

徐 宁,陈清芝,党兴强,等. 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗生长及根际微生态环境的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(23):152–156.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2023.23.023

外源褪黑素对连作黄瓜幼苗生长 及根际微生态环境的影响

徐 宁¹, 陈清芝², 党兴强³, 郑 岩⁴, 李建彬¹, 李国良¹, 郭贵虎¹, 王 闯¹

(1. 聊城职业技术学院, 山东聊城 252000; 2. 聊城市城市园林管理服务中心, 山东聊城 252000;

3. 山东高速生态环境集团有限公司, 山东聊城 252059; 4. 山东高速鸿林工程技术有限公司, 山东聊城 252100)

摘要:以黄瓜幼苗为试验材料,采用营养钵试验法,研究不同外源褪黑素处理下连作黄瓜幼苗生长及根际土壤理化性质、微生物数量和酶活性,以期探索外源褪黑素缓控大棚黄瓜连作障碍提供参考依据。试验结果表明,添加外源褪黑素处理黄瓜幼苗株高、茎粗、根长均高于不添加褪黑素处理,100 $\mu\text{mol/L}$ 褪黑素处理株高、茎粗、根长比对照高 13.30%、22.67% 和 13.29%。外源褪黑素处理黄瓜幼苗根际土壤 pH 值高,EC 值低;根际土壤细菌和放线菌数量较高,但真菌和尖孢镰刀菌数量较低。外源褪黑素处理黄瓜幼苗根际土壤脲酶和碱性磷酸酶活性提高,且过氧化氢酶和多酚氧化酶活性较高。本试验条件下,100、150 $\mu\text{mol/L}$ 外源褪黑素处理幼苗生长及土质指标较好,缓解大棚黄瓜连作障碍效果显著。

关键词:褪黑素;黄瓜;连作;根际微生态环境;理化性质;微生物数量

中图分类号:S642.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2023)23–0152–05

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是现阶段我国大棚主栽蔬菜品种之一^[1]。大棚黄瓜种植模式简单且常年轮作现象多,大棚内长时间缺少自然雨水淋溶,种植土质逐年下降,致使黄瓜产量下降,病虫害严重,连作土壤微生态环境逐年恶化^[1–2]。连作障碍问题制约种植大棚黄瓜的高产优质,缓控土壤恶化促进黄瓜高产优质研究备受笔者所在课题组及其他学者关注^[3–4]。

褪黑素(*N*-乙酰基-5-甲氧基色胺, melatonin, MT),一种色氨酸吲哚类衍生物,也是现阶段备受关注的新型植物生长调节剂^[5]。前期研究表明,外源褪黑素可激活逆境中大棚蔬菜的抗氧化系统和渗透调节物质系统,缓解黄瓜干旱、盐、高温、低温、盐碱复合等多种非生物逆境胁迫^[6–10],且外源褪黑素可促进大棚黄瓜养分吸收和合理分配,

缓解黄瓜连作障碍中自毒物质胁迫^[11]。外源褪黑素缓控番茄、辣椒、萝卜、梨、香蕉、葡萄、草莓等多种园艺作物生物胁迫和非生物胁迫中作用显著,降低病害发生率延缓衰老,促进园艺植物生长发育且提高果实品质^[12–20]。外源褪黑素缓控大棚连作植物逆境胁迫,连作植物根际土壤微生态环境动态变化研究较少。本试验采用褪黑素作为外源材料,研究其根施技术对连作黄瓜幼苗生长及根际土壤微生态的影响,以期探索外源褪黑素缓控大棚黄瓜连作障碍提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试黄瓜(*C. sativus* L.)品种为津优 35 号,供试褪黑素(melatonin, MT)采购于 Sigma 公司。供试土壤为山东省聊城市东昌府区侯营镇 12 年黄瓜大棚耕层连作壤土,供试土壤基本理化性状为:pH 值 6.35(土水比=1:5),EC 值 432 $\mu\text{S/cm}$ (土水比=1:5),碱解氮含量 161.5 mg/kg,有效磷含量 236.7 mg/kg,速效钾含量 195.3 mg/kg,有机质含量 8.84 g/kg。

本试验于 2022 年在聊城市城市园林管理服务中心科技苗圃试验站进行。

收稿日期:2023–02–06

基金项目:山东省重点科技攻关类研发计划(编号:2019GNC21400);

聊城市重点研发项目(编号:2022YDNY09);聊城职业技术学院科技计划(编号:2020LZYK03);山东省高等学校青创人才引育计划。

作者简介:徐 宁(1983—),男,山东聊城人,博士,副教授,主要从事设施园艺生理生态等研究工作。E-mail:xuning0635@163.com。

通信作者:王 闯,硕士,副教授,主要从事设施园艺栽培技术等研究工作。E-mail:chuangwang2004@163.com。

1.2 试验设计

试验挑选饱满且大小均匀一致的黄瓜种子,常规方法浸种、催芽,发芽 2 d 后选择生长一致的种苗播于事先准备好的营养钵中培养,每个营养钵(10 cm×10 cm)内装 300 g 连作土壤。自幼苗子叶展平,采用不同浓度褪黑素溶液灌溉处理,以等量去离子水作对照(CK),2 d 浇灌 1 次,每营养钵 50 mL。试验处理设置见表 1。每个处理重复 3 次,每次重复 20 盆,完全随机区组排列。定植 30 d 后取出幼苗,测量其生长指标及根际土壤微生物生态指标。

表 1 试验处理设置	
试验处理	褪黑素浓度(μmol/L)
CK	0
T1	50
T2	100
T3	150
T4	200

1.3 测定项目及方法

1.3.1 幼苗生长指标测定 株高和根长采用卷尺测量,株高为茎基部到植株生长最高处的距离(cm),根长为幼苗主根长度(cm);茎粗采用游标卡尺测量,茎粗为茎基部的粗度(mm)。

1.3.2 幼苗根际土壤微生物生态指标测定 每处理随机选取 12 盆,采用根际土壤抖落法^[21]取黄瓜根际土壤,充分混合均匀后分成 2 份。一份土样立即带回实验室用于土壤微生物数量检测分析,另一份土样风干保存用于土壤酶活性检测分析。微生物群落数量分析采用系列稀释计数法统计微生物数量^[22],细菌、放线菌、真菌培养基参考徐宁等的方法^[3]配制,尖孢镰刀菌培养基参考韩宝坤等的方法^[23]配制;土壤酶活性参考关松荫的方法^[24]检测分析。

1.4 数据分析及处理

利用 Microsoft Office 2010 软件进行各试验数据整理,利用 DPS V18.10 软件进行处理数据统计分析,处理数据差异显著性(α=0.05)分析采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗生长的影响

由表 2 可知,外源褪黑素处理的连作黄瓜株高、茎粗、根长均高于对照(CK),随着外源褪黑素浓度增加,黄瓜幼苗株高、茎粗、根长呈先上升后降低的趋势,外源褪黑素浓度为 100 μmol/L 时上升最明

显。与对照(CK)相比,100 μmol/L 褪黑素处理(T2)株高、茎粗、根长提升 13.30%、22.67%、13.29%;200 μmol/L 褪黑素处理(T4)株高、茎粗、根长提升 4.51%、6.55%、9.00%,与不加褪黑素处理结果最接近。各处理相比对照均差异显著(P<0.05),添加外源褪黑素缓解连作土壤对黄瓜幼苗生长具有抑制。

表 2 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗生长指标的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	根长 (cm)
CK	7.97±0.15d	3.97±0.12d	9.33±0.15c
T1	8.47±0.15c	4.37±0.12bc	10.17±0.15b
T2	9.03±0.21a	4.87±0.15a	10.57±0.12a
T3	8.73±0.12b	4.53±0.12b	10.37±0.06ab
T4	8.33±0.12c	4.23±0.06c	10.17±0.21b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

2.2 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤微生物环境的影响

2.2.1 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤 pH 值和 EC 值的影响 由图 1 可知,外源褪黑素处理的黄瓜根际土壤 pH 值较高,其中,50、100、150 μmol/L 褪黑素处理(T1、T2、T3)与对照(CK)差异显著,外源褪黑素处理根际土壤 EC 值均显著低于对照(CK)。50、100、150 μmol/L 褪黑素处理的根际土壤 pH 值比对照(CK)高 3.90%、6.17%、5.59%,200 μmol/L 褪黑素处理的根际土壤 pH 值与对照(CK)差异不显著。50、100、150、200 μmol/L 褪黑素处理的根际土壤 EC 值比对照(CK)低 14.40%、17.99%、15.82%、11.27%,其中,100 μmol/L 褪黑素处理(T2)与对照(CK)差异最明显。

2.2.2 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤微生物的影响 由图 2 可知,外源褪黑素处理的连作黄瓜根际土壤细菌和放线菌数量均显著高于对照(CK),随着外源褪黑素浓度增加,细菌数量呈先上升后降低的趋势。50、100、150、200 μmol/L 褪黑素处理的根际土壤细菌数量比对照(CK)高 7.79%、18.93%、10.99%、6.52%,其中,100 μmol/L 褪黑素处理(T2)与对照(CK)差异最明显。100、150、200 μmol/L 褪黑素处理的根际土壤放线菌数量显著高于 50 μmol/L 褪黑素处理和对照(CK),但三者之间差异不显著,它们分别比对照高 22.00%、22.98%、22.89%,150 μmol/L 褪黑素处理(T3)与

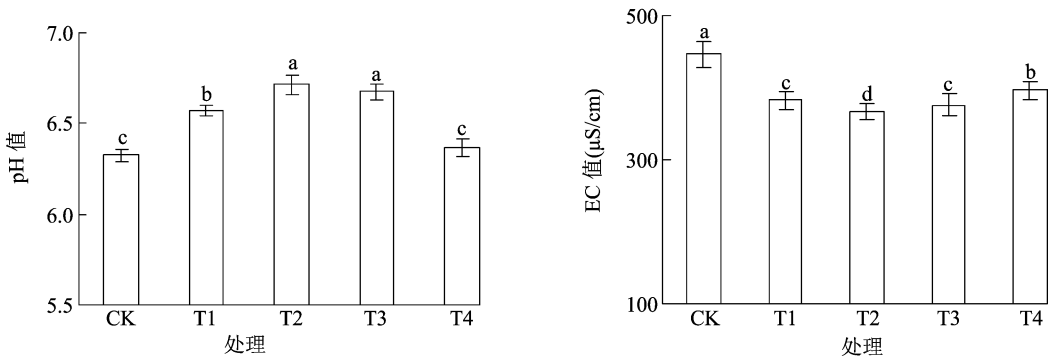


图1 外源褪黑素黄瓜幼苗根际土壤 pH 值和 EC 值的影响

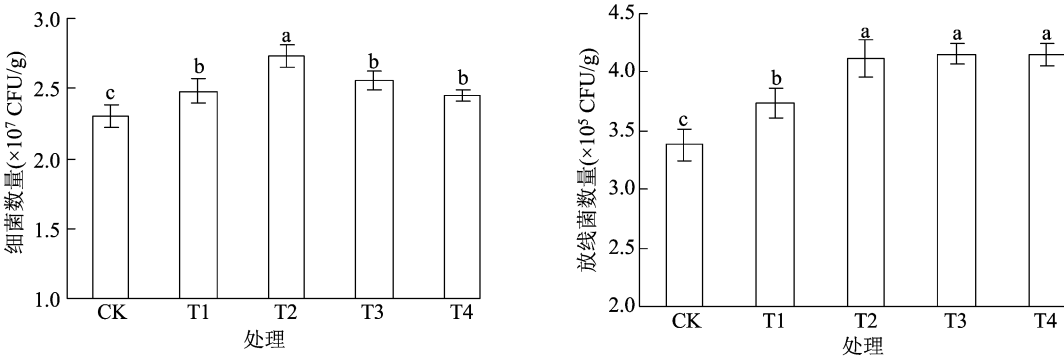


图2 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤细菌和放线菌数量的影响

对照(CK)差异最明显。

由图 3 可知,外源褪黑素处理的连作黄瓜根际土壤真菌和镰刀菌数量均显著低于对照(CK),且随着外源褪黑素浓度增加,连作黄瓜根际土壤的真菌和镰刀菌数量均呈先下降后上升趋势。50、100、

150、200 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理的根际土壤真菌和镰刀菌数量比对照(CK)少 12.45%、19.12%、16.25%、9.27% 和 12.25%、17.33%、14.02%、5.86%,2 种试验指标均以 100 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理(T2)与对照(CK)差异最显著。

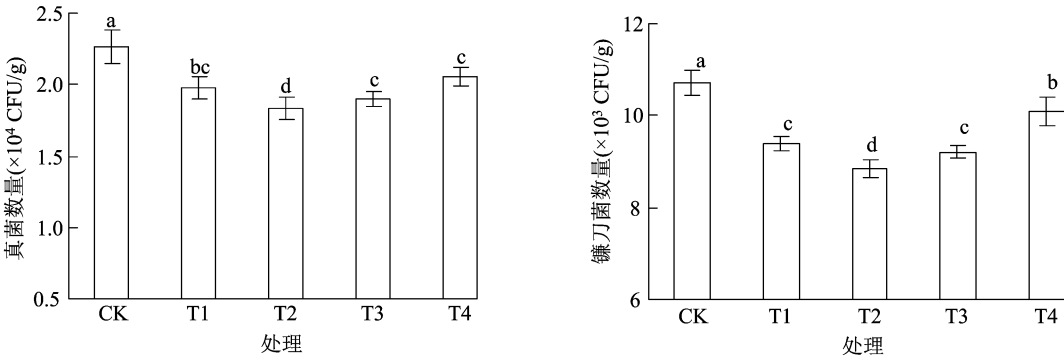


图3 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤真菌和镰刀菌数量的影响

2.2.3 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤酶活性的影响 由图 4 可知,外源褪黑素处理的连作黄瓜根际土壤脲酶和碱性磷酸酶活性均高于对照(CK),且两者均以 100 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理(T2)与对照(CK)差异最显著。100 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理的根际土壤脲酶活性比对照(CK)高 10.94%,50、150、200 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理根际土壤脲酶活性与对照(CK)差异不显著。50、100、150、200 $\mu\text{mol}/\text{L}$

褪黑素处理的根际土壤碱性磷酸酶活性比对照(CK)高 3.85%、12.50%、6.32%、2.61%。

由图 5 可知,外源褪黑素处理的连作黄瓜根际土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性均高于对照(CK),且随着外源褪黑素浓度增加,2 个指标均呈先升后降的趋势。50、100、150、200 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 褪黑素处理的根际土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性比对照(CK)高 15.22%、27.17%、14.13%、4.35% 和

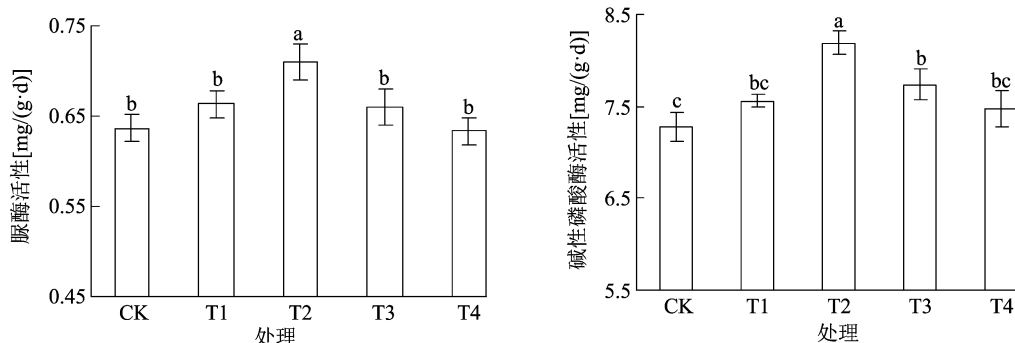


图4 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤脲酶和碱性磷酸酶活性的影响

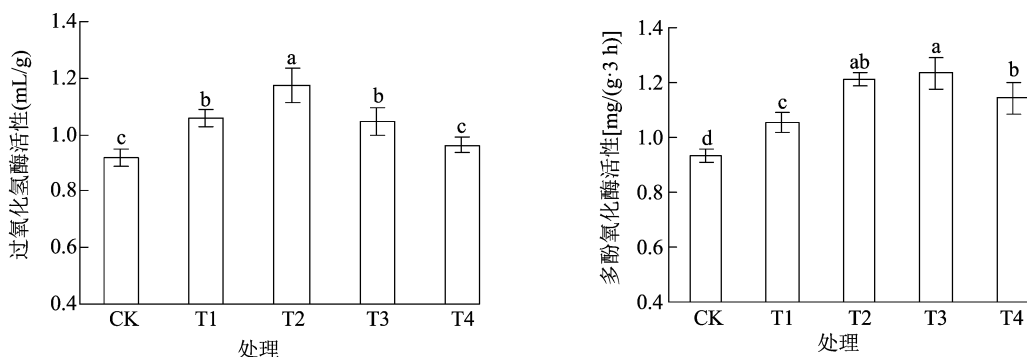


图5 外源褪黑素对连作黄瓜幼苗根际土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性的影响

12.90%、30.11%、32.26%、22.58%。100 $\mu\text{mol/L}$ 褪黑素处理(T2)与对照(CK)过氧化氢酶活性差异最明显,150 $\mu\text{mol/L}$ 褪黑素处理(T3)与对照(CK)多酚氧化酶活性差异最明显。

3 讨论

国内外研究表明,连作障碍的原因复杂,土壤理化性质恶化、养分失衡、病虫害加重、自毒物质积累、根际微生态系统失调均是主要原因,连作障碍是植物-土壤-微生物综合环境系统失调后的植物生长表现。试验结果表明,外源褪黑素处理的连作黄瓜幼苗株高、茎粗、根长显著高于不加褪黑素处理,这与李娟起等的研究结果一致,即外源褪黑素缓解黄瓜幼苗连作障碍效果显著^[25-26]。该试验结果与褪黑素缓解辣椒、甜瓜连作障碍研究结果^[27-28]一致。

植物根际土壤微生态体系动态变化主要受土壤理化性质、土壤微生物群落数量、土壤酶活性等影响,与植物生长发育形成交互影响,是植物-土壤-微生物综合环境系统构成的一套微生态体系^[29-31]。外源褪黑素处理提高连作黄瓜幼苗根际土壤 pH 值,降低根际土壤 EC 值,缓控连作土壤酸化和次生盐渍化,促进缓解黄瓜幼苗连作障碍。

在植物生长过程中,土壤微生物群落动态变化较大,微生物群落变化受土质环境、养分配比、植物根系分泌物等多因素影响^[27,31]。根施褪黑素,黄瓜幼苗根际土壤中细菌和放线菌数量较高,但真菌和尖孢镰刀菌较低。外源褪黑素处理一方面调控黄瓜根际土壤养分吸收,促进其生长发育,另一方面引起碳源数量和种类的变化,优化土壤微生物群落结构及数量。外源褪黑素还可使连作病原菌寄主环境变化,有利于减轻土传病害发生,其对连作病原菌有一定的抑制作用,这与褪黑素调控西瓜枯萎病逆境胁迫研究结果^[32]一致。

土壤微生物群落结构及数量动态变化中,土壤酶活性变化也较明显。脲酶、碱性磷酸酶是植物根际土壤中氮元素、磷元素的转化酶,其活性影响着土壤中碱解氮、有效磷、有机质等养分局部的优化平衡。增强多酚氧化酶活性,可加速植物根际土壤中酚类物质到有机质的持续转化^[33]。土壤过氧化氢酶活性升高可促进过氧化氢分解,减轻过量的过氧化氢对植物生长发育的危害。可见,本试验条件下,褪黑素根施优化了植物根际土壤中的养分平衡,显著降低了过量过氧化物的危害,有利于缓解大棚黄瓜连作障碍问题。下一步试验中,笔者所在课题组将针对外源褪黑素与植物根系分泌物定性

分析进一步研究。

4 结论

综上,外源褪黑素处理提高连作黄瓜幼苗根际土壤 pH 值,降低 EC 值,缓控连作土壤酸化和次生盐渍化。根施褪黑素,黄瓜幼苗根际土壤中细菌和放线菌数量较高,但真菌和尖孢镰刀菌数量较低,褪黑素处理优化微调连作土壤微生物区系。外源褪黑素处理,黄瓜幼苗根际土壤脲酶和碱性磷酸酶活性提高,且过氧化氢酶和多酚氧化酶活性较高,褪黑素处理促进植物养分吸收防止土壤肥力失衡,且进一步降低过氧化物危害,缓解连作土壤对黄瓜幼苗生长抑制。外源褪黑素处理的连作黄瓜株高、茎粗、根长均高于不添加处理,外源褪黑素有效缓解大棚黄瓜连作障碍,本试验条件下,100、150 $\mu\text{mol/L}$ 褪黑素处理效果显著。

参考文献:

- [1] 万小琪, 窦维卉, 杨 雪, 等. 不同农艺型措施对温室黄瓜连作土壤的改良效果[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(23): 228–234.
- [2] 李晓甜. 菌渣利用对设施黄瓜连作土壤特性及植株生长的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022: 1–2.
- [3] 徐 宁, 张方园, 王 闯, 等. 不同蔬菜轮作对设施连作黄瓜根际土壤微生态的影响[J]. 北方园艺, 2017(1): 48–52.
- [4] 徐 宁, 张方园, 孙晓慧, 等. 外源硅对连作黄瓜生长发育、产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2022(16): 46–51.
- [5] 王薇薇, 沈 峰, 吴永成, 等. 褪黑素生物合成及其在植物逆境胁迫中的作用综述[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 1–6.
- [6] 银珊珊, 周国彦, 顾博文, 等. 褪黑素引发对干旱胁迫下黄瓜幼苗生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(19): 30–36.
- [7] 李 荣, 焦志阳, 银珊珊, 等. 喷施褪黑素对黄瓜幼苗耐盐效应研究[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(1): 53–58.
- [8] 徐晨潇, 张晓宇, 刘超越, 等. 外源褪黑素与钙离子互作对高温胁迫下黄瓜幼苗过氧化氢伤害的缓解效应[J]. 应用生态学报, 2022, 33(10): 2725–2735.
- [9] 朱恒达, 王 策, 李 伟, 等. 丛枝菌根真菌和外源褪黑素提高黄瓜抗冷性的生理机制[J]. 植物生理学报, 2022, 58(7): 1254–1262.
- [10] 吴 鹏, 吕 剑, 郁继华, 等. 褪黑素对盐碱复合胁迫下黄瓜幼苗光合特性和渗透调节物质含量的影响[J]. 应用生态学报, 2022, 33(7): 1901–1910.
- [11] 李娟起. 褪黑素缓解自毒物质胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗生长的相关生理机制[D]. 北京: 中国农业大学, 2017: 89–93.
- [12] 徐 宁, 曹 娜, 王 闯, 等. 外源褪黑素对硝酸盐胁迫下番茄幼苗抗氧化系统的影响[J]. 北方园艺, 2019(3): 1–5.
- [13] 徐 宁, 孙晓慧, 曹 娜, 等. 外源褪黑素对硝酸盐胁迫下番茄幼苗生长及渗透调节物质的影响[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(9): 23–27.

- [14] 丁东霞, 李能慧, 李 静, 等. 外源褪黑素对低温弱光胁迫下辣椒叶绿素荧光和抗氧化系统的影响[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(9): 1935–1944.
- [15] 夏 铭, 李经纬, 罗章瑞, 等. 外源褪黑素影响萝卜生长及对链格孢菌抗性的机理研究[J]. 园艺学报, 2022, 49(3): 548–560.
- [16] 刘建龙. 外源褪黑素对梨果实发育、采后品质和抗轮纹病的影响及其调控机制研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019: 89.
- [17] Li T T, Wu Q X, Zhu H, et al. Comparative transcriptomic and metabolic analysis reveals the effect of melatonin on delaying anthracnose incidence upon postharvest banana fruit peel[J]. BMC Plant Biology, 2019, 19(1): 1–15.
- [18] Gao S W, Ma W Y, Lyu X N, et al. Melatonin may increase disease resistance and flavonoid biosynthesis through effects on DNA methylation and gene expression in grape berries[J]. BMC Plant Biology, 2020, 20(1): 231.
- [19] 苗卫东, 王 萌, 高换超, 等. 外源褪黑素对低温胁迫下不同葡萄品种抗氧化酶活性和 AsA–GSH 循环的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(23): 133–138.
- [20] 李恭峰, 高亚新, 马万成, 等. 叶喷褪黑素对草莓生长、光合及果实品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2022(12): 80–85.
- [21] 雷娟利, 寿伟松, 董文其, 等. 抗感枯萎病西瓜根际微生物比较研究[J]. 微生物学通报, 2008, 35(7): 1034–1038.
- [22] 王友保. 土壤污染生态修复实验技术[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 133–147.
- [23] 韩宝坤, 杜艳华. 非无菌操作下分离尖孢镰刀菌的培养基[J]. 植物病理学报, 2001, 31(4): 373.
- [24] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274–350.
- [25] 刘婷婷, 翟锡姣, 卫旭阳, 等. 外源褪黑素对黄瓜幼苗生长特性的影响[J]. 山西农业科学, 2021, 49(7): 828–833.
- [26] 刘婷婷, 卫旭阳, 翟锡姣, 等. 外源褪黑素对盐渍环境下黄瓜幼苗生长的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(3): 125–132.
- [27] 苏文桢. 连作余干辣椒土壤微生物多样性分析及褪黑素对其连作幼苗的缓解作用[D]. 南昌: 江西农业大学, 2022: 45–46.
- [28] 刘雨漠. 褪黑素对甜瓜自毒盐碱复合胁迫的缓解效应[D]. 福州: 福建农林大学, 2022: 42.
- [29] Trumbore S E, Gaudinski J B. The secret lives of roots[J]. Science, 2003, 302(5649): 1344–1345.
- [30] 葛 君, 孟自力, 张志标, 等. 肥料配施对小麦根系、根际土壤微生物及秸秆养分积累的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(11): 214–219.
- [31] Xu N, Wei M, Wang C, et al. Composition of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) root exudates and their allelopathy on cucumber sprouts and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* [J]. Allelopathy Journal, 2013, 32(2): 243–256.
- [32] 严静怡. 褪黑素调控西瓜枯萎病抗性的作用机制解析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022: 28.
- [33] 范志伟, 张奇瑞, 刘小林, 等. 外源茉莉酸甲酯对连作草莓土壤酶活性和酚酸类物质含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(17): 253–258.