

微生物菌剂 Super ER·MI 对连作切花菊‘优香’ 生长和养分利用的影响

王轲永¹ 李春杰² 赵宏伟¹ 程强¹ 温超¹ 马男¹ 赵梁军^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193;

2. 北京市延庆县种植业服务中心,北京 102100)

摘要 为了解新型外源有益微生物对连作菊花生长和土壤调控的促进效应,以切花菊主要生产品种‘优香’为材料,使用 Super ER·MI 菌剂做不同处理,研究其对连作菊花植株生长、养分利用以及土壤养分积累量的影响。结果表明:Super ER·MI 菌剂能提高切花菊的植株鲜重与干重,对于株高、茎粗和叶片数影响不显著,能促进连作条件下切花菊植株氮磷钾的吸收,有效提升连作条件下切花菊品质,使切花菊的花序直径增大,提高优级花比例。Super ER·MI 菌剂能促使植物吸收浅层土壤中的氮元素,减少浅层土壤中的氮素累积,改善土壤的理化环境,并能提高 20~40 cm 土壤中养分含量,但仅能提高 40~60 cm 土壤中的钾含量,对于氮和磷影响不显著。其中只使用菌剂处理而不添加基质的处理相对较好,切花菊地上部的干鲜重增加最显著,花序直径增粗最多,一级花的比重增加显著,氮磷钾元素的吸收量显著得到提升。

关键词 菊花;连作;微生物;土壤;养分

中图分类号 S 682.1⁺¹

文章编号 1007-4333(2016)05-0066-10

文献标志码 A

Effects of microorganism Super ER·MI on chrysanthemum ‘Yuka’ growth and nutrient utilization under continuous cropping conditions

WANG Ke-yong¹, LI Chun-jie², ZHAO Hong-wei¹, CHENG Qiang¹,
WEN Chao¹, MA Nan¹, ZHAO Liang-jun^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193;

2. Crop Production Service Center of Yanqing County, Beijing 102100)

Abstract In order to explore the effects of exogenous beneficial microorganisms inoculation on chrysanthemum growth and soil conditions under continuous cropping. We inoculated chrysanthemum ‘Yuka’ with Super ER·MI microorganism, and investigated the changes of the growth and nutrient absorption of plant and the soil nutrient. The results showed that inoculation with Super ER·MI microbial agent could promote the growth of chrysanthemum ‘Yuka’, but has no significant effect on plant height, stem diameter and number of leaves. Super ER·MI microbial agent enhance the absorption of nutrients chrysanthemum ‘Yuka’ effectively, improve the ornamental quality of cut chrysanthemum, make inflorescence diameter increases, and increase the proportion of superior grade flowers. Super ER·MI microorganism could reduce nitrogen accumulation in the shallow soil and improve soil environment by promoting ‘Yuka’ to absorb nitrogen in 0–20 cm soil layer. In addition, Super ER·MI microorganism could improve the nutrient content in 20–40 cm soil layer, but has no effect on nitrogen and phosphorus content except potassium in 40–60 cm soil layer. Inoculating the Super ER·MI microorganism without additional substrate is better method. Aboveground

收稿日期: 2015-04-09

基金项目: 北京市教委-科学研究与研究生培养共建项目(201502911110426)

第一作者: 王轲永, 硕士研究生, E-mail: wky@cau.edu.cn

通讯作者: 赵梁军, 教授, 主要从事园林植物生理生态和生长发育研究, E-mail: zhaolj5073@163.com

fresh/dry weight of chrysanthemum and proportion of first-grade flowers increased significantly; the diameter of inflorescence enlarged; And the uptake of N, P, K were improved distinctively.

Keywords chrysanthemum; continuous cropping; microorganism; soil; nutrients

菊花是四大切花之一,在世界鲜切花市场占有率重要地位。切花菊占鲜切花总产量 30% 左右,早在 20 世纪 80 年代,我国切花菊产品就陆续出口至日本等国。切花菊种植者为获得最大限度的经济效益,大多采取单一地块多年种植、重复耕作的连作种植模式,连作多年之后,切花菊的切花品质和产量都会显著下降,日益严重的连作障碍已经成为限制切花菊可持续生产的瓶颈之一。

导致切花菊产生连作障碍的原因很多,目前普遍认为土壤养分亏缺或失衡、土壤微生物种类和数量变化(有害微生物的大量繁殖)、根系分泌物及前茬作物残留物的毒害是连作障碍产生的几个主要原因。国内外专家对大豆、棉花等大田作物及黄瓜等园艺作物进行过大量的、关于连作障碍问题的研究,其中刘建国等^[1]和 Aparicio 等^[2]对连作土壤理化性质的研究发现作物连作会严重破坏土壤结构,使连作土壤容重增大,土壤含盐量上升,进而导致养分失调和土壤次生盐渍化加重;喻景权等^[3]和吴凤芝等^[4]通过对连作土壤生物学环境进行研究,认为土传病害是导致作物连作障碍最主要的因素,随着连作年限的增加,土壤中致病微生物种类和数量上升,土传病虫害加重。喻景权等^[3]还通过对作物残茬成分的分析,发现前茬作物残枝落叶在腐烂分解过程中产生的一些毒素会对后续作物的生长发育造成严重的毒害作用,显著遏制后续作物的生长。吴凤芝等^[4]对大棚蔬菜的研究结果表明,随着蔬菜连作时间的增长,其连作土壤中致病真菌种群增多,有益细菌种群减少。阎飞等^[5]和韩丽梅等^[6]通过对连作大豆的残株及相应的根际土进行 GC-MS 测定,认为作物根系分泌物是造成作物连作障碍最根本的原因,发现植株残株腐解物产生的毒素、根系分泌物中的某些成分和土壤微生物代谢物都会抑制植株的生长。然而,也有些结论与以上不同,李春格等^[7]和马云华等^[8]通过研究发现连作土壤中主要微生物的种类、数量以及土壤酶活性呈上升后再下降的趋势。李春格等^[7]通过对连作大豆的研究发现,大豆连作 6 年后长势逐渐改善,连作 8 年的大豆生长状况显著好于连作 4 年。马云华等^[8]通过对连作黄瓜的研究发现,短时期的连作中多数土壤酶活性在整个生

育时期内变化规律基本一致,均随连作年限的增加总体呈升高趋势,这可能是因为前期连作阶段由于黄瓜残茬腐解物的存在,种植土壤中进入并积累了足够的碳素,从而为土壤酶供应了足够的底物,推进了土壤的熟化程度,因而土壤的肥力得到提升。可见土壤的连作障碍是一个复杂的综合性问题,涉及种植作物本身的特性、种植方式、环境特点等多方面的研究。

目前国内外对大豆、黄瓜、番茄等经济类作物的连作土壤状况进行的研究较多,侧重点虽有不同,但多集中于对连作发生机理的研究,而针对于微生物菌剂对切花菊连作生产影响方面的研究报道较少。新型微生物菌剂 Super ER·MI 由日本生物公司 サンルー ト株式会社研发生产,通过提取自然环境下的多种有益微生物,并加入微生物生长所需要的营养物质,经过特殊技术手段浓缩生产的一种新型微生物制剂,已在多种作物上进行了效应试验,证明其对作物生长有很好的促进作用。此类微生物菌剂在菊花上的使用未见报道。本试验通过研究新型进口微生物益生制剂 Super ER·MI 对连作切菊花‘优香’生长和养分利用的影响,旨在为治理切花菊连作障碍提供一定的理论依据和技术借鉴。

1 材料与方 法

1.1 材 料

于 2013 年 4—10 月在北京双卉新华园艺有限公司钢架大棚内进行,位于 N40°27'E115°53',海拔 500 m 以上,年平均气温 8.4 °C,年降水量 480 mm,无霜期 155~160 d,年日照 2 800 h 以上。供试切花菊种苗由北京新华双卉园艺有限公司提供,品种为‘优香’,供试土壤已连续 3 年种植切花菊‘优香’,表现出显著的切花菊连作障碍,切花品质下降,切花菊优级花所占比重(70 cm 茎长下重量大于 40 g)下降至 30% 以下(新茬种植时为 40% 以上),伴随有病害发生,但设施条件下病害的发病情况并不稳定。土壤基础理化性状为:pH 7.3,有机质 29.75 g/kg,全氮 2.01 g/kg,无机氮 40.87 mg/kg,有效磷 166.72 mg/kg。0~20、20~40 和 40~60 cm 的土壤容重分别是 1.303 6、1.528 2 和 1.479 1 g/cm³。微生物菌剂 Super ER·MI 由日本生物公司サンルー

一卜株式会社提供, Super ER·MI 菌剂 2 000 mL 装(液体), 其成分主要为混合细菌菌剂。

1.2 方法

1.2.1 设计与安排

试验分 4 个处理, 并在一个大棚内安排整

个区组试验, 每组 3 个重复, 完全随机排布, 观测小区面积 15 m²。施加的基质主要是麦麸、麦皮等常用的田间微生物发酵材料, 每重复约 25 kg, 撒播到地里, 保证在 0~30 cm 土深内混匀, 如表 1。

表 1 试验设计及安排

Table 1 Experimental design and arrangements

处理 Treatments	试验设计 Experimental Design
CK	正常施肥, 不作处理
CM	正常施肥, 添加基质
S1	正常施肥, 1 000 倍稀释的 Super ER·MI 菌剂
S2	正常施肥, 添加基质, 1 000 倍稀释的 Super ER·MI 菌剂

在切花菊定植前的 15 d 对进行试验处理, 并在试验处理后充足浇水, 并在定植之前保证大棚内温度高于 15 ℃, 以便微生物能充分繁殖。切花菊定植后, 于定植后的 15、25 和 35 d, 对相应的处理继续使用 Super ER·MI 菌剂灌根, 每株约 30~40 mL。

2013 年 4 月 23 日定植菊花, 摘心栽培, 每个处理种植切花菊 7 000~8 000 株, 3 次重复, 每个处理间设置 3 m 的隔离带, 重复之间设置隔离行, 每个重复划分 2×1.5 m² 的测样小区, 小区内植株约 70~80 株。栽培日历见图 1。

4月 April		5月 May		6月 June	7月 July	8月 August
8日土壤处理	23日定植	7—9日摘心	29日整枝	29日遮光	25日采收	
8th Soil treatment	23th Transplanting	7—9th Topping	29th Pruning	29th Shading lighting	25th Harvest	
← 补光 → Indicate lighting				← 遮光 → Shading lighting		

图 1 切花菊‘优香’栽培日历

Fig. 1 Planting Calendar for Cut Chrysanthemum ‘Yuka’

1.2.2 日常肥水管理

各处理的养管理均按企业常规用量施用, 有机颗粒肥基施 3 000 kg/hm² (有机质含量 ≥45%, 总养分含量 ≥18%, pH6.5~7.0, 水分 ≥14%), 菊花定植后苗期保证充足的水分, 之后每 10 d 浇水一次, 花芽分化以前每 20 d 施用 2‰ 的海法保力柑 poly-feed (主要成分 N 19%、P₂O₅ 19%、K₂O 19%、MgO 1% 等) 和 1‰ 尿素, 花芽分化 (75 d) 后每 20 d 施用 2‰ 的海法保力柑 poly-feed (主要成分 N 15%、P₂O₅ 30%、K₂O 15%、MgO 1% 等), 每次施肥均保证肥料水溶完全, 均匀施用。N、P₂O₅、K₂O 的

施用量分别为 90、75、75 kg/hm²。无机化肥分 5 次随水施用, 分别在摘心后、第一次喷施 GA₃ 前 2 d、第二次喷施 GA₃ 前 2 d、停光前 2 周、停光后一周追施。

各处理的水管理均按企业常规管理施用。生产一茬切花菊采取滴灌节水灌溉设施, 除定植后浇一次透水及进入花芽分化后以外, 营养生长期的总灌水量为 450 m³/hm²; 花芽分化之前的营养生长阶段, 每 5~7 d 浇 1 次水, 每次灌水量约 45 m³/hm²; 进入花芽分化后, 每次灌水量控制在 22.5 m³/hm², 从进入花芽分化后至采收前, 耗水 112.5 m³/hm²。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生物菌剂对‘优香’植株生长的记录和观赏品质

每间隔 10 d 左右测定样方内植株株高、茎粗和叶片数,采收期花蕾开放度约为 2~3 度级时采收,测定植株的花序直径和观赏品质。其中株高(cm)

用米尺测量,茎粗(mm)和花序直径(mm)用游标卡尺测量,叶片数(片)用计数法,切花鲜重为 70 cm 长切花菊产品鲜重,用电子天平(0.01 g)称量。以 2013 年切花菊‘优香’出口分级标准,按照重量,测定切花菊‘优香’出口级别,共分 5 个级别(表 2),统计结果。

表 2 2013 年切花菊‘优香’出口分级标准

Table 2 Grading standard of cut chrysanthemum ‘Yuka’ for exporting g

品级	一级花	二级花	三级花	四级花	五级花
Grade	First grade	Second grade	Third grade	Fourth grade	Fifth grade
标准	≥50	40~50	35~39	32~34	<32

1.3.2 地上部干重与鲜重及植株养分含量

采集植物样(切花菊 4~6 株)称鲜重并记录,烘干(105 °C 杀青 30 min 后,在 75 °C 烘干至恒重),称干重并记录,后磨碎,装入自封袋。

植株体内养分测定的是整株植物的全氮、全磷和全钾含量。植株总氮含量采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮-凯氏定氮法测定,使用国产 KDY-9810 凯氏定氮仪进行蒸馏,DL15 终点滴定分析仪滴定;植株全磷含量采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮-AA3 法测定,消煮后使用连续流动化学分析仪 AutoAnalyzer 3 (AA3)测定;植株全钾含量采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮-火焰光度计测定^[9]。相关计算公式如下:

$$FW_{\text{地上部}} = FW_{\text{单株}} \times \text{种植量}/\text{hm}^2$$

$$DW_{\text{地上部}} = DW_{\text{单株}} \times \text{种植量}/\text{hm}^2$$

$$DW_{\text{公顷}} = DW_{\text{单株}} \times \text{种植量}/\text{hm}^2$$

$$NU_{\text{地上部}} = PM_{\text{养分}} \times \text{干重}/\text{hm}^2$$

其中:植株地上部养分吸收量, kg/hm²; 植株元素含量, mg/kg; 1 hm² 干重, kg/hm²; 单株干重, g/株。摘心后切花菊‘优香’种植量为 18.0~19.5 万株/hm²

1.3.3 土壤养分绝对累积量

土壤样品与植株样品采样时间相同,利用根钻法取 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤 100 g 待测分析,每小区取 2 钻混合。土壤铵态、硝态氮含量采用 CaCl₂(0.01 mol/L)溶液浸提、AA3 流动分析仪法测定;土壤的有效磷含量采用碳酸氢钠浸提、AA3 流动分析仪测定;土壤的速效钾的含量采用醋酸铵溶液浸提、火焰光度计法测定^[9]。相关计算公式如下:

$$CAN_{\text{土壤养分绝对累积量}} =$$

$$SL_{\text{土层厚度}} \times \rho b_{\text{土壤容重}} \times SN_{\text{土壤养分含量}}/10$$

SMN_{土壤无机氮} = SN-NH₄土壤铵态氮 + SN-NO₃土壤硝态氮
式中:土壤养分绝对累积量, kg/hm²; 土层厚度, cm; 土壤容重, g/cm³; 土壤养分含量, mg/kg; 土壤无机氮含量, mg/kg; 土壤铵态氮含量, mg/kg; 土壤硝态氮含量, mg/kg。

1.4 统计分析

对原始数据进行标准化处理,使用 Microsoft Excel(2013)计算统计以后,用 SAS 9.2 和 SPSS 19.0 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 对植株生长的影响

2.1.1 对地上部生物量的影响

微生物菌剂 Super ER·MI 显著影响了连作条件下切花菊‘优香’地上部鲜重(图 2)与干重。在植株到达花芽分化期后,微生物菌剂 Super ER·MI 对切花菊植株生长的促进作用表现最为显著,至切花采收期,S1 处理组的地上部总鲜重(31 043.6 kg/hm²)比其他各处理较高。植株干重也表现出相同的趋势。

2.1.2 对株高、茎粗和叶片数的影响

连作条件下,切花菊生长的苗期,处理 CK 的植株株高(28.8 cm)显著高于其他各处理,但与 CM、S1 和 S2 在茎粗上差异不大,处理 S2 的叶片数(12.4 片)显著低于 CK,表明 Super ER·MI 菌剂对于连作条件下切花菊苗期株高、茎粗和叶片数未有影响。营养生长期和花芽分化期,各处理植株株高、茎粗和叶片数上未有显著差异。采收期,处理 CK 的株高为 107.3 cm 有较显著优势,其次为处理 S1(102.9 cm),其他各处理在茎粗和叶片数上未有显著差异(表 3)。

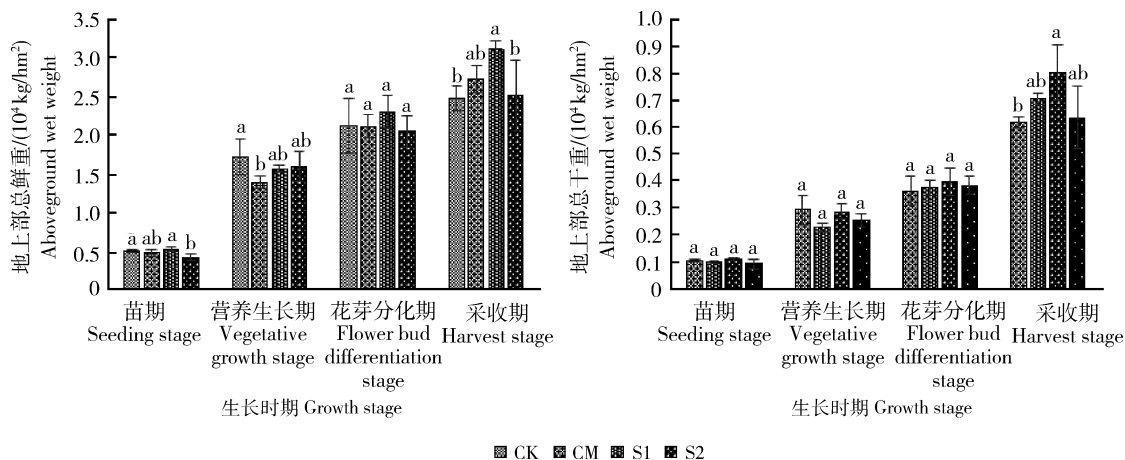


图2 微生物菌剂 Super ER · MI 处理对切花菊米地上部生物量的影响

Fig. 2 Effects of microorganism Super ER · MI on aboveground biomass of cut chrysanthemum

表3 微生物菌剂 Super ER · MI 对植株株高、茎粗和叶片数的影响

Table 3 The height, stem diameter and leaves number changes of plants under different microorganism Super ER · MI experimental treatments

处理 Treatment	苗期 Seedling stage			营养生长期 Vegetative growth stage			花芽分化期 Flower bud differentiation stage			采收期 Harvest stage		
	株高/ cm Height	茎粗/ mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaves number	株高/ cm Height	茎粗/ mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaves number	株高/ cm Height	茎粗/ mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaves number	株高/ cm Height	茎粗/ mm Stem diameter	叶片数/ 片 Leaves number
CK	28.8 a	4.6 a	13.3 a	78.8 a	5.0 a	33.2 a	90.1 a	5.2 a	40.2 a	107.3 a	6.0 a	51.8 a
CM	24.3 b	4.3 a	12.1 b	72.5 a	4.6 b	31.1 a	83.2 a	5.1 a	38.1 a	99.4 b	6.4 a	51.3 a
S1	25.5 b	4.3 a	12.8 ab	76.1 a	4.9 a	32.8 a	85.5 a	5.2 a	40.1 a	102.9 ab	6.2 a	51.4 a
S2	24.5 b	4.5 a	12.4 b	71.5 a	4.7 ab	31.9 a	81.6 a	5.2 a	39.0 a	100.1 ab	6.4 a	51.6 a

注:不同处理间作差异显著分析,表中数值后不同小写字母表示处理间差异显著性水平 0.05(LSD法)。下表同。

Note: Analysis the significant differences among different treatments. Values in the table followed by different small letters are significant at 0.05 (LSD test). The same below.

2.2 对观赏品质的影响

切花菊的连作障碍会造成花序直径减小,切花菊观赏品质下降,使用 Super ER · MI 菌剂能有效提升连作条件下切花菊品质,使连作条件下切花菊的花序直径增大(图 3)。CK、CM、S1 和 S2 处理的花序直径分别为 19.9、20.3、20.5 和 20.7 mm。各处理切花菊花序直径,CK < CM < S2 < S1,其中 S2 处理的花序直径(20.7 mm)增大显著(图 2)。

连作条件下,处理 CK 一级花和二级花比重仅为 28.84%,而接种 Super ER · MI 菌剂后的处理(S1 和 S2 处理)的切花产品出成率中一级花和二级

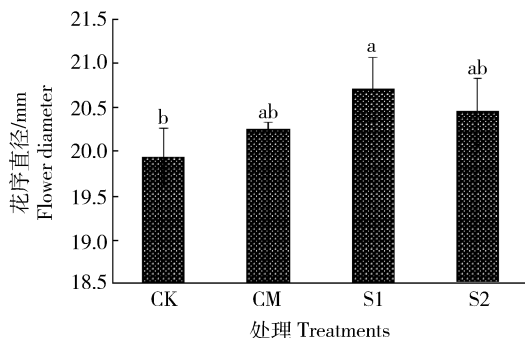
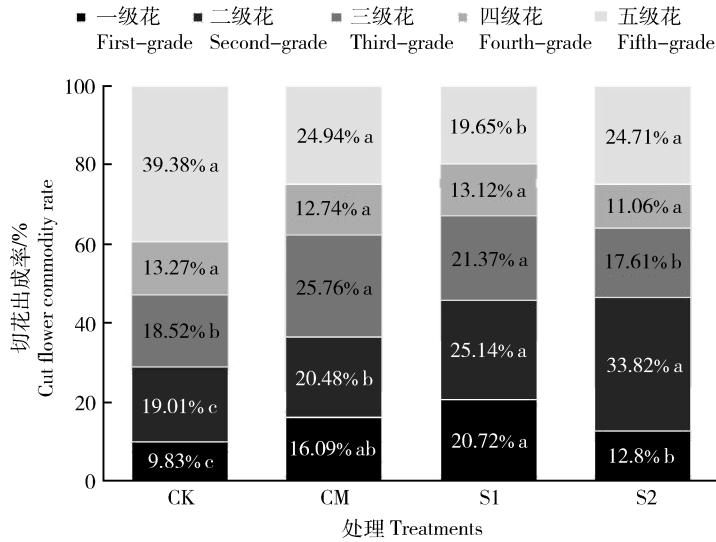


图3 微生物菌剂 Super ER · MI 对花序直径的影响

Fig. 3 The effects of microorganism Super ER · MI on flower diameter

花所占比重(45.86%和 46.62%)显著高于未其他处理,其中 S1 处理一级花比重 20.72%,远高于其他各组处理。此外,处理 CM、S1 和 S2 的

占比重有显著的减少,分别 24.94%、19.65%和 24.71%,远远低于 CK 处理,其中 S1 处理降低最显著(图 4)。



不同处理间相同级别的商品花作差异性分析,显著性水平为 0.05(LSD 法)。

Analysis the significant differences among different treatments for the same level of trade, the significance level is 0.05 (LSD test).

图 4 微生物菌剂 Super ER · MI 对切花菊出成率的影响

Fig. 4 The effects of microorganism Super ER · MI on cut flower commodity grade

2.3 对养分吸收的影响

使用 Super ER · MI 菌剂能促进连作条件下切花菊植株氮磷钾的吸收。连作条件下,营养生长期,处理 S1、S2、CK 和 CM 的在磷的吸收上未有显著差异,而处理 CM 氮和钾的吸收量少于 CK、S1 和 S2。花芽分化期,处理 S2 的氮吸收量显著低于其他各处理,处理 CK 的磷吸收量较低,而处理 S2 对

钾的吸收较少。至采收期,处理 S1、S2、CM 的植株地上部氮磷钾的吸收量显著优于处理 CK,表明在连作条件下,使用 Super ER · MI 菌剂以及添加发酵基质能够促进切花菊花芽分化后对氮磷钾的吸收,其中处理 S1 在氮和钾吸收上显著优于处理 S2 和 CM,表明不添加基质能够更好发挥 Super ER · MI 菌剂对植株养分吸收的促进作用(表 3)。

表 3 不同处理植株地上部养分吸收量

Table 3 The contents of above ground plant nutrient uptake of each treatment

kg/hm²

处理 Treatment	营养生长期 Vegetative growth stage			花芽分化期 Flower bud differentiation stage			采收期 Harvest stage		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	CK	10.6 a	6.3 a	101.6 a	13.5 a	8.5 b	124.8 ab	19.0 c	12.6 b
CM	9.0 b	5.8 a	83.5 c	13.6 a	9.6 a	121.1 ab	23.4 b	16.3 a	197.0 b
S1	10.3 ab	6.5 a	95.4 bc	14.1 a	9.1 ab	135.7 a	27.2 a	17.4 a	236.1 a
S2	9.5 ab	6.2 a	87.7 ab	12.3 b	8.6 ab	115.1 b	23.5 b	15.2 a	180.7 b

2.4 对连作土壤养分积累量的影响

0~20 cm 土层中,营养生长期,使用菌剂并添加了基质的处理 S2 的无机氮绝对积累量显著高于其他各处理,随着生长期延长,采收期处理 CK 的无

机氮绝对积累量显著高于其他处理,表 3 中植株氮吸收量的数据,表明 Super ER · MI 菌剂能促使植物吸收浅层土壤中的氮元素,减少土壤中的氮素累积。营养生长期,处理 CM 和 S2 土壤中有效磷绝

对累积量显著低于 CK 和 S1, 至花芽分化期, 有效磷绝对累积量处理 S1>CK>S2>CM, 加入基质的处理 CM 和 S2 有效磷累积量显著低于 CK 和 S1, 而同时期相应处理的磷吸收量(表 3)未有显著差异, 可能是由于加入了基质后导致土壤某种微生物在此时期固持部分磷元素。至切花采收期, 处理 S1 和 S2 的有效磷绝对累积量未有显著差异, 但是均显著高于 CM。营养生长期, 各处理的速效钾绝对

累积量没有显著差异; 花芽分化期和采收期, 处理 S1 的速效钾绝对累积量均显著高于其他各组, 表明单使用 Super ER·MI 菌剂在花芽分化后能够提高土壤中钾的含量。采收期, 处理 CM 和 S2 的速效钾绝对累积量显著低于处理 CK, 而表 3 同时期处理 CM 和 S2 钾吸收量显著高于 CK, 可能由于此 2 个试验处理下植株钾吸收增多, 降低了土壤中钾元素累积(表 4)。

表 4 关键生长期不同土层的无机氮、有效磷、速效钾绝对累积量变化

Table 4 Variation of the cumulative amount of mineral nitrogen, available phosphorus, available potassium of each treatment in different solums during the critical growth stage kg/hm²

土层深度/ cm Soil layer	生长时期 Growth stage	营养生长期 Vegetative growth stage			花芽分化期 Flower bud differentiation stage			采收期 Harvest stage			
		处理 Treatments	无机氮 Mineral N	有效磷 Available P	速效钾 Available K	无机氮 Mineral N	有效磷 Available P	速效钾 Available K	无机氮 Mineral N	有效磷 Available P	速效钾 Available K
0~20	CK		88.5 b	685.3 a	1 345.5 ab	111.0 b	687.2 a	1 125.5 b	165 a	557.5 ab	1 331.8 b
	CM		99.2 b	523.6 b	1 115.2 ab	112.6 b	502.2 c	1 108.3 b	148.7 b	476.4 bc	1 072.1 c
	S1		82.9 b	697.9 a	1 484.6 a	99.6 b	719.2 a	1 463.8 a	132.5 c	666.2 a	1 455.9 a
	S2		132.8 a	525.4 b	1 254.3 ab	177.3 a	561.8 b	1 234.3 b	143.1 bc	620.1 a	1 127.7 c
20~40	CK		82.2 a	140.1 c	513.5 b	27.4 c	122.6 b	551.7 b	96.2 bc	210.8 b	537.1 c
	CM		55.6 a	184.7bc	898.3 a	34.4 b	114.9 b	586.7 b	93.5 c	245.6 ab	734.5 b
	S1		66.1 a	307 a	978.5 a	32.6 bc	190.2 a	992.1 a	118.6 a	290.3 a	1 376.8 a
	S2		75.6 a	233.7 b	840.8 a	62.4 a	215.2 a	837.9 a	113.7 ab	275.8 a	815.8 b
40~60	CK		109.0 a	103.3 a	660 a	55.5 a	34.2 a	469 b	98.3 a	98.3 a	251.65 b
	CM		80.1 a	72.4 a	630.9 a	40.2 b	32 a	434.7 b	63.2 a	106.5 a	320.41 b
	S1		99.0 a	99.4 a	631.7 a	45.8 b	55.8 a	782 a	99.3 a	91.3 a	636.21 a
	S2		91.8 a	109.7 a	664.9 a	53.2 a	38.2 a	599.4 b	83.9 a	98.6 a	509.92 a

20~40 cm 土层中, 处理 S1 和 S2 除在营养生长期无机氮与 CK 和 CM 差异不显著外, 其余时期两处理的养分绝对累积量均显著高于 CK, 表明 Super ER·MI 菌剂能够提高 20~40 cm 土壤中养分含量(表 4)。

40~60 cm 土层中, 处理 CK、S1 和 S2 在各时期无机氮和有效磷绝对累积量均没有显著的差异, 表明 Super ER·MI 菌剂对 40~60 cm 土层氮和磷含量影响较弱。有效磷和速效钾绝对累积量没有显著的差异, 表明在植株生长的前期, 使用 Super ER·MI 菌剂或者添加基质处理土壤对 40~60 cm

土层影响较弱。植株花芽分化期和采收期, 处理 S1 和 S2 的速效钾绝对累积量有较高水平, 其中采收期显著高于其他各处理, 表明 Super ER·MI 菌剂在这一时期能够显著提高 40~60 cm 土层中钾含量(表 4)。

3 讨论

连作土壤中的微生物群落和新茬土壤中的微生物群落有很大的不同, 含有土传病原菌, 感染地上植株导致病害^[10-13]。为解决作物连作障碍, 前人均从抗性品种选育、化学防治、嫁接以及轮作措施等方面

探讨如何解决连作障碍问题^[14-17]。连作土壤理化性质改变,对根系活力产生严重影响,进而影响植株的生长。随着连作程度的加剧,植株根系活力呈降低趋势,根系活力差,植株抗病能力差,再加上吸水吸肥能力差,会造成干物质积累不足。马海燕等^[18]发现连作非洲菊土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶、中性磷酸酶活性都下降,连作障碍较明显,非洲菊的生长受抑制,同时改变植物根系的吸收特性。调整根际微生物生态可改变土壤微生物种群和结构,营造健康土壤质量是解决连作障碍的重要途径。有益的微生物能改善根际微生态环境、提高土壤微生物活性、增加有效养分含量和增强根系活性,前人已做过大量相关研究工作^[19-21]。李双喜等^[22]发现在西瓜在育苗及定植期施用微生物有机肥激发连作土壤有益微生物活性,并能够使西瓜的生物性状得到显著改善,使西瓜株高、叶片数、叶绿素含量、植株氮、磷、钾吸收总量以及西瓜品质、产量显著增加。本研究通过对 Super ER·MI 对连作条件下切花菊‘优香’的影响,也有相似的结论,发现使用菌剂处理的植株总鲜重与总干重有所提升,虽然株高、茎粗和叶片数没有显著差异,但植株对氮、磷、钾的吸收量显著增加。由于促进植物开花的磷元素的吸收增加,也对提升切花菊观赏品质有促进作用。

菊花是浅根系作物,浅层土是切花菊吸收养分的主要土层,影响 0~20 cm 土层养分变化的因素很多,植物本身的养分吸收、微生物的活动和水肥的管理都能影响养分的变化。有研究发现,在土壤中加入秸秆等有机物可以使秸秆中丰富的氮素进入土壤中,而使用连续秸秆还田的方法可减少氮肥施用量,提高水肥利用效率,增加培肥效果^[23]。土壤中大多数氮素是有机态的,必须经过土壤动物和微生物的转化成无机氮才能被植物直接利用吸收,这是植物获得有效态氮的重要途径^[24-25]。也有研究表明,土壤微生物与植物存在着养分竞争的关系,其不单存在对氮素的竞争^[26],同样在加入秸秆等植物残体后,微生物也会竞争性的固持磷元素^[27]。但是,添加有机物腐熟物能缩短微生物肥料的堆肥时间,经堆肥作用而得的有机菌肥作为土壤改良剂能提高土壤肥效,利于作物生长^[28-29]。本研究中,为了排除添加基质对菌剂田间试验的影响,做了 CM 和 S2 这 2 个处理。在本研究中,比较 3 个处理 CM、S1 和 S2 在切花菊干鲜重、营养吸收和土壤养分方面的变化发现,添加基质的处理 CM 和 S2 并没有表现出明

显的优势,其原因可能是土壤加入了麦麸等有机物基质后,土壤中原生微生物或者 Super ER·MI 菌剂中的微生物大量增殖,土壤存在着植株与微生物两者的互作,Super ER·MI 菌剂同土壤的原生菌群相互作用,这种复杂的关系中,微生物在活化一部分养分的同时,也消耗土壤中可直接利用的一些养分。很多研究表明,土壤理化特性与土壤微生物活性之间有很显著的关系,但是在不同的情况下呈现不同的相关性^[30-32],本研究中在土壤养分方面的变化仍需进一步研究。

4 结 论

本研究通过对 Super ER·MI 对连作条件下切花菊‘优香’的影响,发现 Super ER·MI 菌剂能提高的切花菊植株鲜重与干重,对于株高、茎粗和叶片数影响不显著,能促进连作条件下切花菊植株氮磷钾的吸收,有效提升连作条件下切花菊品质,使切花菊的花序直径增大,提高优级花比例。Super ER·MI 菌剂能促使植物吸收浅层土壤中的氮元素,减少浅层土壤中的氮素累积,改善土壤的理化环境,并能提高 20~40 cm 土壤中养分含量,但仅能提高 40~60 cm 土壤中的钾含量,对于氮和磷影响不显著。

参 考 文 献

- [1] 刘建国,张伟,李彦斌,孙艳艳,卞新民. 新疆绿洲棉花长期连作对土壤理化性状与土壤酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 725-733
Liu J G, Zhang W, Li Y B, Sun Y Y. Effects of long-term continuous cropping system of cotton on soil physical-chemical properties and activities of soil enzyme in oasis in Xinjiang[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(2): 725-733 (in Chinese)
- [2] Aparicio V, Costa J L. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas[J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 96(1-2): 155-165
- [3] 喻景权,杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124-126
Yu J Q, Du Y S. Soil-sickness problem in sustainable development for the protection of vegetables[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2000, 31(1): 124-126 (in Chinese)
- [4] 吴凤芝,刘德,栾非时. 大棚土壤连作年限对黄瓜产量及品质的影响[J]. 东北农业大学学报, 1999, 30(3): 245-248
Wu F Z, Liu D, Luan F S. Effect of duration of protected

- cultivation on yield of cucumber [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 1999, 30(3): 245-248 (in Chinese)
- [5] 阎飞, 韩丽梅, 杨振明. 论大豆连作障碍中有关化感作用 (Allelopathy) 研究的若干问题 [J]. *大豆科学*, 2000, 19(3): 269-103
Yan F, Han L M, Yang Z M. Discussions on several problems in research of allelopathy in soybean continuous cropping barrier [J]. *Soybean Science*, 2000, 19(3): 269-103 (in Chinese)
- [6] 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳, 阎雪, 阎飞, 杨振明. 大豆根茬腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究 [J]. *生态学报*, 2000, 20(5): 771-778
Han L M, Wang S Q, Ju H Y, Yan X, Yan F, Yang Z M. Identification and allelopathy on the decomposition products from soybean stubs [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000(5): 771-778 (in Chinese)
- [7] 李春格, 李晓鸣, 王敬国. 大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响 [J]. *生态学报*, 2006, 26(4): 1144-1150
Li C G, Li X M, Wang J G. Effect soybean continuous cropping on bulk and rhizosphere soil microbial community function [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006(4): 1144-1150 (in Chinese)
- [8] 马云华, 魏珉, 王秀峰. 日光温室连作黄瓜根区微生物区系及酶活性的变化 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 1005-1008
Ma Y H, Wei M, Wang X F. Variation of microflora and enzyme activity in continuous cropping cucumber soil in solar greenhouse [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 1005-1008 (in Chinese)
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
Bao S T. *Soil Agrochemical Analysis* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000 (in Chinese)
- [10] 李琼芳. 不同连作年限麦冬根际微生物区系动态研究 [J]. *土壤通报*, 2006, 37(3): 563-565
Li Q F. Dynamics of the microbial flora in the liriop rhizosphere and outrhizosphere during continuous cropping year [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(3): 563-565 (in Chinese)
- [11] 吴凤芝, 王学征. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(10): 2274-2280.
Wu F Z, Wang X Z. Effect of monocropping and rotation on soil microbial community Diversity and cucumber yield, quality under protected cultivation [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(10): 2274-2280 (in Chinese)
- [12] Cindy H N, Vigdis T. Soil community analysis using DGGE of 16SrDNA polymerase chain reaction products [J]. *Soil Science*, 2000, 64(4): 1382-1388
- [13] Hu P, Zhou G H, Xu X L, Li C, Han Y Q. Characterization of the predominant spoilage bacteria in sliced vacuum-packed cooked hambased on 16SrDNA-DGGE [J]. *Food Control*, 2009, 20(2): 99-104
- [14] 胡元森, 吴坤, 李翠香, 贾新成. 黄瓜连作对土壤微生物区系影响 II: 基于 DGGE 方法对微生物种群的变化分析 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(10): 226-227
Hu Y S, Wu K, Li C X, Jia X C. Effect of continuous cropping of cucumber on soil microbial population II: Variation Analysis Based on DGGE Approach [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(10): 226-227 (in Chinese)
- [15] 陈思思. 嫁接缓解菊花连作障碍机制初探 [D]. 南京: 南京农业大学, 2012
Chen S S. Effect of grafting on the relieve of continuous cropping obstacles of chrysanthemum [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012 (in Chinese)
- [16] 郑军辉, 叶素芬, 喻景权. 蔬菜作物连作障碍产生原因及生物防治 [J]. *中国蔬菜*, 2004(3): 57-59
Deng J H, Ye S F, Yu J Q. Vegetable cropping obstacles causes and biological control [J]. *China Vegetables*, 2004(3): 57-59 (in Chinese)
- [17] 吴凤芝, 赵凤艳, 刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析 with 防治措施 [J]. *东北农业大学学报*, 2000, 31(3): 241-247
Wu F Z, Zhao F Y, Liu Y Y. On the reasons of continuous cropping obstacles in vegetable facility gardening [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2000, 31(3): 241-247 (in Chinese)
- [18] 苏世鸣, 任丽轩, 霍振华, 杨兴明, 黄启为, 徐阳春, 周俊, 沈其荣. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响 [J]. *中国农业科学*, 2008, 74(3): 704-712
Su S M, Ren L X, Huo Z H, Yang X M, Huang Q W, Xu Y C, Zhou J, Shen Q R. Effects of intercropping watermelon with rain fed rice on fusarium wilt and the microflora in the rhizosphere soil [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 74(3): 704-712 (in Chinese)
- [19] 马海燕, 徐瑾, 郑成淑, 孙霞, 束怀瑞. 非洲菊连作对土壤理化性状与生物性状的影响 [J]. *中国农业科学*, 2011, 44(18): 3733-3740
Ma H Y, Xu J, Zheng C S, Sun X, Shu H R. Effects of continuous cropping system on the soil physical-chemical properties and biological properties of gerbera jamesonii [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(18): 3733-3740 (in Chinese)
- [20] 蔡燕飞, 廖宗文, 章家恩, 孔维栋, 何成新. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14(3): 349-353
Cai Y F, Liao Z W, Zhang J E, Kong W D, He X C. Effect of ecological organic fertilizer on tomato bacterial wilt and soil microbial diversities [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(3): 349-353 (in Chinese)
- [21] 蔡燕飞, 廖宗文. FAME 法分析施肥对番茄青枯病抑制和土壤健康恢复的效果 [J]. *中国农业科学*, 2003, 36(8): 922-927
Cai Y F, Liao Z W. Effect of fertiization on the contro of tomato bacterial wilt and soil health restoration using fame anaysis [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(8): 922-927 (in Chinese)

- [22] 李双喜,沈其荣,郑宪清,朱毅勇,袁大伟,张娟琴,吕卫光. 施用微生物有机肥对连作条件下西瓜的生物效应及土壤生物性状的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2): 169-174
Li S X, Shen Q S, Deng X Q, Zhu Y Q, Yuan D W, Zhang J Q, Lv W G. Effect of organic microbe fertilizer application on watermelon growth and soil microorganisms under continuous mono-cropping[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(2): 169-174 (in Chinese)
- [23] 闫翠萍,裴雪霞,王姣爱,杨峰,曹勇,张晶,党建友. 秸秆还田与施氮对冬小麦生长发育及水肥利用率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2): 271-275
Yan C P, Pei X X, Wang J A, Yang F, Cao Y, Zhang J, Dang J Y. Effect of corn straw returned to soil and N application on growth, water and nitrogen use efficiency of winter wheat[J]. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2011, 19(2): 271-275 (in Chinese)
- [24] 巴奇,李科,姬洪刚,包清华. 土壤中有有机碳和氮素的变化过程研究概况[J]. 环境保护与循环经济, 2008, 28(11): 49-51
Ba Q, Li K, Ji H G, Bao Q H. Changes in soil organic carbon and nitrogen process overview[J]. *Environmental Protection and Circular Economy*, 2008, 28(11): 49-51 (in Chinese)
- [25] Recous S, Aita C, Mary B. In situ changes in gross N transformations in bare soil after addition of straw[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(1): 119-133
- [26] Song M H, Xu X L, Hu Q W, Tian Y Q, Ouyang H, Zhou C P. Interactions of plant species mediated plant competition for inorganic nitrogen with soil microorganisms in an alpine meadow[J]. *Plant and Soil*, 2007, 297(1/2): 127-137
- [27] 黄敏,吴金水,黄巧云,李学垣. 土壤磷素微生物作用的研究进展[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 366-370.
Huang M, Wu J S, Huang Q, Li X G. Process in research on microbiological action of soil phosphorus[J]. *Ecology and Environment*, 2003, 12(3): 366-370 (in Chinese)
- [28] Wang S Y, Hsin-Shan L. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, 51(23): 6844-6850
- [29] Yadav K R, Sharma R K, Kothari R M. Bioconversion of eucalyptus bark w aste into soil conditioner[J]. *Bioresource Technology*, 2002, 81(2): 163-165
- [30] 杨玉海,蒋平安,翟军,杨贵泉,蒋永衡. 干旱区绿洲苜蓿地土壤微生物特性及其影响因子[J]. 水土保持学报, 2008, 22(6): 153-157
Yang Y H, Jiang P A, Zhai J, Yang Y Q, Jiang Y H. Soil microbial properties and its impactors in Alfalfa fields in Arid Land Oasis[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2008, 22(6): 153-157 (in Chinese)
- [31] 张书泰,杨秋明,陈钦,彭俊林,利君,陈献勇. 福建南平不同植烟土壤微生物数量与养分状况分析[J]. 中国农学通报, 2014(31): 76-81
Zhang S T, Yang Q M, Chen Q, Peng J L, Chen X Y. Analysis of nutrient level and microorganism amounts of tobacco field in Nanping, Fujian[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014(31): 76-81 (in Chinese)
- [32] 张玮,韩磊,解李娜,李清芳,马成仓. 不同生境狭叶锦鸡儿灌丛沙堆的土壤微生物数量、养分含量及酶活性的比较研究[J]. 天津师范大学学报:自然科学版, 2014, 34(4): 68-71
Zhang W, Han L, Xie L N, Li Q F, Ma C C. Comparative study on microorganism quantity, nutrient content and enzymes activities in shrub nabkhas soil of Caragana stenophylla in different habitats[J]. *Journal of Tianjin Normal University: Natural Science Edition*, 2014, 34(4): 68-71 (in Chinese)

责任编辑: 王燕华