进、高浓度抑制的双重化感效应。浸提液质量浓度为20~40 g·L⁻¹时,对大豆种子萌发及幼苗生长具有一定的促进作用,SOD和CAT活性显著上升,MDA含量变化不大;浸提液质量浓度为80~100 g·L⁻¹时,对大豆种子和幼苗表现出明显的抑制作用,SOD和POD活性开始下降,MDA含量显著增加。此外,大豆种子萌发及幼苗生长的各项指标对大蒜化感物质的敏感程度不同,以对根长的化感作用较为敏感,可作为衡量大蒜对大豆化感作用的评价指标。

关键词:大蒜;化感效应;大豆;种子萌发;幼苗生长

Allelopathic Effects of Garlic Bulb Aqueous Extracts on Seed Germination and Seedling Growth of Soybean

ZHAO Hong, WANG Ting, YU Li

(Life Science College, Shangrao Normal University, Shangrao 334000, China)

Abstract: In order to explore allelopathic effects of garlic bulb aqueous extracts on soybean, the germination rate, germination potential, germination index, root length, hypocotyl length, plant fresh weight, POD activity, SOD activity, CAT activity and MDA content of soybean under different concentrations (0, 20, 40, 80, 100 g·L⁻¹) treatment of garlic bulb aqueous extracts were determined. Allelopathic effect index and synthetic allelopathic effect were calculated. The results showed that: The garlic bulb aqueous extracts had double allelopathic effects on seed germination and seedling growth of soybean, that promoted it at low concentration and inhibited it at high concentration. When the concentration of the garlic bulb aqueous extracts was 20~40 g·L⁻¹, the seed germination and seedling growth of soybean could be promoted, SOD activity and CAT activity were significantly increased, but MDA content had no obvious change. Under the concentration of extracts of 80~100 g·L⁻¹, it showed obvious inhibitory effect on seed germination and seedling growth, the activity of SOD and POD began to decrease, and MDA content was increased significantly. Besides, indexes of seed germination and seedling growth of soybean showed different sensitivity to garlic allelochemicals. Root length was more sensitive to garlic bulb aqueous extracts, which could be used as an index to measure the allelopathy of garlic to soybean.

Keywords: Garlic; Allelopathic effect; Soybean; Seed germination; Seedling growth

植物化感作用是指植物通过向周围环境中释放化学物质影响邻近植物生长发育的化学生态学现象。通过靶标植物的存在,诱导了供体植物体内化感物质合成相关基因的表达,并在供体内积累化感物质,最后由根系等途径源源不断地释放到环境,从而引发化感作用^[1]。一些蔬菜与大蒜间套轮作,可减轻病虫害和生理性病害的发生,野生蒜在草本植物群体中通过抑制周围植物生长成为一种

优势种群的现象也被人们发现,这些现象都是大蒜化感作用的体现^[2]。大蒜化感物质可以通过影响受体基础代谢途径中一些关键酶或活性物质来影响受体呼吸作用、光合作用和生长相关的调节系统等,对受体种子萌发及幼苗生长造成一定的影响^[2]。化感作用是绝大多数植物栽培过程中产生连作障碍的重要因子之一^[3]。大蒜化感作用问题已引起了许多学者的关注,因此,通过确立大蒜与

收稿日期:2019-01-29

基金项目:江西省教育厅科技项目(GJJ161054)。

第一作者简介:赵红(1966-),女,硕士,高级实验师,主要从事植物营养与植物生理的教学及科研工作。E-mail: 1024zhaohong@163.com。

其它作物之间存在的化感作用关系,尽可能避免大蒜化感作用的有害影响,利用其有益作用,合理规划田间作物栽培模式^[2]。前人已经研究了大蒜植株浸提液、根系分泌物及秸秆水浸液对番茄、辣椒、黄瓜、莴苣等蔬菜的化感作用^[4-6],也证明了大蒜鳞茎浸提液对芥菜^[7]、甘蓝^[8]、空心菜^[9]的化感效应。大蒜套种大豆是一种农业生产中普遍推广的高产栽培技术^[10-11],该技术成本低、产量高、效益可观,可极大的提高土地和光能利用率。但是在大蒜套种大豆的栽培模式下,大蒜是否会对大豆产生化感作用却未见报道,因此,本试验通过不同浓度的大蒜鳞茎浸提液研究大豆种子萌发、幼苗生长及抗氧化酶活性,探明大蒜鳞茎对大豆是否具有化感效应及其可能的作用机制,以期为进一步研究大蒜化感作用及发展大蒜与大豆间套种栽培模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供体材料为大蒜(白皮蒜),受体植物为大豆(石豆1号),大蒜与大豆均购于江西上饶市种子市场。

1.2 方法

1.2.1 浸提液的制备 选取新鲜大蒜鳞茎,剥皮去茎盘,准确称量 100 g 大蒜鳞茎,置研钵中将其研磨成泥状后,转移至烧杯中,加入 1 L 蒸馏水,浸泡 48 h,期间多次搅拌,用滤纸过滤获得质量浓度为 100 g·L⁻¹ 大蒜鳞茎浸提液母液,再用蒸馏水稀释成 20,40,80 g·L⁻¹ 的浸提液备用。

1.2.2 大豆种子萌发试验 选取籽粒饱满、均匀的大豆种子,首先用 1% 次氯酸钠溶液消毒 3 min,用蒸馏水冲洗数次后,浸种 24 h,分别取质量浓度为 0,20,40,80,100 g·L⁻¹ 大蒜鳞茎浸提液 15 mL,加入到直径为 9 cm 铺有 2 层滤纸的培养皿中,每皿播 40 粒大豆种子,以蒸馏水为对照,共设 5 个处理,重复 3 次,室温条件下培养。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 大豆种子萌发及幼苗生长量测定 每天观察记录种子发芽数,培养至第 7 天,计数结束,计算种子发芽率、发芽势及发芽指数^[12],培养至第 10 天,在每个培养皿中选择 10 株有代表性的植株,分别测定其胚根长、下胚轴长及植株鲜重。

1.3.2 抗氧化酶活性测定 将上述选取的 10 株有代表性的植株,取幼苗下胚轴部分进行抗氧化酶活

性及丙二醛含量的测定。采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性,硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MAD)含量^[13],紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT)活性^[14]。

1.3.3 化感效应指数(RI)与综合化感效应(SE)的计算 化感效应指数(RI)参照 Williamson 等^[4-5]的方法。即:当 T≥C 时,RI = 1 - C/T;当 T < C 时,RI = T/C - 1,其中 C 为对照值,T 为处理值,RI > 0 表示起促进作用,RI < 0 表示起抑制作用,RI 绝对值的大小表示化感作用强度。综合化感效应(SE)为发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长、下胚轴长、植株鲜重的化感效应指数的算术平均值^[15]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 对数据进行处理,利用 SPSS 13.0 进行方差分析,并用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发的影响

由表 1 可知,随着大蒜鳞茎浸提液质量浓度的增加,大豆种子的发芽率、发芽势及发芽指数表现为低浓度上升,高浓度下降的现象。浓度为 20 ~ 40 g·L⁻¹ 时,化感效应指数均为正值,大蒜对大豆种子 3 项萌发指标有轻微的促进作用,且与对照相比差异不显著。浓度为 80 ~ 100 g·L⁻¹ 时,化感效应指数都是负值,表现为抑制作用,其中浓度为 80 g·L⁻¹ 时,发芽率及发芽势与对照相比,差异不显著,发芽指数显著低于对照,而浓度为 100 g·L⁻¹ 时,3 项萌发指标均显著低于对照。由表 1 还可看出,不同浓度大蒜鳞茎浸提液处理大豆种子,所得发芽率、发芽势及发芽指数的平均化感效应指数均为负值,表现为抑制作用,所产生的化感抑制效应顺序为发芽指数 > 发芽势 > 发芽率。

2.2 大蒜鳞茎浸提液对大豆幼苗生长的影响

从表 2 的数据可以看出,随着大蒜鳞茎浸提液质量浓度的增加,大豆根长、下胚轴长及植株鲜重呈先升后降趋势,说明浸提液对以上 3 项指标的化感效应均是由促进转化为抑制。浓度为 20 g·L⁻¹ 时,3 项指标分别较对照增加了 26.23%、15.37%、13.33%,且根长和下胚轴长与对照相比差异显著;浓度为 100 g·L⁻¹ 时,3 项指标分别比对照显著下降了 63.70%、49.16%、30.83%。大蒜鳞茎浸提液对大豆根长的化感抑制作用较强,在浓度为 40 g·L⁻¹

时即表现为抑制效应,而对下胚轴长和植株鲜重分别在浓度为 80 g·L⁻¹和 100 g·L⁻¹才表现为抑制作用。综合比较大蒜鳞茎浸提液对大豆幼苗根长、下胚轴长及植株鲜重的平均化感效应指数均为负值,

总体呈现抑制作用,化感抑制效应顺序为根长>下胚轴长>植株鲜重。说明大蒜鳞茎浸提液对大豆根系的化感抑制效应明显高于地上部分。

表 1 大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发的影响

Table 1 Effect of garlic bulb aqueous extracts on soybean seed germination

浸提液浓度 Concentration of extract /(g·L ⁻¹)	发芽率		发芽势		发芽指数	
	Germination rate		Germination potential		Germination index	
	测定值 Measured value/%	化感效应 指数 RI	测定值 Measured value/%	化感效应 指数 RI	测定值 Measured value	化感效应 指数 RI
0	68.42 ± 7.07 ab	—	30.61 ± 1.57 ab	—	12.67 ± 1.16 a	—
20	78.00 ± 2.43 a	0.123	34.18 ± 2.72 a	0.104	14.45 ± 1.26 a	0.123
40	70.92 ± 5.67 a	0.035	31.22 ± 3.48 ab	0.020	13.33 ± 1.21 a	0.050
80	57.89 ± 6.28 b	-0.154	26.34 ± 2.88 b	-0.139	10.20 ± 0.74 b	-0.195
100	40.00 ± 7.26 c	-0.415	18.09 ± 3.52 c	-0.409	7.12 ± 0.61 c	-0.438
平均 Mean	—	-0.103	—	-0.106	—	-0.115

表 2 大蒜鳞茎浸提液对大豆幼苗生长的影响

Table 2 Effect of garlic bulb aqueous extracts on soybean seedling growth

浸提液浓度 Concentration of extract /(g·L ⁻¹)	根长		下胚轴长		植株鲜重	
	Root length		Hypocotyl length		Plant fresh weight	
	测定值 Measured value/%	化感效应 指数 RI	测定值 Measured value/%	化感效应 指数 RI	测定值 Measured value	化感效应 指数 RI
0	4.27 ± 0.48 b	—	5.92 ± 0.45 b	—	1.20 ± 0.12 a	—
20	5.39 ± 0.51 a	0.208	6.83 ± 0.43 a	0.133	1.36 ± 0.14 a	0.118
40	3.96 ± 0.25 b	-0.073	6.39 ± 0.37 ab	0.074	1.28 ± 0.32 a	0.063
80	2.82 ± 0.20 c	-0.340	4.66 ± 0.51 c	-0.213	1.21 ± 0.15 a	0.008
100	1.55 ± 0.35 d	-0.637	3.01 ± 0.28 d	-0.492	0.83 ± 0.08 b	-0.308
平均 Mean	—	-0.211	—	-0.125	—	-0.030

2.3 大蒜鳞茎浸提液对大豆的综合化感效应

综合化感效应的绝对值反映了某质量浓度的化感物质对受体植物的化感作用强度。图 1 表明,大蒜鳞茎浸提液浓度为 20 ~ 40 g·L⁻¹时,综合化感效应值分别为 0.135,0.028,均具有促进作用,而在浓度为为 80 ~ 100 g·L⁻¹时,综合化感效应值分别是 -0.175, -0.450,则表现为抑制效应,因此,大蒜鳞茎浸提液对大豆种子萌发及幼苗生长呈现低促高抑的双重化感效应,且高浓度浸提液对大豆的化感作用强于低浓度浸提液的化感作用。

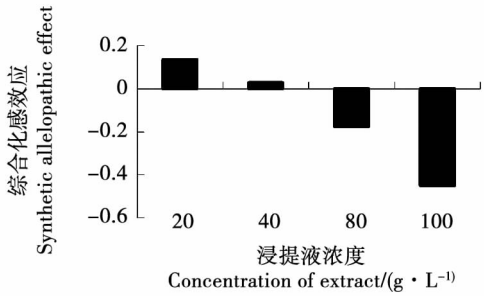


图 1 大蒜鳞茎浸提液对大豆的综合化感效应

Fig. 1 The synthetic allelopathic effect(SE) of garlic bulb aqueous extracts on soybean

2.4 大蒜鳞茎浸提液对大豆幼苗抗氧化酶活性的影响

由图 2、3 可知,随着大蒜鳞茎浸提液质量浓度的上升, SOD、POD、CAT 活性的变化呈倒“V”型,而 MDA 含量的变化却呈“V”型,但这 4 个生理指标的变化趋势却是不尽相同的。图 2 显示,当大蒜鳞茎

浸提液浓度为 20 g·L⁻¹时, SOD、POD 活性达到峰值,显著高于对照;在浓度为 40~80 g·L⁻¹时,除浓度为 40 g·L⁻¹时 SOD 活性显著高于对照外, SOD、POD 活性与对照相比均差异不显著;当浓度为 100 g·L⁻¹时, SOD、POD 活性均显著低于对照。

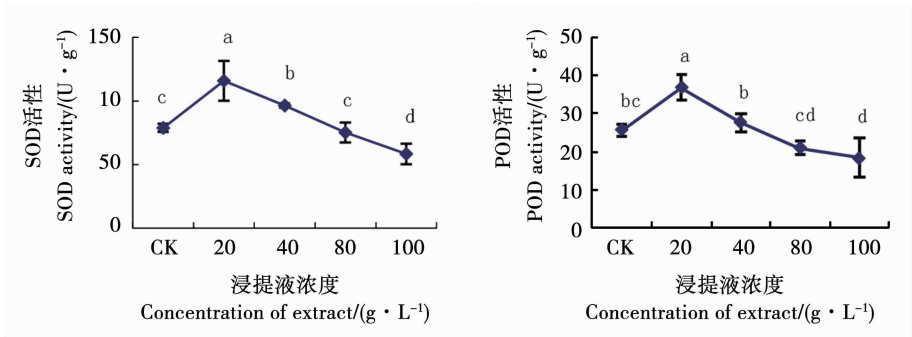


图 2 大蒜鳞茎浸提液对大豆下胚轴 SOD 活性及 POD 活性的影响
Fig. 2 Effect of garlic bulb aqueous extracts on SOD and POD activity of soybean hypocotyl

图 3 显示,当大蒜鳞茎浸提液浓度为 20~80 g·L⁻¹时, CAT 活性均显著高于对照,而当浓度为 100 g·L⁻¹时,仍然高于对照,但与对照之间差异不显著。当浓度为 20 g·L⁻¹时, MDA 含量为最低值,

且与对照之间差异不显著;浓度为 40~100 g·L⁻¹时,随着浓度的上升, MDA 含量逐渐增加,其中在浓度为 80~100 g·L⁻¹时, MDA 含量均显著高于对照。

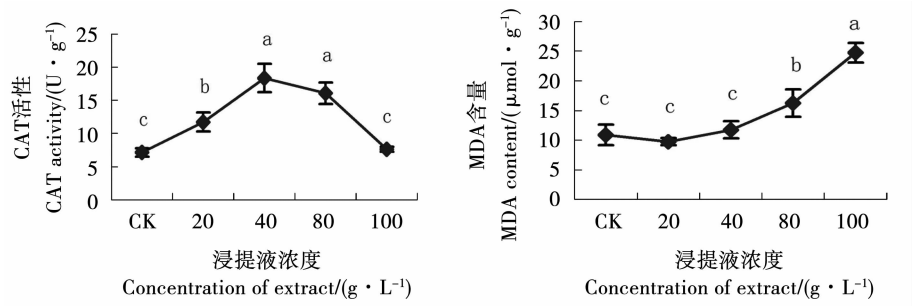


图 3 大蒜鳞茎浸提液对大豆下胚轴 CAT 活性及 MDA 含量的影响
Fig. 3 Effect of garlic bulb aqueous extracts on CAT activity and MDA content of soybean hypocotyl

3 讨论

本试验结果显示,低浓度大蒜鳞茎浸提液对大豆的发芽率、发芽势、发芽指数、根长、下胚轴长及植株鲜重均有一定的化感促进效应,高浓度浸提液则表现出明显的化感抑制效应。前人研究表明,大蒜鳞茎浸提液对不同受体植物产生的化感效应不尽相同,但都具有低促进高抑制的现象^[9,16],本试验结果与之相同。

植物体内活性氧主要是通过抗氧化酶系统清除的,其中 SOD 能将超氧阴离子自由基转化为 H₂O₂,然后通过 POD 和 CAT 进一步转化为 H₂O,只有这二者协调一致,植物体内活性氧自由基才能处于较低水平,植物才能正常的生长发育。本研究结

果表明,大蒜鳞茎浸提液浓度为 20~40 g·L⁻¹时,大豆受到大蒜鳞茎释放的化感物质影响后,体内过氧化产物上升,从而诱导了体内 SOD、POD 及 CAT 活性明显增强,清除大豆体内产生的大量活性氧自由基,使 MDA 含量与对照差异不显著,细胞膜脂未受损伤,说明大蒜鳞茎释放的化感物质浓度较低对大豆无毒害作用,大豆能正常生长,甚至化感物质对大豆生长还有促进作用;但大豆这种应激机制是在一定程度内发挥作用的,当大蒜鳞茎浸提液浓度为 80~100 g·L⁻¹时,由于大蒜鳞茎释放的化感物质浓度加重,虽然 CAT 活性仍在上升,但 SOD、POD 活性已开始下降,特别在浓度为 100 g·L⁻¹时, SOD、POD 活性与对照相比显著降低,使得大豆体内产生的大量超氧阴离子自由基无法清除,造成活性氧累积,

细胞膜脂过氧化加剧,导致MDA含量迅速上升,说明大蒜鳞茎释放的化感物质浓度较高对大豆有毒害作用,大豆生长受到抑制,此结论与曾凯等^[17]的研究结论类似。由此证明,大蒜与大豆套种中,大蒜鳞茎会产生化感物质,并且会对大豆种子萌发及幼苗生长产生影响。在生产实践中应注意和充分利用大蒜的化感效应,尽可能地避免大蒜化感抑制效应的发生,利用它的有益影响。大蒜套种大豆应实施合理搭配的栽培制度,使大蒜作为大豆的套种植物能够促进大豆生长发育。

耿广东等^[18]研究认为化感物质对根部的影响远大于地上部,这可能是由于化感物质主要集中在根部,向上运输较少所致,本试验结果与之类似。从表1、2可知,大豆种子萌发的发芽率、发芽势及发芽指数平均化感效应指数分别为-0.103, -0.106和-0.115,算术平均值是-0.108,而幼苗生长的根长、下胚轴长及植株鲜重平均化感效应指数分别为-0.211, -0.125和-0.030,算术平均值是-0.122,说明大豆对大蒜化感物质幼苗生长阶段比萌发阶段更敏感,这与耿广东等^[18]的研究结论也是一致的。本试验数据还显示,根长化感效应指数的绝对值最大,因此根长可作为衡量大豆对大蒜化感物质最敏感的指标。

张志勇等^[19]研究显示,40 g·L⁻¹大蒜鳞茎浸提液对4个菜豆品种的种子萌发和幼苗生长存在显著的化感抑制效应,本研究结果与之不同,在此浓度时大蒜对大豆的综合化感效应值是0.028,显示为轻微的化感促进作用;当浸提液浓度大于40 g·L⁻¹时,才表现出明显的化感抑制效应。说明虽然大豆和菜豆都是豆科植物,但大蒜产生的化感物质对大豆化感抑制作用的浓度与菜豆相比可能更高,在大豆与菜豆2类豆科植物中,大蒜可能更适合与大豆套种。从本试验结果分析来看,大蒜能够与大豆套种,但因为大蒜对大豆具有双重化感效应,这2类作物在套种时的种植比例仍是今后在农业生产中需要研究的内容。大蒜植株不同部位均有一定的化感作用,包括大蒜鳞茎提取液、大蒜根系分泌物、大蒜秸秆浸提物以及腐解物等^[2],而本试验仅研究了大蒜鳞茎提取液对大豆的化感效应,因此大蒜其它部位对大豆的化感效应还有待于今后进一步研究。

4 结 论

随着大蒜鳞茎浸提液浓度的升高,大豆种子萌发和幼苗生长呈现低浓度促进、高浓度抑制的双重化感效应,高浓度浸提液对大豆的化感作用强于低浓度浸提液的化感作用。当浸提液质量浓度为20 ~

40 g·L⁻¹时,对大豆种子发芽率、发芽势、发芽指数及幼苗根长、下胚轴长、植物鲜重具有一定的促进作用,SOD和CAT活性显著上升,POD活性也高于对照,MDA含量变化不大;当浸提液质量浓度为80 ~ 100 g·L⁻¹时,对大豆种子萌发和幼苗生长表现出明显的抑制作用,虽然CAT活性仍然高于对照,但SOD和POD活性开始下降,MDA含量显著增加。

参考文献

[1] 王建华,陈婷,林文雄. 植物化感作用类型及其在农业中的应用[J]. 中国生态农业学报,2013,21(10):1173-1183. (Wang J H, Chen T, Lin W X. Plant allelopathy types and their application in agriculture[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(10):1173-1183.)

[2] 丁海燕,程智慧. 大蒜化感作用及其利用研究进展[J]. 中国蔬菜,2014(9):11-16. (Ding H Y, Cheng Z H. Research progress on garlic allelopathy and its utilization[J]. China Vegetables, 2014(9):11-16.)

[3] 董林林,李振东,王倩. 大蒜鳞茎浸提液对黄瓜幼苗的化感作用[J]. 华北农学报,2008,23(增刊):47-50. (Dong L L, Li Z D, Wang Q. Allelopathy of garlic bulb aqueous extracts on cucumber seedling growth[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(Suppl.):47-50.)

[4] 王春会,程智慧,牛青,等. 大蒜植株超声波浸提液对不同受体蔬菜的化感作用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(7):103-109. (Wang C H, Cheng Z H, Niu Q, et al. Allelopathy of ultrasonic extract of garlic plant on different receiver vegetable crops[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2009,37(7):103-109.)

[5] 周艳丽,程智慧,孟焕文. 大蒜根系分泌物对不同受体蔬菜的化感作用[J]. 应用生态学报,2007,18(1):81-86. (Zhou Y L, Cheng Z H, Meng H W. Allelopathy of garlic root exudates on different receiver vegetables[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007,18(1):81-86.)

[6] 刘素慧,徐金强,刘庆涛,等. 大蒜秸秆水浸液化感作用的研究[J]. 北方园艺,2015(9):10-13. (Liu S H, Xu J Q, Liu Q T, et al. Study of allelopathy on straw aqueous extracts of garlic (*Allium sativum* L.)[J]. Northern Horticulture, 2015(9):10-13.)

[7] 王姣,邵贵芳,赵凯,等. 大蒜鳞茎浸提液对花叶芥菜化感作用的初步研究[J]. 湖南生态科学学报,2017,4(2):15-19. (Wang J, Shao G F, Zhao K, et al. Preliminary study on allelopathy of the extracts from *Allium sativum* L. bulbs on brassica juncea[J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2017,4(2):15-19.)

[8] 孙敏,姚海燕,任旭琴,等. 凹土对甘蓝的大蒜鳞茎浸提液化感胁迫的缓解效应[J]. 北方园艺,2016(24):31-34. (Sun M, Yao H Y, Ren X Q, et al. Relieved allelopathy effect of attapulgit for garlic bulb aqueous extracts on cabbage[J]. Northern Horticulture,2016(24):31-34.)

[9] 王薇薇,郭军,郑佳秋,等. 大蒜鳞茎水浸提液的化感作用评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):91-94. (Wang W W, Guo J, Zheng J Q, et al. Evaluation of allelopathy on aqueous extracts of garlic bulb[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018,46(1):

- 91-94.)
- [10] 王晓娟. 北方寒地黑土大蒜套种大豆优质高效栽培技术[J]. 农业开发与装备, 2015(4):123. (Wang X J. High quality and efficient cultivation technique on garlic and soybean intercropping system in black soil of north cold region[J]. Agricultural Development and Equipment, 2015(4):123.)
- [11] 周福亮, 高志强. 大蒜-大豆套种优质高效栽培技术[J]. 现代农业科技, 2009(17):93. (Zhou F L, Gao Z Q. High quality and efficient cultivation technique on garlic and soybean intercropping system[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2009(17):93.)
- [12] 赵红, 王艾平, 罗朝晖, 等. 废电池液对大豆种子萌发及贮藏物质变化的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(3):536-539. (Zhao H, Wang A P, Luo Z H, et al. Effects of waste battery liquid on seed germination and changes in storage substance of soybean[J]. Soybean Science, 2015, 34(3):536-539.)
- [13] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000:164-261. (Li H S, Sun Q, Zhao S J, et al. The experiment principle and technique on plant physiology and biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000:164-261.)
- [14] 邹琦. 植物生理实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:168-169. (Zou Q. The experimental guide for plant physiology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000:168-169.)
- [15] 周先容, 江波, 龚小华, 等. 大豆根系浸提液对茎瘤芥种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 大豆科学, 2016, 35(1):74-79. (Zhou X R, Jiang B, Gong X H, et al. Allelopathic effects of soybean root extracts on seed germination and seedling growth of tumorous stem mustard[J]. Soybean Science, 2016, 35(1):74-79.)
- [16] 李建涛, 田芯, 王琪, 等. 大蒜浸提液对萝卜种子萌发的影响[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(5):792-793, 796. (Li J T, Tian X, Wang Q, et al. Effects of garlic aqueous extracts on radish seed germination[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2017, 58(5):792-793, 796.)
- [17] 曾凯, 刘琳, 蔡义民, 等. 高寒沙化草地中先锋灌木根系水浸提液对4种高原牧草的化感效应分析[J]. 西北植物学报, 2017, 37(7):1312-1322. (Zeng K, Liu L, Cai Y M, et al. Allelopathy of the root aqueous extracts of pioneer shrub species on alpine forage species in the restoration course of the alpine desertification meadow[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2017, 37(7):1312-1322.)
- [18] 耿广东, 程智慧, 张素勤. 不同浓度的辣椒化感物质对莴苣化感效应研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(2):30-33. (Geng G D, Cheng Z H, Zhang S Q. Allelopathy of different concentrations hot pepper allelochemicals on lettuce[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(2):30-33.)
- [19] 张志勇, 汤菊香, 卫秀英, 等. 大蒜浸提液中化感物质对菜豆种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3):949-950, 958. (Zhang Z Y, Tang J X, Wei X Y, et al. Effects of allelochemical in garlic extract on the seed germination of kidney bean[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(3):949-950, 958.)

欢迎订阅 2020 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管主办的大豆专业领域学术性期刊,也是被国内外多家重要数据库和文摘收录源收录的重点核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者,大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

《大豆科学》为双月刊,16开本,国内外公开发行。国内每期定价:40.00元,全年240.00元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00美元(含邮资),全年240.00美元,国外代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅,也可向编辑部直接订购。

热忱欢迎广大科研及有关企事业单位刊登广告,广告经营许可证号:2301030000004。

地址:哈尔滨市南岗区学府路368号

《大豆科学》编辑部(邮编:150086)

电话:0451-86668735

网址:<http://ddkx.haasep.cn>

E-mail: soybeanscience@vip.163.com

