

陈 花, 王建军, 王建树. 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 118–123.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.022

平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期生长发育的影响

陈 花¹, 王建军², 王建树¹

(1. 榆林学院生命科学学院, 陕西榆林 719000; 2. 榆林学院能源工程学院, 陕西榆林 719000)

摘要:以复合肥为基肥, 平菇菌糠为主要营养基质, 茼蒿 (*Chrysanthemum coronarium* L.) 为试验对象, 采用盆栽试验, 研究不同量的新鲜和发酵腐熟平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期生长发育的影响, 旨在为当地农业开发菌糠复合有机肥提供科学依据。结果表明: (1) 与 CK 相比, 在复合肥的基础上添加酵解鸡粪和平菇菌糠后均能促进茼蒿幼苗期根长、株高和叶宽的增长, 叶绿素含量的提高、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性的增强, 根系活力的提升, 丙二醛含量的降低。其中 150 g 发酵平菇菌糠配施复合肥处理的作用效果最显著, 其根长、株高、叶宽、叶绿素含量、SOD 活性、POD 活性、根系活力较 CK 分别提高了 25.17%、26.64%、24.34%、65.08%、48.27%、25.82%、35.91%, 丙二醛含量降低 9.31%, 均达到显著水平。与单施复合肥处理相比, 根长、株高、叶宽、叶绿素含量、SOD 和 POD 活性、根系活力均显著提高, 丙二醛含量降低 8.59%, 均达到显著水平。(2) 新鲜菌糠和发酵腐熟平菇菌糠随施入量的增加, 各项指标也均有明显的改善趋势, 但相同施入量条件下, 发酵腐熟菌糠对茼蒿幼苗期各项指标的影响效果更为明显。(3) 100 g 酵解鸡粪配施复合肥, 也能显著改善茼蒿幼苗的各项形态学和生理生化指标, 其作用效果不及 150 g 的发酵腐熟平菇菌糠处理。综上所述, 1.5 kg 土壤 + 1 g 复合肥 + 150 g 发酵腐熟平菇菌糠能通过提高茼蒿幼苗期的根长、株高、叶宽、叶绿素含量、POD 和 SOD 活性、根系活力以及降低丙二醛含量促进茼蒿早期形态建成, 优化其抗氧化酶系统, 减轻膜脂过氧化程度, 进而促进茼蒿的生长发育。

关键词:平菇菌糠; 茼蒿; 幼苗; 形态学; 生理生化

中图分类号: S636.906 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)05-0118-05

食用菌采摘子实体之后, 所余留下来的残余培养基质称作食用菌菌糠。大量研究结果表明, 食用菌菌糠具有很强的吸水性、保水性和透气性^[1]。食用菌菌丝体在生长发育过程中, 使得培养基中多数生物大分子降解成了可被细胞直接吸收的产物, 并且培养基中也含有大量死亡解体的菌丝体, 使食用菌菌糠含有丰富的可供作物吸收的营养物质^[2]。菌糠再经堆料发酵等工艺处理后, 不仅理化性状优良, 能有效保存功能菌剂的生物活性, 而且有效降解了菌糠中的蛋白质与多糖, 产生大量的腐殖质和有机氮、磷、钾等, 肥效全面。部分成分如多糖、生物酶等还具有病虫害防治、农残降解等功效^[3-4]。食用菌菌糠作为土壤有机肥^[5-8], 可提高土壤肥力, 也可改良污染土壤^[9-10]。

榆林市位于陕西省北部, 广袤的毛乌素沙漠南端, 独特的地域使得该地区土质以沙质土为主, 土

地不肥沃^[11]。2012 年, 联合国提出了“一荤一素一菌”的最佳营养用餐结构, 榆林市在充分调研基础上, 决定将食用菌产业作为脱贫攻坚和乡村振兴的示范产业、先导产业, 于是涌现出了食用菌产业的龙头企业 and 大批种植户, 使当地大量农户走上了脱贫致富的道路, 但随之也带来了大量食用菌菌糠不能合理处理的问题。食用菌菌棒的大量堆积和随意丢弃, 既污染农业生态环境, 也会危害相应区域内生物的健康。该研究针对榆林市土壤特点和农业发展现状, 选择食用菌收获子实体后的菌糠为主要培养基质, 以茼蒿 (*Chrysanthemum coronarium* L.) 为试验对象, 研究不同处理菌糠复合物对茼蒿幼苗期生长发育的影响。得出适合于设施绿叶蔬菜茼蒿生长的“菌糠 + 复合肥”的多重营养复合基质, 减少复合肥的施入量, 优化作物品质, 改良沙质土壤, 也为当地农业开发菌糠复合有机肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

复合肥的成分为磷酸一铵、磷酸二铵、磷酸二氢钾, 购自榆林市农贸市场; 平菇菌糠, 来源于陕西

收稿日期: 2020-07-08

基金项目: 陕西省教育厅科学研究计划 (编号: 18JK0908); 榆林市科技局产学研合作项目 (编号: 2016CXY-07)。

作者简介: 陈 花 (1979—), 女, 山西神池人, 硕士, 副教授, 研究方向为资源与应用微生物。E-mail: 510697622@qq.com。

省榆林市榆阳区草沟村平菇种植大棚,培养基成分主要是棉籽壳、麸皮;干鸡粪,来源于陕西省榆林市榆阳区马合镇鸡养殖农户;茼蒿种子,由陕西省榆林市农业科学研究院提供;沙土,采自陕西省榆林市榆阳区草沟村 5 年以上的荒田(以沙瓢土为主);微生物发酵剂,含有效活菌数 200 亿个/g。

1.2 试验方法

本试验于 2019 年 6 月 4 日在榆林市榆林学院西区实习基地进行。

1.2.1 营养基质的准备 (1)新鲜的平菇菌棒手工充分粉碎,得到体积较小的菌糠。待全部菌棒粉碎后,所得到的菌糠依次过 1 mm 筛网,重复 2 次,自然晾干,备用;(2)平菇菌糠和干鸡粪的腐熟发酵:过筛网的粉碎平菇菌糠经 7 d 自然晾干,选取其中一半(约 2 kg),加入适当比例的发酵剂(1 kg 菌糠配入 1 mL 发酵剂),拌水充分混匀,用力攥捏菌糠,以出水而不滴落为宜(约 60% 含水量);干鸡粪用铁锹粉碎成大约 1 cm 的小块,加入上述同样比例的发酵剂后,喷洒约 60% 的水分混合;将处理好的菌糠和鸡粪分别翻挖入土层后立即覆膜密封,促进腐熟。地面温度约为 22 ℃,12 d 后发酵腐熟完成;(3)发酵腐熟完成的平菇菌糠和鸡粪,通风处自然风干 1 d。之后摊平于托盘中,放入 60 ℃干燥箱中进行水分蒸发处理(期间每隔 6 h 翻动 1 次,防止外部烧焦和内部霉变);(4)选取同一区域内,质地、湿度等均一的土壤进行采集,并同样过 1 mm 筛网,重复 2 次,装袋,自然摊平,备用;(5)将土壤、复合肥、酵解鸡粪、新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠等,按表 1 所示比例进行充分混合,共计 9 组处理,每个处理重复 3 次。混合时再次将土壤和平菇菌糠过 1 mm 筛网,防止后期浇水结块。混合物置于底部内径 15 cm、顶部内径 24 cm、高度为 21 cm 的相同规格的花盆中,并于每个盆底铺设双层纱布,防止盆内营养基质从透水孔露出。

1.2.2 种子的处理 随机选取大小均匀一致的茼蒿种子约 1 000 粒,自来水充分浸泡 12 h;随机选取充分浸泡的茼蒿种子,每盆选择约 30 粒,共计约 810 粒,均匀撒播于准备好的 27 盆营养基质中。待撒播完成后,种子上部覆盖约 5 mm 厚的土层^[12]。

1.2.3 幼苗的培养 将 27 盆已撒播茼蒿种子的花盆置于智能人工气候培养箱中培养,设定时间(光照 12 h、黑暗 12 h)、温度(光期 25 ℃、暗期 20 ℃)和湿度(光期和暗期相对湿度均为 80%)进行生长

表 1 处理组营养基质配方

处理	营养基质与含量
处理 1	土壤 1.5 kg(空白对照组,CK)
处理 2	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g
处理 3	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、酵解鸡粪 100 g
处理 4	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、新鲜平菇菌糠 50 g
处理 5	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、新鲜平菇菌糠 100 g
处理 6	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、新鲜平菇菌糠 150 g
处理 7	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、发酵腐熟平菇菌糠 50 g
处理 8	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、发酵腐熟平菇菌糠 100 g
处理 9	土壤 1.5 kg、复合肥 1 g、发酵腐熟平菇菌糠 150 g

培养;种子发芽初期,每盆白天间隔 6 h、夜间间隔 12 h 喷洒约 20 mL 水。待幼苗破土后,间隔 12 h 喷洒约 40 mL 水。当幼苗长出 2 张绿色幼叶时,白天间隔 6 h、夜间间隔 12 h 喷洒约 30 mL 水。并间隔 3 d 松土 1 次,保证茼蒿幼苗根部氧气供应^[13-15]。

1.3 指标测定

待茼蒿幼苗生长至二叶一心时期(从播种到指标测定约 15 d),模拟大田五点采样法取样,测定茼蒿根长、株高、叶宽 3 项形态学指标和叶绿素含量^[16]、过氧化物酶(POD)活性^[17]、超氧化物歧化酶(SOD)活性^[18]、丙二醛(MDA)含量^[19]、根系活力^[20] 5 项生理生化指标。

1.4 数据分析

数据统计和绘图采用 Excel 2016 软件进行,单因素方差分析采用 SPSS 23.0 软件进行,并用邓肯氏新复极差法进行多重比较,显著性检验在 0.05 水平下进行。

2 结果与分析

2.1 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期形态指标的影响

由表 2 可以看出,各处理组的根长、株高和叶宽较 CK 均呈上升趋势,特别是处理 9 的 3 项指标值均为最高水平。复合肥 + 150 g 发酵腐熟平菇菌糠与 CK 相比,根长、株高、叶宽的增长幅度分别为 25.17%、26.64%、24.34%,与对照差异均达到显著水平;与处理组 2 相比,差异也均达到显著水平;与处理 3 相比,根长、株高和叶宽虽有所提高,但除株高涨幅显著外($P < 0.05$),根长和叶宽差异不显著。平菇菌糠处理组间相比较,等量发酵菌糠对茼蒿根长、株高和叶宽的影响效果较新鲜菌糠有所提高,但差异多不显著,只有菌糠使用量为 100 g 时的茼

蒿叶宽和菌糠使用量为 150 g 时的茼蒿株高差异显著。说明土壤中增施一定量的酵解鸡粪和平菇菌糠均能显著增长茼蒿幼苗期的根长、株高和叶宽,且发酵腐熟平菇菌糠效果更好。结果表明,适量的

平菇菌糠,尤其是发酵腐熟的平菇菌糠,配施复合肥,相对于空白对照和单一施入复合肥栽植茼蒿,能够显著改善茼蒿早期形态建成,进而提高茼蒿的产量。

表 2 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期形态指标的影响

处理	根长		株高		叶宽	
	根长(cm)	增长百分率(%)	株高(cm)	增长百分率(%)	叶宽(cm)	增长百分率(%)
处理 1	10.17 ± 0.15c		5.63 ± 0.07d		1.52 ± 0.11c	
处理 2	11.07 ± 0.03bc	8.85	6.07 ± 0.12cd	7.82	1.60 ± 0.07bc	5.26
处理 3	12.17 ± 0.09ab	19.67	6.47 ± 0.15bc	14.92	1.86 ± 0.01a	22.37
处理 4	11.17 ± 0.20bc	9.83	6.27 ± 0.03c	11.37	1.69 ± 0.06bc	11.18
处理 5	11.50 ± 0.50b	13.08	6.43 ± 0.09bc	14.21	1.68 ± 0.04bc	10.53
处理 6	12.23 ± 0.03ab	20.26	6.60 ± 0.06bc	17.23	1.85 ± 0.01a	21.71
处理 7	11.20 ± 0.06bc	10.13	6.23 ± 0.09c	10.66	1.75 ± 0.01ab	15.13
处理 8	12.00 ± 0.17ab	17.99	6.47 ± 0.15bc	14.92	1.83 ± 0.03a	20.39
处理 9	12.73 ± 0.58a	25.17	7.13 ± 0.09a	26.64	1.89 ± 0.03a	24.34

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.2 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期叶绿素含量的影响

从图 1 可以看出,各处理组的叶绿素含量均显著高于 CK,提高幅度为 48.21% ~ 65.08%,其中处理 9 的叶绿素含量最高,显著高于其他处理组。比较处理 2 和 3 表明,酵解鸡粪的加入,显著提高了茼蒿叶绿素含量。新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠均随施入量的增加,叶绿素含量呈上升趋势,但在相同施入量条件下,发酵腐熟平菇菌糠对叶绿素的提高效果更为明显,差异均达到显著水平。处理 3 和平菇菌糠处理相比,酵解鸡粪处理的叶绿素含量显著低于 150 g 发酵腐熟平菇菌糠处理,显著高于其他菌糠处理。结果表明,适量菌糠,尤其是发酵腐熟的菌糠,配施复合肥能够显著提高茼蒿幼苗期的叶绿素含量。

2.3 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

由图 2 可知,各处理的 SOD 活性较 CK 均有所增强,其中,处理 3、7、8 和 9 差异达到显著水平,分别较对照提高 15.40%、10.47%、25.86% 和 48.27%。与处理 2 相比,所有平菇菌糠处理组的 SOD 活性有所增强,鲜平菇菌糠处理组间差异不显著,发酵菌糠处理组间差异均显著。处理 3 相对于处理 2,加入酵解鸡粪的影响效果达到显著水平,SOD 活性增长了 14.62%,表明酵解鸡粪能显著增强茼蒿幼苗 SOD 活性。处理 3 和平菇菌糠处理相

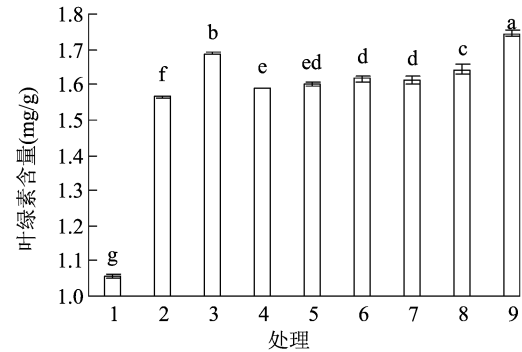


图 1 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期叶绿素含量的影响

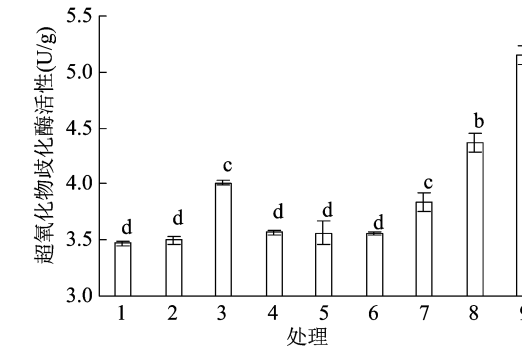


图 2 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期超氧化物歧化酶活性的影响

比,其含量相当的情况下 SOD 活性显著低于发酵菌糠处理。SOD 活性也随平菇菌糠施入量的增加,呈上升趋势,并且菌糠施入量相当的发酵菌糠对 SOD 活性的影响效果显著高于鲜菌糠处理。结果表明,适量酵解鸡粪或平菇菌糠,配施复合肥能够增强茼蒿幼苗期的 SOD 活性,但发酵平菇菌糠的效果优于

鲜菌糠和酵解鸡粪。

2.4 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期过氧化物酶(POD)活性的影响

从图 3 可以看出,各处理的 POD 活性相对于 CK 均有不同程度提升,特别是处理 3、6 和 9,影响效果达到显著水平,较对照组分别提高 22.15%、23.34%、25.82%。对比处理 3 和处理 2 表明,酵解鸡粪的加入能显著提高茼蒿幼苗的 POD 活性,提高了 17.93%;对比处理 3 和平菇菌糠处理,差异均不显著。新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠各处理的 POD 活性均随施入量的增加有所提升,以 150 g 菌糠施入量影响效果最佳,但菌糠对应处理组的茼蒿幼苗期 POD 活性差异不显著。上述结果表明,酵解鸡粪或平菇菌糠,配施复合肥能提升茼蒿幼苗期的 POD 活性,但新鲜平菇菌糠、发酵腐熟平菇菌糠和酵解鸡粪三者的作用效果相当。

2.5 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期丙二醛(MDA)含量的影响

从图 4 可知,不同处理的 MDA 含量均低于 CK,尤以处理 3 影响结果最为明显,降低幅度为 10.15%,达到显著水平,其次是 150 g 发酵腐熟平菇菌糠处理,降低幅度为 9.31%,达到显著水平;处理 3 和处理 9 组间差异不显著,但显著高于其他处

理。表明一定量酵解鸡粪的加入能显著降低茼蒿幼苗的 MDA 含量,且效果优于发酵腐熟平菇菌糠。平菇菌糠处理组 MDA 含量随施入量的增加均呈现下降趋势,发酵菌糠处理组的 MDA 含量低于对应鲜菌糠处理组,但组间差异均不显著。结果表明,适量酵解鸡粪或平菇菌糠,配施复合肥能够降低茼蒿幼苗期的 MDA 含量。

2.6 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期根系活力的影响

从图 5 可知,各处理的根系活力较 CK 增加了 25.82%~35.91%,均达到显著水平,其中处理 9 的茼蒿根系活力最大,其次是处理 3,这 2 个处理之间差异不显著,但显著高于其他处理。处理 3 较处理 2 的茼蒿根系活力显著增加 6.86%。随新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠施入量的增加,根系活力呈上升趋势,特别是菌糠含量为 150g 时,与复合肥处理组 2 相比,根系活力的增高均达到显著水平,但发酵腐熟菌糠较新鲜菌糠在施入量相同时对根系活力的增高效果更为明显,其中平菇菌糠施入量在 100 和 150 g 时对应处理组间差异显著。上述结果表明,适量的酵解鸡粪或平菇菌糠,配施复合肥能够显著增强茼蒿幼苗期的根系活力,但酵解鸡粪的效果优于平菇菌糠。

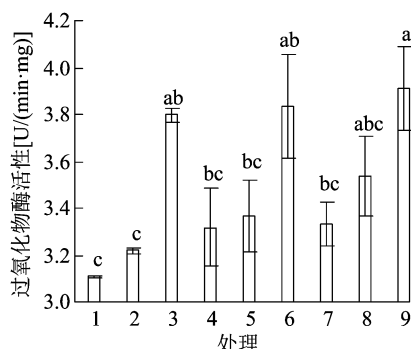


图3 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期过氧化物酶活性的影响

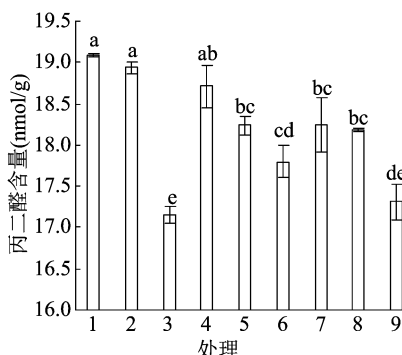


图4 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期丙二醛含量的影响

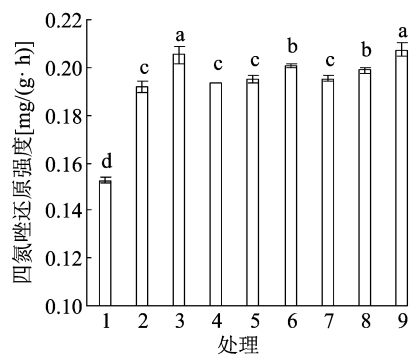


图5 平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期根系活力的影响

3 结论与讨论

植物的形态学指标直接反映了植物在某一时期,或某一生长发育阶段的生长变化情况,可以作为判断植物良好生长的依据。试验中的根长、株高、叶宽等形态学指标分别反映了茼蒿在整个试验过程中最终的根系吸收生长、茎秆伸长生长和叶片增大生长等变化情况,平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期形态学影响的研究表明,各处理茼蒿幼苗的

形态学指标均高于 CK。与 CK 相比,各处理的根长增长 8.85%~25.17%,株高增高 7.82%~26.64%,叶宽增宽 5.26%~24.34%,而以处理 9 的影响效果最佳,其 3 项形态学指标均显著高于对照。这是因为经过与发酵剂混合后发酵腐熟的菌糠基质中含有更多的好氧和厌氧菌,促进了茼蒿幼苗根系的呼吸作用,进而提高了植株地上部的生长,影响了形态学指标。酵解鸡粪的加入,也能显著提高茼蒿幼苗的各项形态学指标,其效果仅次于

处理 9。新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠随施入量的增加,形态学指标均呈上升趋势,但相同施入量的条件下,发酵腐熟菌糠对茼蒿幼苗形态学的影响效果更为明显。上述结果表明,培养料在发酵过程中经微生物降解产生了能被茼蒿根系直接吸收利用的速效营养物质,加速了茼蒿的物质代谢速率,促进其快速生长。因此,适量菌糠,尤其是发酵腐熟的平菇菌糠,配施复合肥能够显著提高和改善茼蒿幼苗的幼苗期生长,这与楼子墨等的研究结果^[1,20-21]相同。菌糠作为生物肥改善了作物的生长,也与刘国丽等的研究结果^[22]相同。但是,在给作物施用多重营养基质时,要注意控制各种基质的量的变化,以达到最佳效果。

植物的生理生化指标间接反映了植物在某一生长发育阶段内的代谢生长变化情况。本研究中的叶绿素含量、SOD 活性、POD 活性、MDA 含量和根系活力等生理生化指标分别反映了茼蒿在试验阶段的物质代谢情况及生理发育状况。通过平菇菌糠配施复合肥对茼蒿幼苗期生理生化影响的研究,可以确定各处理组茼蒿幼苗的生理生化指标与 CK 相比较,叶绿素含量提高 48.21% ~ 65.08%, SOD 活性增强 0.68% ~ 48.27%, POD 活性提升 3.57% ~ 25.82%, MDA 含量降低 0.78% ~ 10.15%,根系活力增高 25.82% ~ 35.91%。同 CK 相比较,酵解鸡粪的加入能显著降低茼蒿幼苗的 MDA 含量,提高叶绿素含量、SOD 和 POD 活性、根系活力。新鲜平菇菌糠和发酵腐熟平菇菌糠处理组随菌糠施入量的增加,各项指标也均有不同程度地改善,其中,复合肥 + 150 g 发酵腐熟平菇菌糠处理的 MDA 含量最低,叶绿素含量、POD 和 SOD 活力和根系活力最高。平菇菌糠施入量相同的条件下,发酵腐熟菌糠对茼蒿幼苗的影响效果更为明显,其中,对应处理组中的叶绿素含量和 SOD 活性达到显著水平,复合肥 + 150 g 发酵腐熟平菇菌糠的根系活力显著高于对应组,表明发酵腐熟菌糠,相对于新鲜菌糠,其基质中含有了更多的微生物因子,可以促进植物在生长发育时期的生理代谢需要,这使得本试验中的发酵腐熟菌糠处理组茼蒿的生理生化指标有了明显改善,进而能改善茼蒿幼苗的发育。酵解鸡粪处理与等量的菌糠处理相比,其叶绿素含量、根系活力显著高于菌糠处理,MDA 含量显著低于对应的菌糠处理组,表明相同施入量条件下,鸡粪对茼蒿的早期生长发育更有效。适量菌糠,尤其

是发酵腐熟的平菇菌糠,配施复合肥能够明显改善茼蒿幼苗的幼苗期生长发育,能更好地增加收获产量,提高农民收入;这与朱小平研究的菌糠复合物能够促进小白菜生长并提高其产量的研究结果^[23]相似,也与曾振基等的研究结果^[24-26]相同:菌糠复合物能改善作物生长发育,提高产量,符合生物有机肥国家行业标准。

综上所述,复合肥、酵解鸡粪和平菇菌糠均可促进茼蒿幼苗期的生长,但后二者的作用效果更明显;平菇菌糠施入量相等的条件下,发酵菌糠作用效果优于新鲜菌糠;施入量相当的条件下,酵解鸡粪的作用效果更显著,但长期单一性地大量使用酵解鸡粪可能存在土壤重金属和激素污染的隐患,因此,实际生产过程中应将菌糠和酵解鸡粪配合使用,不仅能促进植物生长发育,进而提高产量,也可以降低土壤污染风险。

参考文献:

- [1] 楼子墨. 废弃菌糠理化性质及其资源化过程中的环境影响研究[D]. 杭州:浙江大学,2016.
- [2] 李 维. 食用菌菌糠的腐熟及腐熟物在土壤改良中的应用[D]. 北京:北京理工大学,2016.
- [3] 罗小芳,栗海波,孙银为,等. 食用菌菌糠综合开发利用现状[J]. 生物加工过程,2017,15(4):77-81.
- [4] 余炎炎,李 欢,王瑞丽. 食用菌菌糠综合利用的研究现状[J]. 农业与技术,2016,36(10):12.
- [5] Sugeng T, Agus H, Dermiyati D, et al. Effect of mushroom spent empty fruit bunch (FEB) supplement on physicochemical properties of a biofertilizer named organonitrofos [J]. Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 2019, 8(2):120-129.
- [6] Vahid A, Saadatmand R, Khavari N. Influence of spent mushroom compost (SMC) as an organic fertilizer on nutrient, growth, yield, and essential oil composition of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2019, 50(5):538-548.
- [7] 刘 冉,董 莎,姚志超,等. 黑木耳菌糠有机肥的制备及肥效研究[J]. 东北农业科学,2018,43(6):20-24.
- [8] 付丽军,张爱敏,王向东,等. 生物有机肥改良设施蔬菜土壤的研究进展[J]. 中国土壤与肥料,2017(3):1-5.
- [9] Wei Y N, Jin Z H, Zhang M, et al. Impact of spent mushroom substrate on Cd immobilization and soil property [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27(3):3007-3022.
- [10] 常建宁,李丹洋,王効举,等. 炭基有机肥配施菌糠木醋液对污灌区土壤铬形态及玉米吸收的影响[J]. 河南农业科学,2019, 48(1):57-65.
- [11] 张 耘,刘占和,王 斌. 榆林小杂粮[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- [12] 张 然,程红艳,吴梦欣,等. 不同处理菌糠对油菜生长及土壤

杨瑞欣,郝文琴,王雪芸,等. 纳米硒和红蓝光配比对生菜生长和光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(5):123-128.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.023

纳米硒和红蓝光对比对生菜生长和光合特性的影响

杨瑞欣, 郝文琴, 王雪芸, 王梓皓, 杨一凡, 侯雷平, 张 毅

(山西农业大学园艺学院/山西省设施蔬菜提质增效协同创新中心,山西太谷 030801)

摘要:为探究纳米硒和红蓝光对比对生菜生长和光合特性的影响,以意大利耐抽薹生菜为试材,采用水培法,在红蓝光比例为 4:1、1:2 及单独红光与蓝光照射条件下,分别用不同浓度(0、24、48 $\mu\text{mol/L}$)纳米硒溶液对生菜叶面进行喷施处理。结果表明:(1)在 4:1 红蓝光、1:2 红蓝光及红光照射条件下,喷施纳米硒均能有效提高生菜生物量,其中在 4:1 红蓝光照射下喷施 48 $\mu\text{mol/L}$ 硒溶液时,植株生物量最高且增幅最大。(2)增加蓝光比例可提高叶片叶绿素含量,且在单独蓝光照射下喷施 48 $\mu\text{mol/L}$ 硒溶液时,叶绿素含量最高且增幅最大。(3)纳米硒在 4:1 红蓝光下可提高叶片净光合速率与蒸腾速率,并降低其水分利用率,在单独红光照射下增大了气孔导度,在单独蓝光照射下可提高水分利用率,并降低其胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率与气孔导度。综上,在 4:1 红蓝光照射下喷施 48 $\mu\text{mol/L}$ 硒溶液对生菜光合作用和生物量积累的促进效果最好

关键词:生菜;纳米硒;红蓝光配比;单色光;光质;生长特性;光合特性

中图分类号:S636.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)05-0123-06

硒是人类必需的重要营养元素^[1],缺硒会引发人体诸多疾病。而人体无法合成硒,只能通过外界补充获得^[1-2]。人类饮食缺硒是个全球性问题^[3],

近年来,人们对富硒产品的需求不断上升。王佑成等研究发现,适宜浓度的纳米硒能够促进植物生长^[4]。胡万行等研究发现,纳米硒相比于无机硒体积更小、活性更高且无毒,与植物光合作用的调控密切相关,更能有效促进植物生长^[5]。刘嘉兴等研究发现,生态纳米硒可显著提高生菜品质^[6]。

光是重要的环境因子,能够调节植物的代谢活动、形态建成与品质^[7]。相比于光照度、光周期,光质对植物生长发育的影响效应更为复杂^[8]。LED 灯具有体积小、冷光源、光质精量调控等优点,被广

收稿日期:2020-05-02

基金项目:山西省高等学校大学生创新创业训练计划(编号:2019111);山西省高等学校教学改革创新项目(编号:J2016029);山西省重点研发计划重点项目(编号:201703D211001-04-03)。

作者简介:杨瑞欣(1998—),女,河南洛阳人,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。E-mail:yrx9887@163.com。

通信作者:张 毅,博士,副教授,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。E-mail:harmony1228@163.com。

理化性质的影响[J]. 吉林农业,2017(4):76-79.

[13]贾庆美. NaCl 处理对茄子发芽期与幼苗期生长发育的影响[D]. 合肥:安徽农业大学,2014.

[14]宋新颖,张玉梅,张洪生,等. 干旱胁迫对不同冬小麦品种幼苗期生理特性的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(12):6-11.

[15]林彰文. 种子处理对玉米种子萌发及幼苗期生理化的影响[D]. 长沙:湖南农业大学,2003.

[16]王雪奎,黄建良. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2015:123-124.

[17]苍 晶,赵会杰. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2013.

[18]张志良,瞿伟菁,李小芳. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2009:32-33.

[19]郝建军,康宗利,于 洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:159-160.

[20]达拉诺夫斯卡娅. 根系研究法[M]. 李继云,译. 北京:科学出

版社,1962.

[21]孙 杰,刘登民,时连辉,等. 菇渣对土壤理化性质和生菜生长的影响[J]. 北方园艺,2015(14):169-173.

[22]刘国丽,李 超,李学龙,等. 不同菌糠配比基质对番茄幼苗期生长的影响[J]. 辽宁农业科学,2017(5):82-84.

[23]朱小平. 菌糠复合剂对土壤改良和作物生长的影响[D]. 北京:中国农业大学,2005.

[24]曾振基,陈逸湘,凌宏通,等. 食用菌菌糠生产有机肥研究[J]. 中国食用菌,2015,34(2):56-59.

[25]曹雪莹,陈智毅,唐秋实,等. 金针菇菌糠啤酒糟有机肥对土壤及马铃薯品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报,2017,8(6):2140-2145.

[26]陈智毅,曹雪莹,唐秋实,等. 金针菇菌糠有机肥对土壤及农作物的影响研究[C]//中国菌物学会 2016 学术年会论文. 2016:118-119.