

大葱水浸液对萝卜的化感效应及其生理机制研究

姚岭柏,韩海霞*,李倩雯,孟宁生

(集宁师范学院 生物系/乌兰察布经济作物逆境生物学重点实验室,内蒙古 乌兰察布 012000)

摘要:为了探讨大葱与萝卜轮作的可行性,选用内葱二号大葱和春白玉萝卜种子为试材,研究了10~50 g/L大葱水浸液对萝卜生长及生理指标的影响。结果表明,随着生长时期延长,大葱水浸液对萝卜生长(叶片数、肉质根直径)的化感作用依次呈现强抑制、弱抑制、中等促进;采收期,10、40、50 g/L处理显著提高了单株肉质根鲜质量,较对照(清水处理)增加18.8%~43.1%。露肩期,随着处理质量浓度的升高,大葱水浸液不同程度提高了萝卜体内的丙二醛(MDA)含量,游离脯氨酸(Pro)含量呈中低质量浓度(10~30 g/L)促进、较高质量浓度(40~50 g/L)抑制的变化。3种抗氧化酶活性的变化也呈现一定规律:在10 g/L时酶活性无显著变化;在20~30 g/L时过氧化物酶(POD)被激活,其活性较对照增加16.44%~17.60%;30~50 g/L时过氧化氢酶(CAT)被激活,其活性较对照增加17.18%~22.80%;50 g/L时超氧化物歧化酶(SOD)被激活,其活性较对照增加28.08%。总之,大葱对萝卜的化感效应表现为先抑制后促进,大葱与萝卜轮作具有一定的可行性。

关键词:大葱;萝卜;化感作用;生长;抗氧化酶

中图分类号:S604⁺.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2017)08-0115-06

Research on Allelopathy of *Allium fistulosum* L. Aqueous Extracts and Its Physiological Mechanism on *Raphanus sativus* L.

YAO Lingbai, HAN Haixia*, LI Qianwen, MENG Ningsheng

(Department of Biology, Jining Normal University/Key Laboratory of Economic Crop Stress Biology in Wulanchabu, Wulanchabu 012000, China)

Abstract: In order to find the feasibility basis of rotation between *Allium fistulosum* L. and *Raphanus sativus* L., this paper studied the effects of aqueous extracts of *A. fistulosum* (Neicong No. 2) on growth and physiological index of *R. sativus* (Chunbaiyu). The results showed that, with the advance of *R. sativus* growth, the allelopathic effects of *A. fistulosum* aqueous extracts showed stronger inhibition, weaker inhibition, medium promotion on the growth of *R. sativus*. At harvest time, the fresh weight of root per plant was significantly promoted under 10, 40, 50 g/L treatments, by 18.8% to 43.1% compared with the control (water treatment). At the root shoulder exposed period, with the increase of treatment concentration, the content of malondialdehyde(MDA) was increased, and the content of proline(Pro) was promoted at 10 to 30 g/L, and inhibited at 40 to 50 g/L. With the increase of treatment concentration, the activity of antioxidant enzymes showed no significant changes at 10 g/L, the peroxidase(POD) was activated with 16.44%—17.60% higher than the control at 20 to 30 g/L, the catalase(CAT) was activated with 17.18%—22.80% higher than the control at 30 to 50 g/L, and the superoxide dismutase(SOD) was activated with 28.08% higher than the control at 50 g/L. In conclusion, the allelopathic effect of *A. fistulosum* on *R. sativus* growth is promotion after inhibition at first, and the rotation cropping between *A. fistulosum*

收稿日期:2017-02-19

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZC16321, NJZC16319);集宁师范学院教学改革与研究课题(JGKT2015002, JKCT2015036)

作者简介:姚岭柏(1979-),男,内蒙古呼伦贝尔人,讲师,硕士,主要从事植物生理生态研究。E-mail:yaolingbai@163.com

*通讯作者:韩海霞(1981-),女,内蒙古呼和浩特人,副教授,硕士,主要从事植物生理方面的研究。

E-mail:hanhx2010@163.com

Allium fistulosum and *R. sativus* has certain feasibility.

Key words: *Allium fistulosum* L. ; *Raphanus sativus* L. ; allelopathy; growth; antioxidant enzyme

萝卜(*Raphanus sativus* L.)是广受人们喜爱的蔬菜之一,世界各地均有栽培。萝卜属半耐寒性蔬菜,生产周期短,逐渐成为冷凉蔬菜产业中重要的蔬菜品种之一^[1]。生产中,萝卜的病虫害较严重,导致产量损失严重^[2]。研究表明,作物间合理的间、轮、套作种植模式可以从控制病虫害、抑草、提高光合作用等方面提高蔬菜产量,增加经济效益^[3-7]。

已有报道表明,北方冷凉蔬菜中的春收大葱与春萝卜的栽培时间恰好可衔接^[8]。葱属植物可以有效杀灭某些有害病菌,减少相关病害的发生,因此常被用于与其他作物轮作、间作和套作^[9-11]。其中,大葱(*Allium fistulosum* L.)的根系分泌物、植株浸提液均能够有效抑制甜瓜、黄瓜枯萎病病原菌的生长,减少病害的发生概率^[12-13]。科学轮作与间套作,需要研究 2 种植物间的化感作用,所谓植物化感作用(allelopathy),是指一种活体植物(供体)生成并通过挥发、淋溶、分泌和分解等方式向环境释放某些化学物质而影响周围其他植物(受体)生长和发育的化学生态学现象^[14-15]。前期研究表明,20~30 g/L 的大葱根系浸提液对樱桃萝卜发芽及胚根生长具有抑制作用,但可以显著提高幼苗体内的过氧化物酶(POD)活性^[10]。萝卜与樱桃萝卜近缘,其种植更为广泛,为了解大葱对萝卜的影响,以大葱为供体,研究其对萝卜(受体)生长、产量及抗氧化酶活性的影响,从一个侧面阐明大葱对萝卜化感作用的生理机制,为优化萝卜轮作方案、探究大葱化感机制提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 植物材料

供体材料为内葱二号大葱(内蒙古农牧业科学院蔬菜研究所提供),于 2016 年 4 月采收于内蒙古乌兰察布市,带根采收,清洗风干后,剪成 0.5 cm 小段备用。受体材料为春白玉萝卜种子(乌兰察布市种子公司提供)。

1.2 试验方法

1.2.1 大葱水浸液的制备 称取风干大葱样品 50.00 g,将其浸泡于 1 000 mL 无菌去离子水中,浸泡提取 30 h,过滤后即得大葱水浸液母液,质量浓度为 50 g/L。存于 4 ℃冰箱备用。

1.2.2 试验设计 试验于 2016 年 4 月在集宁师范学院植物园进行。萝卜采用穴播种植。在园土中添

加少许基肥(羊粪、氮磷钾复合肥),以杀虫杀菌剂进行土壤处理后,4 月 1 日播种。4 月 15 日间苗定苗,株距 25 cm,行距 40 cm。定苗后以不同质量浓度(10、20、30、40、50 g/L)的大葱水浸液浇灌(150 mL/株),对照(CK)浇灌等量清水。每处理重复 3 次,每重复 10 株。之后各处理的田间管理一致。4 月 25 日萝卜“破肚”(处理后 10 d),第 1 次测量生长指标;直到 5 月 15 日萝卜“露肩”(处理后 30 d),第 2 次测定生长指标并测定生理指标;7 月 14 日采收时(处理后 90 d),第 3 次测定生长指标并测定产量。

1.3 指标测定

1.3.1 生长指标 在萝卜破肚期、露肩期、采收期分别测定叶片数、肉质根直径(根径)。根径测定方法为:在根径部轻拨开表土 1 cm,以千分尺测定肉质根的最大直径,之后将土拨回原处。采收后,清除泥土,以电子秤称量单株叶片鲜质量、单株肉质根鲜质量。

1.3.2 生理指标 取萝卜成熟叶片,去除较粗叶脉,洗净晾干,剪碎混合后,测定指标。丙二醛(MDA)含量采用三氯乙酸比色法测定;游离脯氨酸(Pro)含量采用茚三酮比色法测定;POD 活性采用愈创木酚法测定,以每分钟 OD 值变化 0.01 作为 1 个酶活性单位(U);超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)法测定,以抑制 NBT 光化还原 50% 为 1 个酶活性单位(U)^[16];过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外分光光度法测定,以每分钟 OD 值下降 0.1 作为 1 个酶活性单位(U)^[16]。

1.4 化感效应分析

参照 Lin 等^[17]的方法,以化感指数(RI)作为化感作用的研究指标。 $RI = (Ti - T0) / T0 \times 100\%$,其中 Ti 为测试项目的处理值,T0 为对照值。RI > 0 表示具有促进作用,RI < 0 表示具有抑制作用。RI 绝对值越大,其化感作用潜力(促进或抑制作用)越大。综合化感指数等于各指标对应的化感指数之和。

1.5 数据处理

试验数据用 Excel 2003 处理,用 SPSS 18.0 处理软件对结果进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 大葱水浸液对萝卜生长指标的化感效应

由表 1 可见,大葱水浸液处理萝卜,短时间内(破

肚期)一定程度上降低了萝卜的叶片数和根径,随着生长时间的延长,叶片数与对照无显著差异,根径和单株肉质根鲜质量在一定质量浓度范围内显著升高,而单株叶片鲜质量在一定质量浓度范围内显著降低。与对照相比,大葱水浸液30~50 g/L 3个处理的叶片数在破肚期显著降低,从对照的6.90片降低到5.17~6.03片,而10、20 g/L 处理与对照差异未达显著水平;随着生长时间延长,10~50 g/L 各处理与对照的差异减小,在露肩期和采收期,差异均未达显著水平。根径测定结果显示,在破肚期,30~50 g/L 处理与对照差异达显著水平,由对照的0.51 cm降低

到了0.37~0.44 cm;当萝卜生长到露肩期,各处理间根径接近,且与对照差异均未达显著水平;随着生长时间继续延长,到采收期,根径随处理质量浓度升高呈波动上升的趋势,当质量浓度 ≥ 40 g/L 时根径显著高于对照。采收期,各处理的单株叶片鲜质量均有所下降,当处理质量浓度 ≥ 20 g/L 时与对照差异达显著水平;单株肉质根鲜质量(单株产量)随着处理质量浓度升高呈双峰波动趋势,其中在10、40、50 g/L 处理下均显著高于对照,且40 g/L 处理的产量达最高值(1.58 kg),较对照升高了43.1%。

表1 不同质量浓度大葱水浸液对萝卜生长指标的影响

质量浓度/ (g/L)	叶片数/片			根径/cm			采收鲜质量/kg	
	破肚期	露肩期	采收期	破肚期	露肩期	采收期	单株叶片	单株肉质根
0(CK)	6.90 \pm 0.40a	13.95 \pm 0.73ab	18.67 \pm 2.08a	0.51 \pm 0.01a	2.50 \pm 0.24a	7.23 \pm 0.25c	0.42 \pm 0.09a	1.10 \pm 0.10c
10	6.33 \pm 0.17ab	14.10 \pm 0.62ab	19.00 \pm 2.65a	0.48 \pm 0.01ab	2.56 \pm 0.33a	7.17 \pm 0.80c	0.33 \pm 0.03ab	1.31 \pm 0.10b
20	6.70 \pm 0.21ab	14.97 \pm 0.38a	18.67 \pm 1.15a	0.52 \pm 0.04a	2.36 \pm 0.27a	8.37 \pm 0.47bc	0.18 \pm 0.02d	1.17 \pm 0.10bc
30	5.17 \pm 0.07d	13.83 \pm 0.55ab	19.00 \pm 1.73a	0.37 \pm 0.04c	2.25 \pm 0.27a	7.77 \pm 1.07c	0.23 \pm 0.06d	1.05 \pm 0.03c
40	5.30 \pm 0.06cd	12.85 \pm 0.35b	21.00 \pm 2.65a	0.39 \pm 0.04c	2.41 \pm 0.12a	9.88 \pm 0.78a	0.32 \pm 0.05bc	1.58 \pm 0.10a
50	6.03 \pm 0.41bc	13.20 \pm 0.20ab	19.00 \pm 2.65a	0.44 \pm 0.03b	2.58 \pm 0.23a	9.67 \pm 1.04ab	0.24 \pm 0.04cd	1.50 \pm 0.09a

注:表中数据为3次重复的平均值 \pm 标准差;同列数据后不同小写字母代表在0.05水平上差异显著,下同。

由表2可见,大葱水浸液对萝卜生长指标的化感指数呈现一定的变化规律。对萝卜叶片数的化感指数表明,破肚期大葱水浸液表现出化感抑制作用,露肩期表现出低质量浓度促进、高质量浓度抑制的现象,到采收时除40 g/L 处理(化感指数绝对值较大,化感潜力较大)外,其他处理表现为微弱的促进作用或无明显作用;大葱水浸液对萝卜根径的化感

作用在破肚期和露肩期以抑制为主,采收期呈低质量浓度(10 g/L)微弱抑制、中高质量浓度(≥ 20 g/L)促进的趋势;大葱水浸液对单株叶片鲜质量的化感作用均为抑制,化感指数介于-20.1%~-55.8%,10、40、50 g/L 处理对单株根鲜质量的化感作用为较明显的促进,化感指数介于18.8%~43.1%,而其余处理的化感指数绝对值较小,化感潜力较小。

表2 不同质量浓度大葱水浸液对萝卜生长指标的化感指数

质量浓度/ (g/L)	叶片数			根径			采收鲜质量	
	破肚期	露肩期	采收期	破肚期	露肩期	采收期	单株叶片	单株肉质根
10	-8.2	1.1	1.8	-5.2	2.8	-0.9	-20.1	18.8
20	-2.9	7.3	0.0	1.2	-5.3	15.7	-55.8	6.4
30	-25.1	-0.8	1.8	-27.9	-9.8	7.4	-45.4	-4.5
40	-23.2	-7.9	12.5	-24.5	-3.4	36.4	-22.9	43.1
50	-12.6	-5.4	1.8	-14.1	3.4	33.6	-43.4	36.2

以上结果说明,处理前期(破肚期),大葱水浸液对萝卜植株的叶片数和根径生长具有一定的化感抑制作用,且处理质量浓度较高时(≥ 30 g/L)化感抑制作用显著;随着生长时间的延长,对叶片数的化感作用逐渐消失,对根径的化感抑制作用延续到露肩期,采收时较高质量浓度(≥ 40 g/L)处理对根径转为化感促进作用,在不同程度上提高了萝卜单株肉质根的产量,而不同质量浓度水浸液对萝卜单株叶片鲜质量具有较大潜力的化感抑制作用。

2.2 大葱水浸液对萝卜生理指标的化感效应

由表3可见,在露肩期,不同质量浓度大葱水浸

液对萝卜生理指标的影响具有一定规律,MDA 含量和CAT活性均较对照有不同程度的升高,Pro 含量和POD活性总体上在中低质量浓度下升高,在较高质量浓度下降低,SOD活性则在低、高质量浓度下升高,中等质量浓度下降低。随着大葱水浸液质量浓度的升高,萝卜的MDA含量呈升高后下降的趋势,当处理质量浓度为10、20、40 g/L 时,MDA含量增加到21.89、22.65、21.86 nmol/g,与对照相比差异达显著水平;Pro 含量呈先升后降的趋势,当处理质量浓度为20、30 g/L 时,Pro 含量分别为150.19、159.55 μ g/g,显著高于对照,而50 g/L 时又显著低

于对照;POD 活性变化趋势与 Pro 含量相近,其中 20、30 g/L 时 POD 活性为 245.58、243.17 U/(g·min),显著高于对照;SOD 活性总体上呈先下降后上升的趋势,分别在处理质量浓度 30 g/L 和 50 g/L 时达到

谷底(283.33 U/g)和峰值(494.17 U/g);CAT 活性呈波动升高的趋势,当处理质量浓度 ≥ 30 g/L 时 CAT 活性升高到 26.44 ~ 27.71 U/(g·min),显著高于对照。

表 3 不同质量浓度大葱水浸液对萝卜生理指标的影响

质量浓度/ (g/L)	MDA 含量/ (nmol/g)	Pro 含量/ (μg/g)	POD 活性/ [U/(g·min)]	SOD 活性/ (U/g)	CAT 活性/ [U/(g·min)]
0(CK)	19.55 ± 0.80c	115.52 ± 8.12b	208.83 ± 3.99b	385.83 ± 25.29bc	22.57 ± 2.03b
10	21.89 ± 1.54ab	116.14 ± 7.51b	213.58 ± 12.01b	399.17 ± 10.10b	24.98 ± 2.72ab
20	22.65 ± 0.82a	150.19 ± 9.64a	245.58 ± 10.30a	355.00 ± 16.39c	25.05 ± 1.89ab
30	20.84 ± 1.69abc	159.55 ± 5.94a	243.17 ± 14.03a	283.33 ± 16.07d	27.32 ± 1.49a
40	21.86 ± 1.22ab	112.58 ± 4.44b	198.50 ± 11.73b	383.33 ± 20.97bc	26.44 ± 1.12a
50	19.82 ± 0.78bc	83.20 ± 2.83c	178.75 ± 5.29c	494.17 ± 7.64a	27.71 ± 1.18a

由表 4 可见,不同质量浓度大葱水浸液对萝卜 MDA 含量、CAT 活性的化感效应均呈现促进作用,化感指数分别为 1.39% ~ 15.83%、10.69% ~ 22.80%;对 Pro 含量和 POD 活性的化感效应呈中低质量浓度(10 ~ 30 g/L)促进、较高质量浓度(40 ~ 50 g/L)抑制的趋势,其中中低质量浓度下化感指数分别为 0.54% ~ 38.12%、2.27% ~ 17.60%;其对 SOD 活性的化感效应呈现中等质量浓度(20 ~ 40 g/L)下抑制,低、高质量浓度(10、50 g/L)下促进。

表 4 不同质量浓度大葱水浸液对萝卜生理指标

质量浓度/ (g/L)	的化感指数 %				
	MDA 含量	Pro 含量	POD 活性	SOD 活性	CAT 活性
10	11.96	0.54	2.27	3.46	10.69
20	15.83	30.01	17.60	-7.99	11.00
30	6.57	38.12	16.44	-26.57	21.09
40	11.82	-2.54	-4.95	-0.65	17.18
50	1.39	-27.98	-14.41	28.08	22.80

以上结果说明,大葱水浸液处理后,萝卜的膜脂过氧化程度有所加重,体内 Pro 含量在处理质量浓度介于 20 ~ 30 g/L 时显著增加,以调节细胞渗透势,而抗氧化酶系统的 3 种酶中,不同质量浓度处理下被激活的酶种类有所不同,在 10 g/L 时酶活性无显著变化,在 20 ~ 30 g/L 时 POD 被激活,30 ~ 50 g/L 时 CAT 被激活,50 g/L 时 SOD 被激活。

2.3 大葱水浸液对萝卜化感作用的综合效应

大葱水浸液对萝卜生长指标的综合化感指数(RI_{生长})随着处理质量浓度升高呈“V”字形变化,在 30 g/L 时化感抑制潜力达 115.40%,为各处理最大值,在 40 ~ 50 g/L 时化感作用呈促进效果,但化感潜力较小;对萝卜生理指标的综合化感指数(RI_{生理})随着处理质量浓度升高呈倒“V”字形变化,且均表现为化感促进作用,化感潜力在处理质量浓度 20 g/L 时达 66.45%,为各处理最大值(表 5)。说明中低

质量浓度大葱水浸液有抑制萝卜生长的作用,而较高质量浓度则具有一定促进作用,同时,添加大葱水浸液后,萝卜体内的生理反应活跃,在一定程度上可激活某些种类抗氧化酶的活性。

表 5 不同质量浓度大葱水浸液对萝卜的综合化感指数 %

项目	质量浓度/(g/L)				
	10	20	30	40	50
RI _{生长}	-10.69	-37.73	-115.40	7.45	0.88
RI _{生理}	28.92	66.45	55.65	20.86	9.88

3 结论与讨论

3.1 大葱水浸液对萝卜生长的化感效应

本研究表明,浇灌大葱水浸液后,萝卜叶片数在前期受到较强的化感抑制,之后这种作用逐渐消失,采收时单株叶片鲜质量仍受较强的化感抑制,而根径生长从破肚期到露肩期受到由强变弱的化感抑制,采收期根径在较高处理质量浓度下受到促进,同时,在一定质量浓度下单株肉质根鲜质量受到较强的化感促进作用。表明提前浇灌大葱水浸液,在萝卜叶片生长旺盛期(从破肚到露肩期),大葱对萝卜的化感抑制作用由强变弱,到后期转为肉质根生长旺盛期(露肩到采收期),大葱对萝卜根部的生长由抑制作用转为促进作用,提高了萝卜根部的鲜质量,而叶片鲜质量则被抑制,在一定程度上提高了萝卜的根冠比。

在前人研究中,一部分报道显示受体植物在化感作用下,生长和生物量受抑制^[4-5,10,18-19],一部分报道中体现出化感作用的时间效应,即前期受体植物受抑制,后期生长被促进^[6,20-21],后者与本研究结果一致。究其原因,可能与试验时间长短有关,本研究和吴秀华等^[18]、王茜等^[20]进行的是受体植物整个生长期试验,而前人多以受体植物的发芽期为试验

周期^[5-6,10,21]。供体化感物质直接接触受体植物后,因受体不适应,表现出化感抑制效应,随着培养时间的延长,部分受体对供体逐渐适应,供体分解物还可能促进其生长^[20,22]。另外,可能是因为大葱水浸液具有抑制病原菌的作用,优化了萝卜根际微生物环境,从而在生长后期促进了萝卜根部生长^[12-13]。

3.2 大葱水浸液对萝卜 MDA 和渗透调节物质的化感效应

本研究表明,在露肩期,大葱水浸液使萝卜体内 MDA 含量增加,在 10、20、40 g/L 质量浓度下均显著高于对照,而 Pro 含量在此时期呈现中等质量浓度(20~30 g/L)下显著升高,高质量浓度(50 g/L)下显著下降的趋势。说明大葱水浸液对萝卜的膜脂过氧化有加重的作用,已引起细胞膜的损伤,在中等质量浓度下,细胞积累了有机渗透调节物质 Pro,用于调节细胞渗透势,防止细胞脱水,但在处理质量浓度较高时(50 g/L)Pro 含量减少,调节作用减小。

研究表明,当植物受到化感抑制后,体内积累 MDA,其含量越高表明植物受伤害程度越大^[5,10,22-24]。在本研究中,测定 MDA 时距离大葱水浸液处理已有 1 个月时间,说明大葱水浸液对萝卜的化感作用持续时间较长。另外,在中等质量浓度下,萝卜体内 Pro 大量积累,说明萝卜能够通过提高 Pro 含量调节细胞渗透势,而当处理质量浓度较高时,Pro 含量则显著下降,推测萝卜体内可能还存在其他的渗透调节物质,如巨桉化感萝卜后产生的可溶性糖、天竺桂化感凤仙花后积累的可溶性糖和可溶性蛋白^[22-23],具体机制尚待进一步研究。

3.3 大葱水浸液对萝卜抗氧化酶系统的化感效应

本研究表明,抗氧化酶活性测定时萝卜生长受大葱水浸液的化感作用为较弱抑制,萝卜体内抗氧化酶系统中的 3 种酶随着处理质量浓度升高有不同的变化,其中 POD 活性在中等质量浓度下(20~30 g/L)显著升高,高质量浓度(50 g/L)时显著下降,SOD 活性在中等质量浓度(30 g/L)下显著下降,高质量浓度(50 g/L)时显著升高,而 CAT 活性随质量浓度升高有波动上升的趋势。说明 3 种酶在不同条件下表现不同的活性,在不同化感强度下动态调节以达到减轻氧化伤害的目的。在大葱根系化感作用的研究中,POD 活性变化与本研究一致,其余 2 种酶的变化规律不同^[10]。在巨桉叶的化感作用研究中,CAT 活性变化规律和本研究相同,其余酶的变化不同^[22]。还有研究表明,在植物间发生化感抑制后,受体内此 3 种酶活性均下降^[23-24]。其原因可能是不同植物间化感强度不同,试验选用质量

浓度的区间不同,植物的耐受程度各异,抗氧化酶活性的表现也不尽相同。另外,也可能是植物体内对化感胁迫的生理响应系统不同,植物体内的抗氧化防御体系有酶促和非酶促 2 种活性氧清除系统^[23],在抗氧化响应时不同植物启动了不同的系统。

综上,大葱对萝卜的化感作用在时间和浓度上都有不同的效应。在生长指标方面,化感早期对萝卜的生长有较强的化感抑制作用,晚期这种化感作用反转为促进作用,可不同程度提高萝卜的产量;在生理方面,萝卜以 Pro 来调节轻度化感强度下细胞的渗透势,化感强度增大时,有可能存在其他的调节物质,抗氧化酶系统中以 CAT 作用为主,低质量浓度时 POD 辅助,高质量浓度下则以 SOD 辅助,以清除氧自由基,降低过氧化的伤害。说明大葱可以作为萝卜的前茬作物,在一定程度上能提高萝卜产量,合理安排后,可以进行轮作或者间套作。

参考文献:

- [1] 初敏,王秀峰,王淑芬,等.脱落酸预处理对低温胁迫下萝卜幼苗的缓解效应[J].河南农业大学学报,2012,46(1):40-44.
- [2] 马凤萍.优质萝卜主要病虫害的发生与防治[J].现代农业科技,2015(2):136-137.
- [3] 余婷,温艳斌,孟焕文,等.白三叶根系分泌物对 5 种草坪草的生化效应[J].草地学报,2014,22(1):158-165.
- [4] 李翔,杨顺义,沈慧敏,等.黄花棘豆水提液对燕麦的化感作用及其机理研究[J].西北植物学报,2011,31(7):1367-1375.
- [5] 程月琴,王红卫,段景勉,等.入侵杂草曼陀罗对作物化感机理的初步研究[J].河南农业大学学报,2011,45(2):215-219.
- [6] 韩小燕,罗庆熙,刘海利,等.胡葱浸提液对莴苣、小白菜、萝卜和黄瓜化感作用初步研究[J].中国蔬菜,2009(12):41-44.
- [7] 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.
- [8] 韩海霞,任琴,曹兴明,等.不同播期对乌兰察布樱桃萝卜生长及品质的影响[J].北方园艺,2014(5):36-38.
- [9] 杨阳,吴凤芝.套作不同化感潜力分蘖洋葱对黄瓜生长及土壤微环境的影响[J].应用生态学报,2011,22(10):2627-2634.
- [10] 韩海霞,姚岭柏,黄玉山.大葱根系浸提液对樱桃萝卜幼苗的化感效应[J].河南农业科学,2015,44(6):105-108.

- [11] 赵尊练,杨广君,巩振辉,等.克服蔬菜作物连作障碍问题之研究进展[J].中国农学通报,2007,23(12):278-282.
- [12] 徐宁,王超,魏琨,等.大葱根系分泌物对黄瓜种子萌芽和枯萎病病原菌的化感作用及其 GC - MS 分析[J].园艺学报,2012,39(8):1511-1520.
- [13] 庄敬华,杨长成,唐树戈,等.几种设施蔬菜根系浸提液对甜瓜的化感作用[J].种子,2009,28(11):94-96.
- [14] 张风娟,徐兴友,陈凤敏,等.黄顶菊茎叶浸提液对白菜和水稻幼苗化感作用的初步研究[J].西北植物学报,2008,28(8):1669-1674.
- [15] 韩海霞,姚岭柏,任琴.大葱根系浸提液对樱桃萝卜化感作用的影响研究[J].安徽农业科学,2014,42(21):6915-6917.
- [16] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].4 版.北京:高等教育出版社,2009.
- [17] Lin W X, Kim K U, Smin D H. Rice allelopathic potential and its modes of action on barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) [J]. Allelopathy Journal, 2000, 7(2):215-224.
- [18] 吴秀华,李羿桥,胡庭兴,等.巨桉凋落叶分解初期对菊苣生长和光合特性的影响[J].应用生态学报,2013,24(7):1817-1825.
- [19] Huang W W, Hu T X, Chen H, et al. Impact of decomposing *Cinnamomum septentrionale* leaf litter on the growth of *Eucalyptus grandis* saplings [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2013, 70:411-417.
- [20] 王茜,徐郑,胡庭兴,等.核桃凋落叶分解对萝卜生长和生理的影响[J].西北植物学报,2014,34(12):2475-2482.
- [21] 姜丽,孙玉文,刘景安.分葱对黄瓜、萝卜和白菜的化感作用[J].中国农学通报,2007,23(2):263-266.
- [22] 喻秀艳,胡红玲,王茜,等.巨桉不同状态叶片浸提液对萝卜幼苗形态和抗性生理特性的影响[J].西北植物学报,2014,34(11):2262-2269.
- [23] 涂丽华,陈刚,彭勇,等.天竺桂凋落叶添加对凤仙花生理特性的影响[J].西北植物学报,2014,34(6):1233-1244.
- [24] 鲍红春,郝丽珍,张凤兰,等.沙芥水浸提液对白菜种子萌发和幼苗生长的化感作用[J].植物生理学报,2015,51(7):1109-1116.

(上接第 114 页)

- [8] 潘跃芝,杨志云,龚洵.中国特有植物金铁锁的细胞学研究[J].云南植物研究,2004,26(2):204-206.
- [9] 丁鸿,邱东萍,陈少雄.植物染色体标本的制备和染色体核型分析研究进展[J].南方农业学报,2012,43(12):1958-1962.
- [10] 林源,唐军荣,张颖,等.无籽刺梨染色体制片技术及染色体数目研究[J].中国南方果树,2015,44(1):76-78.
- [11] 刘永安,冯海生,陈志国,等.植物染色体核型分析常用方法概述[J].贵州农业科学,2006,34(1):98-102.
- [12] 辛培尧,萧凤回,罗思宝,等.大麻染色体制片技术[J].安徽农业科学,2008,36(1):26,95.
- [13] 李懋学,张教方.植物染色体研究技术[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1991.
- [14] 张雷,姚洪庆,吴允鹏,等.麦瓶草的染色体数目观察及核型分析[J].德州学院学报,2015,31(4):80-83.
- [15] 杨德奎,周俊英.山东 10 种植物的核型分析[J].广西植物,1999,19(4):349-354,395-397.
- [16] 钱子刚.药用植物金铁锁种质资源研究及其鲨烯合成酶 cDNA 的克隆[D].昆明:中国科学院昆明植物研究所,2008.
- [17] 关金枝.湖北省鱼腥草种质资源的遗传多样性研究[D].武汉:华中农业大学,2010.
- [18] 舒红锁.不同种源忽地笑的鉴定[D].南京:南京林业大学,2010.
- [19] 王垄,周欣.金铁锁总皂苷含量测定[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2012,30(3):4-6.
- [20] 萧凤回,郭巧生.药用植物育种学[M].北京:中国林业出版社,2008.