

褪黑素对大头菜幼苗生长及镉积累的影响^①

姚欢^{1,2}, 王钺³, 刘磊³, 岁立云³, 廖明安¹, 林立金^{4*}, 任纬⁵

(1 四川农业大学园艺学院, 成都 611130; 2 四川大学生命科学学院, 成都 610064; 3 成都市农林科学院, 成都 611130;

4 四川农业大学果蔬研究所, 成都 611130; 5 四川省内江市农业科学院玉米研究所, 四川内江 641000)

摘要: 通过盆栽试验, 研究了 Cd 污染条件下, 不同浓度褪黑素喷施对大头菜幼苗生长及 Cd 积累的影响。结果表明, 浓度 50、100 和 150 $\mu\text{mol/L}$ 的褪黑素增加了大头菜幼苗的根长、根系体积、株高、块根直径和块根长度, 也增加了其根系、块根、地上部分及可食用部分的生物量, 而浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 的褪黑素则降低了大头菜幼苗的这些指标。不同浓度的褪黑素处理均提高了大头菜幼苗的光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量及类胡萝卜素)含量及抗氧化酶(SOD、POD 和 CAT)活性, 并降低了大头菜幼苗根系、块根、地上部分和可食用部分的 Cd 含量。随着褪黑素浓度的增加, 大头菜幼苗各器官的 Cd 含量呈降低的趋势。因此, 喷施褪黑素能够促进大头菜幼苗生长, 降低其对 Cd 的积累。

关键词: 褪黑素; 大头菜; 生长; 镉

中图分类号: S482.8+91; X503; S631.5 **文献标识码:** A

伴随我国工业的快速发展, 农田重金属的含量大大增加, 导致农产品被重金属污染, 其中以 Cd 最为突出^[1]。水稻、蔬菜等农产品被 Cd 污染后, 直接威胁人体健康^[2]。因此, 通过一些措施降低土壤中的 Cd 含量或减少农作物对 Cd 的积累, 已成为未来农业安全生产研究的热点和难点^[3]。

褪黑素(N-乙酰-5-甲氧基色胺, Melatonin)是动植物体内普遍存在的一类重要的吲哚类化合物^[4]。研究发现, 植物体内的褪黑素具有多种生理功能, 既有类似于生长素的生长调节作用, 也有保护叶绿素、调节光周期及增强抗逆性的作用^[5]。研究表明, 褪黑素可以缓解重金属、盐离子、紫外辐射、温度变化等逆境胁迫对植物的危害, 有助于提高植物抵抗不良环境的能力^[6]。在低温胁迫条件下, 褪黑素可提高菘蓝种子的萌发, 促进其幼苗的生长^[7]。在盐胁迫条件下, 褪黑素能提高狼尾草种子的发芽势和发芽率^[8]。在 Cd 胁迫条件下, 褪黑素可提高水稻种子的发芽率和发芽势, 促进水稻幼根和幼芽的生长^[9]。因此, 褪黑素可用于缓解逆境胁迫对植物造成的伤害。

大头菜(*Brassica juncea* var. *megarrhiza*)作为居民日常食用蔬菜, 营养丰富, 具有润肺、调理肠胃、

治疗便秘、排毒、解毒、明目、提高免疫力等保健功能^[10], 全国各地均有不同的优势栽培品种, 生产面积较大^[11]。然而, 菜地土壤的 Cd 污染直接影响到大头菜的安全生产^[12-13]。由于土壤胶体对褪黑素有吸附作用, 而土壤微生物也可能加速褪黑素的分解, 加之土壤体积加大, 土壤施用的效果可能较叶面喷施较差, 且施用量较多^[6]; 大头菜种子很小, 一般采用育苗移栽方式进行栽培^[10]。因此, 本试验将不同浓度的褪黑素溶液喷施在大头菜幼苗上, 研究其对大头菜幼苗生长及 Cd 积累的影响, 以期筛选出能降低大头菜幼苗 Cd 积累及提升大头菜幼苗生产效益的褪黑素浓度, 为大头菜安全生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

大头菜为四川省成都市龙泉驿区当地长期种植的地方品种。

土壤为潮土, 取自四川省成都市温江区农田, 其基本理化性质为: pH 6.29, 有机质 21.16 g/kg, 全氮 1.09 g/kg, 全磷 1.20 g/kg, 全钾 22.21 g/kg, 碱解氮 68.12 mg/kg, 有效磷 16.22 mg/kg, 速效钾 156.21 mg/kg,

基金项目: 四川省教育厅项目(17ZB0342)资助。

* 通讯作者(lj800924@qq.com)

作者简介: 姚欢(1997—), 女, 四川遂宁人, 硕士研究生, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: 272365026@qq.com

Cd 全量 0.10 mg/kg, 有效态 Cd 含量 0.028 mg/kg。

1.2 试验设计

2015 年 10 月, 将土壤风干、压碎, 分别称取 3.0 kg 装于 15 cm × 18 cm(高×直径)的塑料盆内。将 CdCl₂·2.5H₂O 的水溶液加入土壤, 使土壤 Cd 含量为 10 mg/kg^[14], 使 Cd 与土壤充分混匀, 保持土壤湿润, 一个月后再将土壤混合一次。塑料盆放置于遮雨棚中。

2015 年 11 月, 将大头菜种子均匀撒播于塑料盆中, 每盆种植 10 粒, 保持湿润, 待大头菜幼苗长至 3~4 片真叶时匀苗, 每盆保留生长一致的幼苗 4 株, 并喷施浓度为 0、50、100、150、200 μmol/L 的褪黑素溶液, 每个褪黑素浓度重复 3 次, 共计 15 盆。褪黑素喷施后 15 d, 取生长部位一致的成熟大头菜叶片测定其光合色素含量及抗氧化酶活性。光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素)含量采用丙酮-乙醇混合(1:1)提取法测定^[15]。抗氧化酶(SOD、POD 和 CAT)活性按照《植物生理学实验教程》^[15]的方法进行测定。之后, 整株收获, 用自来水将根系和地上部分清洗干净, 测定株高、根长、根基部直径、块根

直径、块根长度、根系体积和生物量, 根系体积采用排水法测定^[15]。将植物烘干, 粉碎, 称取 1.000 g 样品加入硝酸-高氯酸(体积比为 4:1)消化至溶液透明, 过滤, 定容至 50 ml, 用 iCAP 6300 型 ICP 光谱仪(Thermo Scientific, USA)测定 Cd 含量^[16]。

1.3 数据处理

采用 SPSS 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 大头菜幼苗的形态指标

由表 1 可知, 与对照比较, 当褪黑素浓度在 150 μmol/L 以内时, 大头菜幼苗的根长、根系体积、株高、块根直径和块根长度都有所增加。当褪黑素浓度为 100 μmol/L 时, 大头菜幼苗的各个形态指标均最大, 其根长、根系体积、株高、块根直径和块根长度较对照分别增加了 47.8%、116.8%、8.28%、33.3% 和 26.8%($P < 0.05$)。当褪黑素浓度为 200 μmol/L 时, 大头菜幼苗的根长、根系体积、株高、块根直径和块根长度均小于对照。

表 1 大头菜幼苗的形态指标
Table 1 Morphological indexes of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings

褪黑素浓度(μmol/L)	根长(cm)	根系体积(ml/株)	株高(cm)	块根直径(cm)	块根长度(cm)
0	13.6 ± 0.43 c	1.90 ± 0.02 d	15.7 ± 0.15 b	0.84 ± 0.08 b	3.25 ± 0.12 b
50	16.2 ± 0.06 b	2.15 ± 0.03 c	16.2 ± 0.34 b	0.91 ± 0.05 b	3.74 ± 0.16 ab
100	20.1 ± 0.38 a	4.12 ± 0.03 a	17.0 ± 0.27 a	1.12 ± 0.06 a	4.12 ± 0.31 a
150	16.1 ± 0.17 b	2.56 ± 0.03 b	15.8 ± 0.19 b	0.92 ± 0.01 b	3.55 ± 0.09 b
200	8.5 ± 0.12 d	0.95 ± 0.04 e	14.9 ± 0.07 c	0.80 ± 0.10 b	3.45 ± 0.23 b

注: 表中小写字母不同表示各处理间差异达到显著水平($P < 0.05$), 下表同。

2.2 大头菜幼苗的生物量

与对照相比较, 浓度为 50、100、150 μmol/L 的褪黑素提高了根系、块根、地上部分和可食用部分生物量(表 2)。当褪黑素浓度为 100 μmol/L 时, 大头菜各个器官的生物量均最大, 其根系、块根、地上部分和可食用部分生物量较对照分别提高了 80.8%、23.2%、39.5% 和 36.85%($P < 0.05$)。当褪黑素浓度为

200 μmol/L 时, 大头菜各个器官的生物量均低于对照。由此可见, 浓度不高于 150 μmol/L 的褪黑素可促进大头菜幼苗生长, 其中 100 μmol/L 的褪黑素效果最佳。

2.3 大头菜幼苗的光合色素含量

由表 3 可得, 褪黑素处理的大头菜幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量及类胡萝卜素含量均高于

表 2 大头菜幼苗的生物量
Table 2 Biomass of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings

褪黑素浓度(μmol/L)	根系(g/株)	块根(g/株)	地上部分(g/株)	可食用部分(g/株)
0	2.03 ± 0.01 c	5.61 ± 0.01 d	29.4 ± 0.04 d	35.01 ± 0.05 d
50	2.22 ± 0.02 b	6.25 ± 0.01 b	33.1 ± 0.05 b	39.35 ± 0.06 b
100	3.67 ± 0.02 a	6.91 ± 0.02 a	41.0 ± 0.05 a	47.91 ± 0.07 a
150	2.04 ± 0.03 bc	5.99 ± 0.02 c	32.1 ± 0.05 c	38.09 ± 0.06 c
200	0.56 ± 0.03 d	5.53 ± 0.02 d	21.6 ± 0.06 e	27.13 ± 0.08 e

注: 数据以鲜物质质量计, 可食用部分=块根+地上部分, 下表同。

表 3 大头菜幼苗的光合色素含量
Table 3 Photosynthetic pigment contents in *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings

褪黑素浓度($\mu\text{mol/L}$)	叶绿素 a(mg/g)	叶绿素 b(mg/g)	叶绿素总量(mg/g)	叶绿素 a/b	类胡萝卜素(mg/g)
0	1.430 \pm 0.246 c	0.363 \pm 0.005 a	1.793 \pm 0.031 c	3.943	0.342 \pm 0.011 b
50	1.605 \pm 0.014 b	0.419 \pm 0.005 a	2.024 \pm 0.019 b	3.829	0.388 \pm 0.008 b
100	1.597 \pm 0.008 b	0.432 \pm 0.09 a	2.029 \pm 0.017 b	3.694	0.389 \pm 0.002 b
150	1.964 \pm 0.123 a	0.447 \pm 0.074 a	2.411 \pm 0.049 a	4.398	0.514 \pm 0.077 a
200	1.571 \pm 0.017 bc	0.396 \pm 0.003 a	1.967 \pm 0.021 b	3.970	0.379 \pm 0.002 b

对照。褪黑素浓度为 50、100、150 和 200 $\mu\text{mol/L}$ 时，大头菜幼苗的叶绿素总量较对照分别提高了 12.9%、13.2%、34.5% 和 9.70%，差异显著($P < 0.05$)；类胡萝卜素含量较对照分别提高了 13.5%、13.7%、50.3% 和 10.8%，差异均不显著($P > 0.05$)。从叶绿素 a/b 来看，随着褪黑素浓度的增加，大头菜幼苗的叶绿素 a/b 呈先降后增再降的趋势，其大小顺序为：150 $\mu\text{mol/L}$ > 200 $\mu\text{mol/L}$ > 0 $\mu\text{mol/L}$ > 50 $\mu\text{mol/L}$ > 100 $\mu\text{mol/L}$ 。

2.4 大头菜幼苗的抗氧化酶活性

从表 4 可知，随着褪黑素浓度的增加，大头菜幼苗的 POD、SOD 和 CAT 活性呈增加的趋势。当褪黑素浓度为 50、100、150 和 200 $\mu\text{mol/L}$ 时，大头菜幼苗的 POD 活性较对照分别提高了 1.28%、20.8%、26.5% 和 39.2%，除 50 $\mu\text{mol/L}$ 处理外，其他处理与对照间差异显著($P < 0.05$)；SOD 活性较对照分别提高了 5.55%、11.1%、31.1% 和 57.8%，差异均显著($P < 0.05$)；CAT 活性较对照分别提高了 5.33%、9.33%、13.0% 和 33.3%，差异均显著($P < 0.05$)。由此可见，褪黑素可以提高大头菜幼苗的抗氧化酶活性，且浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时效果最好。

表 4 大头菜幼苗的抗氧化酶活性
Table 4 Antioxidant enzyme activities of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings

褪黑素浓度($\mu\text{mol/L}$)	POD 活性(U/g)	SOD 活性(U/g)	CAT 活性(mg/(g·min))
0	1 872 \pm 31.3 c	180 \pm 2.8 d	300 \pm 0.5 d
50	1 896 \pm 27.5 c	190 \pm 2.9 c	316 \pm 1.3 c
100	2 261 \pm 69.9 b	200 \pm 6.3 b	328 \pm 0.4 c
150	2 368 \pm 69.3 ab	236 \pm 5.0 b	339 \pm 1.9 b
200	2 605 \pm 43.5 a	284 \pm 2.9 a	400 \pm 1.3 a

2.5 大头菜幼苗的镉含量

褪黑素处理降低了大头菜幼苗根系、块根、地上部分和可食用部分的 Cd 含量(表 5)。随着褪黑素浓度的增加，大头菜幼苗各器官的 Cd 含量呈降低的趋势。当褪黑素浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时，大头菜幼苗根系、块根、地上部分和可食用部分的 Cd 含量均最低，

较对照分别降低了 69.21%、46.34%、28.54% 和 33.03%。通过对大头菜幼苗含水量的测定表明，不同浓度褪黑素处理的大头菜幼苗可食用部分的含水量没有明显差异，均约为 98%，以此折算出大头菜幼苗可食用部分鲜生物量 Cd 含量为 0.058 ~ 0.087 mg/kg，其大小顺序与干生物量 Cd 含量一致。按照《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2017)的规定，新鲜叶菜蔬菜的 Cd 含量限量为 0.2 mg/kg，新鲜块根蔬菜的 Cd 含量限量为 0.1 mg/kg。由此可见，在土壤 Cd 浓度为 10 mg/kg 条件下，大头菜幼苗可食用部分 Cd 含量并未超标，而喷施褪黑素可降低大头菜幼苗的 Cd 含量，并以 200 $\mu\text{mol/L}$ 最好。

表 5 大头菜幼苗的 Cd 含量
Table 5 Cadmium contents in *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings

褪黑素浓度($\mu\text{mol/L}$)	根系(mg/kg)	块根(mg/kg)	地上部分(mg/kg)	可食用部分(mg/kg)
0	34.1 \pm 1.6 a	1.23 \pm 0.11 a	4.87 \pm 0.10 a	4.39 \pm 0.11 a
50	28.4 \pm 1.1 b	0.87 \pm 0.04 b	4.13 \pm 0.49 b	3.72 \pm 0.32 b
100	21.3 \pm 3.1 c	0.84 \pm 0.02 b	3.96 \pm 0.12 c	3.57 \pm 0.26 c
150	15.3 \pm 2.5 cd	0.78 \pm 0.03 c	3.65 \pm 0.15 cd	3.56 \pm 0.10 d
200	10.5 \pm 1.4 d	0.66 \pm 0.01 d	3.48 \pm 0.13 d	2.94 \pm 0.07 e

注：数据以干物质质量计。

3 讨论

有研究表明，在胁迫条件下，施用一定浓度的褪黑素能够缓解环境胁迫对植物产生的伤害，促进植物生长^[7-9]。本试验研究表明，浓度为 50、100 和 150 $\mu\text{mol/L}$ 的褪黑素能够促进 Cd 胁迫条件下的大头菜幼苗生长，增加其根长、根系体积、株高、块根直径和块根长度，也增加了其生物量。这与 Tal 等^[17]、徐向东等^[18]的研究类似，说明外源褪黑素可以缓解重金属胁迫对植物带来的伤害。然而，本试验研究也表明，浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 的褪黑素抑制了大头菜幼苗生长，降低其根长、根系体积、株高、块根直径、块根长度和生物量，这也与 Arnao 和 Hernandez-ruiz^[19]的研究类似，

即低浓度的褪黑素促进植物生长,高浓度的褪黑素对植物生长起抑制作用。

叶绿素是植物进行光合作用的重要物质,其含量高低直接影响植物的生长^[20]。在重金属胁迫下,植物体内的叶绿体膜结构受到破坏、叶绿素被降解,导致了其光合作用下降,进而导致生物量降低^[21]。本试验研究表明,褪黑素处理提高了大头菜幼苗的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量及类胡萝卜素含量,这可能与褪黑素防止植物叶绿素的降解有关^[21-22]。此外,这也可能是褪黑素保护了叶绿体膜结构受到破坏,提高了参与光合反应酶的活性,从而使得大头菜幼苗叶绿素含量提高,光合作用增强^[21]。

在重金属胁迫条件下,植物体内产生大量的活性氧自由基,从而抑制植物的生长^[23]。而植物体内的抗氧化酶活性在一定程度上能够分解活性氧自由基,保护植物免受伤害^[24]。本试验研究表明,不同浓度的褪黑素提高了大头菜幼苗的抗氧化酶(SOD、POD和CAT)活性,且随着褪黑素浓度的增加呈增加的趋势。这说明褪黑素提高了大头菜幼苗对Cd的抗性。同时,褪黑素处理降低了大头菜幼苗根系、块根、地上部分和可食用部分的Cd含量。随着褪黑素浓度的增加,大头菜幼苗各器官的Cd含量呈降低的趋势。这可能是褪黑素处理提高了大头菜幼苗抗性,降低了大头菜幼苗对Cd的被动吸收,有利于Cd污染土壤上大头菜的安全生产。

褪黑素作为一种新型生长调节物质,具有高效、环保的特点,它的开发和利用可以极大地促进园艺植物的健康生长^[25],提高园艺植物对重金属的抗性,降低对重金属的积累^[26-27]。因此,褪黑素在促进园艺产业的健康发展方面具有较大的开发潜力。然而,目前,大部分试验研究还停留在实验室阶段,且现有的褪黑素生产成本较高^[25],在生产上全面应用还有待进一步的试验和研究出低成本的褪黑素生产技术。

参考文献:

- [1] 徐良将,张明礼,杨浩. 土壤重金属镉污染的生物修复技术研究进展[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2011, 34(1): 102-105
- [2] 谢建治,刘树庆,刘玉柱,等. 保定市郊土壤重金属污染对蔬菜营养品质的影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(4): 325-327
- [3] 毕淑芹,谢建治,刘树庆,等. 土壤重金属污染对植物产量及品质的影响研究[J]. 河北农业科学, 2006, 10(2): 107-110
- [4] Wang P, Sun X, Chang C, et al. Delay in leaf senescence of *Malus hupehensis* by long-term melatonin application is associated with its regulation of metabolic status and protein degradation[J]. Journal of Pineal Research, 2013, 55(4): 424-434
- [5] Ramakrishna A, Giridhar P, Sankar K U, et al. Melatonin and serotonin profiles in beans of *Coffea* species[J]. Journal of Pineal Research, 2012, 52(4): 470-476
- [6] 张贵友,刘伟华,戴尧仁. 植物中的褪黑激素及其功能[J]. 中草药, 2003, 34(1): 87-89
- [7] 潘红艳,张晓庆,李婕,等. 褪黑素对低温胁迫后菘蓝种子苗抗氧化性影响[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2013, 43(2): 238-242
- [8] 张娜,蒋庆,李殿波,等. 外源施加褪黑素对 NaCl 胁迫下狼尾草种子萌发及相关生理指标的影响[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(4): 54-60
- [9] 刘仕翔,黄益宗,罗泽娇,等. 外源褪黑素处理对镉胁迫下水稻种子萌发的影响[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(6): 1034-1041
- [10] 陈旭,雷开荣,林清,等. 芥菜种质资源分类研究进展[J]. 南方农业, 2007, 1(4): 88-90
- [11] 曾利芳. 芥菜优质丰产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2014(4): 94, 99
- [12] 张庆利,史学正,黄标,等. 南京城郊蔬菜基地土壤有效态铅、锌、铜和镉的空间分异及其驱动因子研究[J]. 土壤, 2005, 37(1): 41-47
- [13] 宋金茜,朱权,姜小三,等. 基于GIS的农业土壤重金属风险评价研究——以南京市八卦洲为例[J]. 土壤学报, 2017, 54(1): 81-91
- [14] 汤福义,林立金,杨代宇,等. 少花龙葵种间嫁接后代对小白菜生长及镉积累的影响[J]. 土壤通报, 2016, 47(1): 207-212
- [15] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [17] Tal O, Haim A, Harel O, et al. Melatonin as an antioxidant and its semi-lunar rhythm in green macroalga *Ulva* sp. [J]. Journal of Experimental Botany, 2011, 62(6): 1903-1910
- [18] 徐向东,孙艳,郭晓芹,等. 高温胁迫下外源褪黑素对黄瓜幼苗光合作用及叶绿素荧光的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(1): 179-184
- [19] Arnao M B, Hernandez-ruiz J. Melatonin promotes adventitious-and lateral root regeneration in etiolated hypocotyls of *Lupinus albus* L. [J]. Journal of Pineal Research, 2007, 42(2): 147-152
- [20] 向洋,丁志宝,吴筱媚,等. 植物生长调节剂对呼吸作用及光合作用等有关性状的影响(III)[J]. 长沙水电院学报(自然科学版), 1997, 12(1): 106-109
- [21] 杨丹慧. 重金属离子对高等植物光合膜结构与功能的影响[J]. 植物学报, 1991, 8(3): 26-29

- [22] 刘仕翔, 黄益宗, 罗泽娇, 等. 外源褪黑素处理对镉胁迫下水稻种子萌发的影响[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(6): 1034–1041
- [23] 邹强. 基于高光谱图像技术的番茄叶片和植株抗氧化酶系统活性测定研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012
- [24] 何学利. 植物体内的保护酶系统[J]. 现代农业科技, 2010(10): 37–38
- [25] 巩彪, 史庆华. 园艺作物褪黑素的研究进展[J]. 中国农业科学, 2017, 50(12): 2326–2337
- [26] 唐懿, 任纬, 刘副刚, 等. 褪黑素浸种对豌豆幼苗生长及镉积累的影响[J]. 土壤, 2018, 50(1): 109–114
- [27] 黄佳璟, 林立金, 陈发波, 等. 喷施褪黑素对萝卜生长及镉积累的影响[J]. 四川农业大学学报, 2017, 35(3): 375–380

Effects of Melatonin on Growth and Cadmium Accumulation of *Brassica juncea* var. *megarrhiza*

YAO Huan^{1,2}, WANG Ting³, LIU Lei³, SUI Liyun³, LIAO Ming'an¹, LIN Lijin^{4*}, REN Wei⁵

(1 College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2 College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 3 Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu 611130, China; 4 Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 5 Institute of Maize Research, Neijiang Academy of Agricultural Sciences, Neijiang, Sichuan 641000, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the effects of different concentrations of melatonin on the growth and cadmium (Cd) accumulation of *Brassica juncea* var. *megarrhiza* under Cd-contaminated condition. The concentrations of 50, 100 and 150 $\mu\text{mol/L}$ melatonin increased the root length and volume, plant height, tuber diameter and length of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings, and increased the biomass of roots, tubers, shoots and edible parts, while 150 $\mu\text{mol/L}$ melatonin decreased these items. Different concentrations of melatonin improved the photosynthetic pigment (chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll and carotenoid) contents and antioxidant enzyme (SOD, POD and CAT) activities of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings, while reduced Cd contents in roots, tubers, shoots and edible parts of plant seedlings. With the increase of melatonin concentration, Cd contents in the different organs of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings showed the reducing trend. Therefore, the spraying of melatonin could promote the growth of *B. juncea* var. *megarrhiza* seedlings and reduce its accumulation of cadmium.

Key words: Melatonin; *Brassica juncea* var. *megarrhiza*; Growth; Cadmium