

生根剂促进菊花扦插生根的研究进展

曹艳茹^{1*}, 焦钰¹, 杨福雪¹, 孙瑞英¹, 朱国兴¹, 吴雅杰¹, 王海龙¹, 陈秀^{1,2}, 陈志星^{3*}

(1. 昆明学院农学与生命科学学院, 昆明学院农业资源利用科技创新团队, 昆明 650214;

2. 昆明学院医学院, 昆明 650214; 3. 昆明虹之华园艺有限公司, 昆明 651700)

摘要: 菊花拥有较高的观赏价值, 在食品、药剂、保健品和化妆品等行业中也有着广泛应用。随着菊花功能的不断开发, 其市场需求逐年增加, 而其繁殖速度和成苗品质成了影响菊花产业发展的重要因素之一。扦插苗能保持母株的优良性状且繁殖系数较高, 是菊花种苗供给的主要繁殖途径。由于扦插存在着生根时间长、生根数量少等问题, 因此提高菊花插穗的生根质量、缩短生根时间对菊花的产业发展具有重要意义。本文对目前使用的促进菊花扦插生根的生根剂进行系统综述, 并对其未来发展趋势进行展望, 为菊花大规模工厂化育苗提供理论依据。

关键词: 菊花; 扦插生根; 生根剂; 微生物菌剂

中图分类号: S682.11

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2023)04-0595-08

Research progress on rooting of chrysanthemum cuttings promoted by rooting agents

CAO Yanru¹, JIAO Yu¹, YANG Fuxue¹, SUN Ruiying¹, ZHU Guoxing¹,

WU Yajie¹, WANG Hailong¹, CHEN Xiu^{1,2}, CHEN Zhixing³

(1. College of Agriculture and Life Sciences, Scientific and Technological Innovation Team of Agricultural Resource Utilization, Kunming University, Kunming 650214; 2. School of Medicine, Kunming University, Kunming 650214; 3. Kunming Hongzhihua Horticulture Company Limited, Kunming 651700)

Abstract: Chrysanthemums have a high ornamental value and are widely used in food, pharmacy, health products and cosmetics. With the continuous development of functions, the market demand for chrysanthemums has increased, and its propagation speed and seedling quality have become one of the important factors affecting the development of chrysanthemum industry. Propagation by cuttings can maintain the excellent traits of the mother plant, and the reproduction coefficient is high, which is the main propagation method for chrysanthemum seedling supply. However, cuttings have problems such as long rooting time and low number of rooting, so improving the rooting quality of chrysanthemum cuttings and shortening the rooting time are of great significance to the industrial development of chrysanthemum. In this paper, the rooting agents currently used to promote the rooting of chrysanthemum cuttings were systematically reviewed, and their future development trends were prospected, so as to provide a theoretical basis for large-scale factory seedlings breeding of chrysanthemum.

Key words: chrysanthemum; cuttage rooting; rooting agent; microbial agent

菊花(*Dendranthema morfolium*)原产中国, 是我国传统名花, 有着吉祥、长寿的寓意。菊花有着较高的观赏价值, 其花因具色泽鲜艳、花期长且管理养护粗放等优势而深受观赏者的青睐^[1]; 菊花还具有较高的食用价值, 可以做成“菊花粥”“菊花糕”,

更是有着“菊花火锅”“菊花鱼球”“菊花鲈脍”等特色香味俱全的菊花特色名菜^[2]; 此外, 早在秦汉时期, 菊花就被记载为一味重要的道地药材, 具有清热明目、抗菌消炎、降血压、抗肿瘤等功效^[3]。因具药食同源的功效, 菊花还被广泛用于各类保健食品

收稿日期: 2022-09-15

基金项目: 云南省地方本科高校(部分)基础研究联合专项资金(2018FH001-003), 云南省“万人计划”青年拔尖人才项目(YNWR-QNBJ-2018-011), 省部共建云南生物资源保护与利用国家重点实验室开放课题(2019KF005), 国家自然科学基金(31660002)和昆明市科技计划项目省级“放管服”科研项目(2019-1-C-2531800002169)共同资助。

共同第一作者: 曹艳茹, 博士, 教授。E-mail: yanrucao3@aliyun.com 焦钰, 硕士研究生。E-mail: 18265891201@163.com

* 通信作者: 曹艳茹, 博士, 教授。E-mail: yanrucao3@aliyun.com 陈志星, 高级农艺师。E-mail: czx-717@163.com

品,在国家食品药品监督管理局国产保健食品数据库中于2020年检索到的以菊花为原料的有明确批号的保健食品已多达312项^[4]。菊花也可以提取香气浓郁的精油,广泛应用于香料工业及卷烟、化妆品等领域^[5]。

随着人们对菊花功能的不断开发,菊花产业快速发展,市场对菊花的需求日益增加,因此研究菊花的快速繁殖成苗对于促进菊花产业的发展具有重要意义。在菊花的繁殖方法中,扦插法能保持母株的优良性状、繁殖系数高且易操作、产苗量大、成苗快,是菊花种苗市场供给的主要繁殖途径。但由于种植年限的积累以及自毒作用^[6],菊花种苗扦插过程中逐渐显露出生根时间长、生根量少、根长短等问题,极大地影响了菊花的成苗品质,如何有效解决以上扦插存在的问题是当下菊花生产中的迫切需求。

近年来,一些研究报道了获取菊花插穗的母株条件、插穗来源部位、扦插基质、温湿度和光照等因素对菊花扦插生根的影响。生长健壮、无病虫害的母株是生产优质种苗的首要条件^[7],适宜的温湿度和光照是菊花扦插育苗的重要保障^[8]。插穗来自母株的不同部位对菊花育苗的质量影响极大。顶部来源的插穗较中部和基部利于种苗的发根和生长,且顶部的嫩枝插穗生根快、根数多而整齐,最适宜用作种苗生产^[9]。扦插基质也是决定插穗生根质量的重要因素,相对于单一基质而言,以珍珠岩、蛭石、泥炭、细沙等组成的混合基质可以提高插穗的生根率、促进根数和根长^[10]。植物生长调节物质可以较好地提高生根率,因而被广泛用于促进菊花扦插生根。针对品种繁多的菊花,不同植物生长调节物质的促生根作用效果有着较大的差异。本文对目前报道的生根剂类型、作用机理和促生效果等进行了系统综述,并对促进菊花扦插生根的未来发展趋势进行展望,旨在提出一套简便、经济且有效的促扦插生根方法,为指导生产实践提供理论依据。

1 生长调节剂类生根剂

植物生长调节剂(plant growth regulators, PGRs)是人工合成或提取的能够调节植物生长发育的有机化合物,其可以促进植物生长,也可以延缓或抑制植物生长^[11]。其中,植物生长促进剂是一类能够促进作物生长、提高作物抗逆性的生长调节剂,它可以通过促进植物营养吸收、诱导相关基因的表达、促进特定酶的合成、改变过氧化物酶的活性、激活Ca²⁺-钙调蛋白活性和K⁺通道等机制来促进植物的生长发育,还可以诱导植物的愈伤组织再分化形成芽

或者根^[12]。随着农业的快速发展,利用植物生长促进剂调控作物的生长发育逐步成为农业生产的重要措施之一。目前,农业生产中应用比较成熟的植物生长促进剂主要有萘乙酸、吲哚丁酸和吲哚乙酸等。

1.1 萘乙酸

萘乙酸(NAA)是萘类具有生长素类活性的植物生长调节剂^[13]。NAA由根、茎、叶吸收进入植物体内可以促进插条基部的薄壁细胞脱分化,使细胞恢复分裂能力,产生愈伤组织,进而长出不定根^[14];NAA还能促进插穗贮存的淀粉水解为还原糖,为根的形成提供较丰富的能源和碳源,从而促进插穗生根^[15]。表1为本文收集到的NAA在菊花扦插生根中的作用效果。施用15~1 000 mg·L⁻¹的NAA,可以增加根长2.03%~28%,增加根数15.38%~343%。其中,龚辉等^[16]使用800 mg·L⁻¹的NAA处理‘荷兰四变菊’,平均根数比对照提高了3.4倍,可见NAA可以显著提高扦插菊花的生根数量。

表1 NAA促进菊花扦插生根效果
Table 1 Effects of NAA on rooting of chrysanthemum cuttings

品种	NAA 浓度/ (mg·L ⁻¹)	促生效果/%		参考文献
		根长	根数	
九月菊	15	12.44	15.73	[17]
金背大红	250	-	83.33	[18]
紫玉	500	-	15.38	[18]
麦浪	500	-	57.14	[18]
荷兰四变菊	800	2.03	343	[16]
金陵阳光	1 000	28	16	[19]

注:“-”表示无数据。下同。

1.2 吲哚丁酸

吲哚丁酸(IBA)常用于木本和草本植物的浸根移栽,可由叶片和嫩表皮进入植株内,随养分运输到作用部位^[20]。它可以通过提高植物的光合效率,增强抗氧化酶活性,促进植物细胞生长分裂,诱导根原基的发生,从而提高植物生根率^[21]。IBA促进植物生根作用强烈,持续时间长,诱发根多且长。

表2 IBA促进菊花扦插生根效果
Table 2 Effects of IBA on rooting of chrysanthemum cuttings

品种	IBA 浓度/ (mg·L ⁻¹)	促生效果/%		参考文献
		根长	根数	
甘菊	150	60	350	[24]
红心菊	750	110.26	214.28	[22]
桃花尖	1 000	-	150.33	[25]
粉红托桂	1 000	-	197.32	[25]
夏小菊	1 000	-	24.7	[25]
蒙娜丽莎粉	1 500	6.72	17.47	[23]

表 2 为 IBA 在菊花扦插生根中的作用效果。施用 150 ~ 1 500 mg·L⁻¹ 的 IBA, 可以促进根长增加 6.72% ~ 110.26%, 促进根数增加 17.47% ~ 350%。毛鹏飞等^[22]使用 750 mg·L⁻¹ 的 IBA 处理‘红心菊’, 平均根长增加 110.26%, 平均根数增加了 214.28%。杨秋等^[23]用 1 500 mg·L⁻¹ 的 IBA 浸泡菊花‘Mona Lisa Pink’扦插苗 5 s 时, 不仅能增加根长和根数, 还将生根时间提前了一天。

除单独使用 NAA 和 IBA 外, 还可以将两者进行混合使用, 提高促生效率。杨雪萌^[26]使用生长调节剂 NAA 和 IBA 处理菊花‘火炬’发现, 100 mg·L⁻¹ 的 IBA 和 500 mg·L⁻¹ 的 NAA 可以使‘火炬’的根长增加 79.29%, 根数增加 51.31%, 其中最长根长增加了 42.68%。市面上常见的一些促生根药剂, 例如爱根生、ABT 生根粉等, 就主要是由 NAA 和 IBA 组成。赵艳莉等^[27]用 100 mg·L⁻¹ 的 ABT 1 号生根粉处理‘金丝皇菊’插穗, 增加了 2.17% 的根长和 253.83% 的根数, 使用 2 500 mg·L⁻¹ 的爱根生可以增加‘金丝皇菊’根长 18.48%, 增加根数 248.7%, 而且两种生根剂的生根率均达到 100%。牛凯丽等^[28]使用 1 000 ~ 5 000 mg·L⁻¹ 的主要成分为 NAA 和 IBA 的生根粉处理地被菊‘乳荷’的插穗, 增加了 18.95% ~ 86.32% 的根长, 而且提高了 10% 的生根率。

1.3 吲哚乙酸

吲哚乙酸 (IAA) 可由茎、叶和根系进入植物体内, 进而促进细胞伸长、诱导和促进植物细胞分化, 尤其是促进植物维管组织的分化, 还可以提高植物同化物的运输速率^[29]。IAA 除了能促进植物生长外, 还能促进侧根生长, 但其稳定性较差^[30]。张远兵等^[31]使用 400 mg·L⁻¹ 的 IAA 处理‘千头菊’和‘金背大红’, 其平均根长分别增加了 33.82% 和 30.56%。毛鹏飞等^[22]使用 1 000 mg·L⁻¹ 的 IAA 处理‘红心菊’, 其平均根长增加了 76.82%, 平均根数增加了 2 倍多。在 250 ~ 1 000 mg·L⁻¹ 的范围内, IAA 对‘红心菊’的促生效果随着其浓度的增加而提高。

1.4 过氧化氢

过氧化氢 (H₂O₂) 是一种强氧化剂, 一般作为消毒剂、氧化剂、漂白剂、助燃剂使用, 农业上能在植物细胞分化和形态建成中充当发育信号的角色, 参与植物向地性生长、胁迫应答和激素信号转导等, 还能维持植物细胞内的氧化还原平衡^[32-34]。廖伟彪等^[35]使用 H₂O₂ 处理菊花‘北国之春’的插穗, 发现在 1 700 ~ 6 800 mg·L⁻¹ 的浓度下, 可以增加生根数 10.16% ~ 20.51%, 增加根长 5.77% ~ 142.31%, 提高生根率 4.7% ~ 9.5%, 其中 6 800

mg·L⁻¹ 为最佳促生浓度。

1.5 多效唑

多效唑是一种高效低毒的植物生长延缓剂和广谱杀菌剂, 可经根、茎、叶吸收, 由导管传到幼嫩部分的分生组织。多效唑以增加叶绿素、促进光合强度、增加蛋白质和核酸的含量、使光合产物合理分配等方式来促进分枝、生根、增厚叶片等方式来增加植物抗旱性和抗寒性, 延缓植物衰老等^[36]。曾海祥^[37]经试验发现多效唑在合适的浓度下同样具有促进菊花‘金冠’插穗生根的效果。多效唑需要在扦插两周前喷施于叶面上, 使叶面上出现一层水膜, 两周后剪取插穗并扦插。多效唑在 250 ~ 1 000 mg·L⁻¹ 的浓度下能够增加根数 25.83% ~ 153.59%, 提高成活率 10% ~ 20%, 但对促进根长生长无作用^[37]。

2 非生长调节剂类生根剂

除了生产中常用的生长调节剂外, 还有一些用作除草剂和杀菌剂等作用的药剂, 也具有促生长的功能 (表 3), 如 *N*-(1-萘乙酰基)-*N'*-(2-羧基苯基) 硫脲 (NCT) 是一种同时拥有萘乙酰基和硫脲基的化合物, 是 NAA 的衍生物, 具有杀虫、除草、促进植物生长的功能, 经 NCT 处理的扦插‘千头小黄菊’生根量增加了 184.38%^[38]。青霉素是一种低毒高效抗菌药物, 对植物的生理活动具有一定的调节作用, 而氨基青霉素是青霉素的衍生物, 能治疗多种细菌感染, 经实验发现其能够促进‘千头小黄菊’扦插生根数提高 203.13%^[38]。酰胺类物质中的 5-甲基-3-对氯苯基-2-硫代乙内酰脲 (CMT) 和 (S)-5-甲基-3-对氯苯基-2-硫代乙内酰脲 [(S)-CMT], 可用作除草剂、杀菌剂和杀虫剂, 经研究发现还可以提高‘千头小黄菊’65.38% ~ 71.22% 的生根数^[39]。 α -(对氯苯氨基) 硫代甲酰氧基)- α -苯基-二乙基磷酸酯 (PCT) 和 *N*-取代 (O,O-二乙基亚磷酸酯-2-羟基苄基)-2-氨基-乙酸钾 [N-(DH)AK] 均是磷酸酯类化合物, 可作抑菌剂、抗肿瘤剂、杀虫剂以及抗植物病毒剂, 在 40 mg·L⁻¹ 时, 能大幅增加扦插菊的根长和根数, 还分别使生根率增加了 34.35% 和 39.47%^[40]。硝普钠是一氧化氮的供体, 可用作血管扩张药, 其产生的一氧化氮作为信号分子参与植物的光形态建成与生长发育, 廖伟彪等^[35]发现硝普钠可以促进菊花‘北国之春’的扦插生根。亚精胺是一种多胺类物质, 是一类普遍存在于生物体内的具有较高生物活性的含氮碱, 参与细胞增殖、细胞衰老、器官发育、免疫以及癌症等病理生理过程, 此外亚精胺还是一种调节植物生长和发育的重要活性物质, 可以促进作物

生根, 缓解作物受到的胁迫, 提高植物抗性^[41-44]。徐东花使用亚精胺对菊花‘神马’的扦插生根进行研究, 发现使用 $0.05 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的亚精胺对菊花插穗基部浸泡 1 min 可以有效促进不定根的发生, 不仅增加平均根长和平均根数, 而且将生根时间提前了 2 d^[42]。

那氏齐齐发为云南省生态农业研究所所长那中元带领研发, 其主要成分为“中草药”, 具有促进植物抗冷、耐热、耐强光、耐涝、耐旱及增强抗病防虫能力的作用。本实验室使用那氏齐齐发处理菊花‘神马’, 发现其平均根长增加了 40%, 平均根数增加了 60%, 且生根时间提前了 1 d (图 1)。

表 3 非生长调节剂类生根剂促进菊花扦插生根效果

品种	药剂名称	促生效果/%		参考文献
		根长	根数	
千头小黄菊	NCT	-	184.38	[38]
	氨基青霉素	-	203.13	[38]
	CMT	-	65.38	[39]
	(S)-CMT	-	71.22	[39]
	PCT	151	180.18	[40]
北国之春	N-(DH)AK	130.46	189.19	[40]
	硝普纳	96.15	19.06	[35]
神马	亚精胺	14.81	20.27	[42]



第 1 行为对照组; 第 2 行为那氏齐齐发处理组。

图 1 那氏齐齐发促进‘神马’扦插生根效果

Figure 1 Effect of Nashi 778 on rooting of ‘Jinba’



第 1 行为对照组; 第 2 行为 KC 098 处理组。

图 2 KC 098 促进‘神马’扦插生根效果

Figure 2 Effect of KC 098 on rooting of ‘Jinba’

3 微生物菌剂促进生根

根际环境是植物与各种微生物相互作用的复杂环境。根际环境中的微生物参与了众多的土壤生化过程, 其中一部分微生物维持着植物根际的正常微生态, 它们通过自身代谢活动来促进物质的循环和合成、调节植物激素水平及维持土壤稳态, 进而帮

助植物健康生长。一方面, 微生物可以通过产生植物激素或进行生物固氮、溶磷和解钾等活动提高土壤养分含量来直接促进植物生长; 另一方面, 微生物也可以通过自身或诱导植物产生有害微生物的拮抗物质来减少或抑制植物病害的发生, 从而间接促进植物生长^[45]。很多微生物在促进植物生长的同时, 也较好地促进了植物根系的生长。杨华等^[46]使用

Serratia nematodiphila 和 *Bacillus velezensis* 对水稻幼苗进行促生研究发现, 在第 21 天时, 经 *S. nematodiphila* 处理的幼苗根长增加了 35.55%, 平均侧根数增加了 12.24%; *B. velezensis* 处理的水稻幼苗根长增加了 42.2%, 平均侧根数增加了 12.94%。鱼腥藻 (*Anabaena laxa*) 具有固氮能力且在发酵过程中会产生 IAA, Bharti 等使用其发酵菌液处理菊花插穗, 结果根长和根数都大幅增加^[47-48]。刘拴成等将微生物发酵液稀释 200 倍后处理‘九月菊’, 发现其平均根长增加了 146.02%, 平均根数增加了 18.75%, 同时也有效提高了成苗植株的干重和鲜重^[49]。

目前, 本实验室筛选得到了两株能够促进菊花

‘神马’扦插生根的菌株, 分别为 KC 098 (*Stenotrophomonas* sp.) 和 KC 009 (*Massilia* sp.)。KC 098 具有固氮、产吡啶乙酸、提高土壤脲酶和蔗糖酶活力、促进多菌灵和褐藻酸盐降解的作用^[50-52]。以 KC 098 发酵液处理菊花扦插苗, 在第 20 天时可以增加 20% 以上的不定根数量, 同时增加根长近 20% (图 2), 且在第 8 天时生根率达到 100%, 比对照组提高了 20%; KC 009 具有固氮、解磷、产铁载体、产吡啶乙酸和 ACC 脱氨酶的能力^[53]。以 KC 009 发酵液处理菊花扦插苗, 在扦插第 20 天时可以增加 40% 的不定根生根数量, 同时增加根长 35% (图 3)。

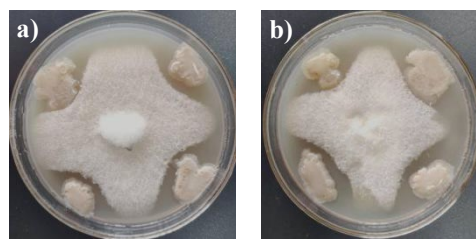


第 1 行为对照组; 第 2 行为 KC 009 处理组。

图 3 KC 009 促进‘神马’扦插生根效果

Figure 3 Effect of KC 009 on rooting of ‘Jinba’

除了促生作用外, 微生物还能通过寄生、溶菌、激活抗性等多种方式达到抑制病原物的效果^[54]。例如, 球毛壳菌 (*Chaetomium globosum*) 可以促进人参株高增加 51.21%, 提高鲜重 76.23%, 还能对人参立枯病的病原菌立枯丝核菌 (*Rhizoctonia solani* Kuhn) 有着很好的抑制作用^[55]; 绿色木霉菌可以提高黄瓜产量 59%, 增加株高 37%~42%, 还能有效抑制尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*)、层生镰刀菌 (*F. proliferatum*)、串珠镰孢菌 (*F. moniliforme*)、白绢病菌 (*Sclerotium rolfsii*)、葡萄座腔菌 (*Botryosphaeria dothidea*) 和灰葡萄孢菌 (*Botrytis cinerea*) 的生长^[56]; 贝莱斯芽孢杆菌 (*Bacillus velezensis*) 能够使小麦增产 5.8%, 还能够有效抑制禾谷丝核菌 (*Rhizoctonia cerealis*)、西瓜尖孢镰刀菌 (*F. oxysporum*)、小麦根腐病菌 (*Bipolaris sorokinana*)、芹菜早疫病菌 (*Alternaria solani*)、花生果腐病菌 (*F. moniliforme*) 和禾谷镰刀菌 (*F. graminearum*) 的生长^[57]。本实验室筛选到的 KC 098 不仅可以促进菊花扦插生根, 也能抑制菊花病原菌尖孢镰刀菌 (*F. oxysporum*)、腐皮镰孢菌 (*F. solani*) 的生长 (图 4)。



a) 尖孢镰刀菌; b) 腐皮镰孢菌。

图 4 KC 098 对尖孢镰刀菌、腐皮镰孢菌的抑制效果

Figure 4 Inhibitory effects of KC 098 on *F. oxysporum* and *F. solani*

微生物种类多、应用广, 制成菌剂安全性高且具改善土壤结构、促进植物生长、防治病虫害等功能, 在农业生产中具有巨大的应用前景。随着近年绿色农业的推广, 越来越多的有益微生物被用于农业增收、农业病害防治、土壤改良等领域, 发展农业微生物是未来保障农产品的重大需求。

4 讨论

4.1 生长调节剂应用现状及缺点

NAA、IBA 和 IAA 等生长调节剂可以较好地促

进菊花插穗生根,但由于菊花品种众多,同一种植物生长调节剂对不同的菊花品种效果不同。表4为生长调节剂在菊花扦插生根中的作用效果,其中IBA效果最好,较适合促进菊花扦插生根;NAA则

主要表现为对生根数的促进作用,对促进根长生长效果一般;IBA和NAA混合使用,可以结合两者的优势进行促扦插生根,所以两者混合使用最适合促进扦插生根。

表4 生长调节剂促进菊花扦插生根效果
Table 4 Effect of growth regulators on rooting of chrysanthemum cuttings

药剂名称	浓度/(mg·L ⁻¹)	促生效果/%		不足
		根长	根数	
NAA	15~1 000	2.03~28	15.38~343	仅促根数,促根长一般
IBA	150~1 500	6.72~110.26	17.47~350	价格高
IAA	250~1 000	30.56~120.2	2.52~202.24	不稳定、易分解
H ₂ O ₂	1 700~6 800	10.16~20.51	5.77~142.31	不稳定、易分解
多效唑	250~1 000	-	25.84~153.59	抑制地上部生长

植物生长调节剂虽然作用广泛、见效快、效果好,但是使用技术严格,若使用不当,不仅不能增加产量,还会造成减产。此外部分PGRs还具有毒性^[11],例如多效唑对鼠类具有慢性毒性,最低毒性剂量水平仅为11.7 mg·kg⁻¹·d⁻¹^[58];H₂O₂属于强氧化剂,高浓度对皮肤黏膜有腐蚀性^[59]。

4.2 非生长调节剂应用现状及缺点

除了常用的生长调节剂类物质,还有部分除草剂和杀菌剂等药剂也有促生根效果,例如亚精胺、氨基青霉素等。这些药剂对菊花插穗不定根的生成虽有促进作用,但他们往往价格昂贵,增加了菊花种植成本,因此较难大范围推广。

4.3 微生物应用现状及缺点

有益微生物不仅能自身产生微量生长素,还能释放土壤中的养分来促进植物生长及生根。另外,微生物还可以通过自身或诱导植物产生农业有害微生物的拮抗物质来减少或抑制植物病害的发生,确保农产品无公害并减少环境污染。有益微生物菌剂施入土壤后,可以改变植物根际的微生物菌群和土壤微生态环境、改善土壤物理性状、改良土壤团粒结构,从而使土壤疏松,在一定程度上缓解土壤板结。目前微生物在菊花扦插促生根方面应用的较少,但在其他经济作物、粮食作物的生产中已有一些微生物菌剂的推广应用,如陕西广仁生物科技有限公司生产的主要成分为芽孢杆菌的微生物菌剂能够有效促进烟草的生长发育,增加5.5%的产量,每公顷可增加收益约2 463元^[60];山东迈科珍生物科技有限公司生产的主要成分为荧光假单胞菌、枯草芽孢杆菌的微生物菌剂不仅能增加大樱桃的单果重8.47%,提高2.04%的糖度,促进早熟,还能提高土壤中具有溶磷固氮能力细菌的相对丰度,抑制病原菌的生长,同时对大樱桃的连作障碍具有一定防效^[61]。

有益微生物能通过自身的代谢活动,一方面产生具有多种功能的代谢产物,例如铁载体、吡啶乙酸等来促进植物健康生长,另一方面产生病原生物的拮抗物质如农用抗生素类来抑制植物病害发生,进而帮助农业实现减肥减药的绿色生产目标。

近年,由于菊花市场需求的不断增加,导致菊花种植基地的连续高频耕用,菊花种苗生根慢、生根量少的问题愈发凸显,因此开发研究低成本且绿色环保的微生物促生根菌剂是提升菊花种苗品质的有效途径。目前对于菊花扦插促生根的微生物研究较为匮乏,因此加大对该领域功能微生物的筛选和研究对菊花产业的发展具有重要意义。本实验室筛选到的KC098菌株不但可以促进扦插菊花的生根数和根长,还具有抑制菊花病原菌的能力,是较好的菊花促生防病多功能菌剂研究材料。

5 展望

随着菊花产业的深入开发,其市场需求与日俱增,研究菊花种苗的快速繁殖及保障种苗的品质对菊花产业发展具有重要意义。植物生长调节剂可以大大提高生根率,因而目前被广泛用于促进各类菊花扦插生根,但其作用单一且使用技术较为严格,部分植物生长促进剂甚至会危害环境及人类健康。而非植物生长促进剂类的生根剂往往价格高昂,增加了菊花生产成本,较难大面积推广。微生物作为农业可持续发展的重要资源,不仅在生长促生方面起作用,在病虫害防治、土壤修复、农业废弃物转化利用等方面也发挥着重要作用。“十四五”规划提出,发展农业微生物是国家推进农业绿色发展,保障作物安全、种子安全和耕地质量的重大需求,因而急需加强国家微生物种质资源库的建设。目前有一些微生物菌剂用于农作物的增产丰收及防病,

但对于促进菊花扦插生根的微生物研究却仅有零星报道且促生效果一般, 因此未来需加强对促进菊花扦插生根微生物的筛选和应用研究, 以助力菊花产业发展。

参考文献:

- [1] 景维坤, 王军娥, 亢秀萍, 等. 不同栽培方式对菊花观赏价值的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(1): 20-25.
- [2] 戴思兰. 中国菊花的魅力[J]. 中国园林, 2012, 28(8): 46-48.
- [3] 戴思兰, 温小蕙. 菊花的药食同源功效[J]. 生命科学, 2015, 27(8): 1083-1090.
- [4] 向福, 鲁司卿, 叶诚, 等. 菊花在保健食品中的配方关联性分析[J]. 黄冈师范学院学报, 2020, 40(6): 1-8, 19.
- [5] 杨志芬, 陈莉华, 廖美林, 等. 野菊花精油的提取及其在功能性日用品中的应用[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2011, 32(6): 89-92.
- [6] 周凯, 王智芳, 郝峰鸽, 等. 菊花不同部位及根际土壤水浸液对其扦插苗生长的自毒效应[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 762-768.
- [7] 许蕊. 菊花穴盘扦插育苗技术要点[J]. 南方农业, 2021, 15(15): 42-43.
- [8] 陈晓峰. 苏州地区多本菊提高扦插成活率试验研究[J]. 现代园艺, 2017(12): 6-8.
- [9] 张黎, 翟彦. 不同基质不同部位对菊花扦插生根的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(6): 112-114.
- [10] 臧卫平, 胡徽宁. 基质对菊花扦插的影响[J]. 河北林业科技, 2012(5): 14-15.
- [11] 张腾腾, 钱心悦, 孙俊杰, 等. 植物生长调节剂对根及根茎类药材质量影响的研究进展[J]. 中国新药杂志, 2022, 31(8): 752-761.
- [12] 齐德强, 冯乃杰, 郑殿峰, 等. 不同复配壮秧剂对水稻机插秧根系形态及抗性生理的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(5): 974-981.
- [13] 王志远, 罗裳, 韩永亮, 等. 萘乙酸和邻氨基苯甲酸对玉米花后养分吸收及转运的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(1): 127-137.
- [14] 杨德江, 刘玉环. 不同浓度 α -萘乙酸(NAA)处理菊花插穗生根效应研究[J]. 河西学院学报, 2006, 22(5): 59-60.
- [15] 陈丽英, 祁树安, 王开芳, 等. 激素种类、浓度及浸泡时间对红榉扦插育苗的影响[J]. 山东农业科学, 2018, 50(8): 72-76.
- [16] 龚辉, 郑俊敏, 颜欢欢, 等. 不同植物生长调节剂对荷兰四变菊扦插生根影响[J]. 园艺与种苗, 2017, 37(12): 6-8, 12.
- [17] 刘拴成, 张翠英, 穆俊祥, 等. 萘乙酸对九月菊扦插生根的影响[J]. 集宁师范学院学报, 2012, 34(2): 112-114.
- [18] 冯晓容, 王兴文, 俞晓艳, 等. 菊花嫩枝扦插繁殖试验[J]. 宁夏农林科技, 2015, 56(3): 8-11, 14.
- [19] 施旭丽, 王筠竹, 王萃铂, 等. 4 个国庆盆菊品种扦插繁殖[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(1): 141-147.
- [20] 马军强, 王海. 2 种植物生长调节剂对‘双红’葡萄扦插繁殖的影响[J]. 甘肃科技, 2018, 34(20): 165-166, 14.
- [21] 宋子琪, 邓荣艳, 杨梅, 等. 水杨酸和吲哚丁酸对冬季山椒子幼苗生长及抗逆生理的影响[J]. 经济林研究, 2021, 39(2): 148-154.
- [22] 毛鹏飞, 郭巧生, 汪涛. 药用杭菊扦插育苗技术研究[J]. 中草药, 2012, 43(8): 1611-1614.
- [23] 杨秋, 唐岱, 苏腾伟, 等. 基质及生长调节剂对切花小菊扦插生根的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(2): 416, 418.
- [24] 段莹莹, 贾文龙. 不同质量浓度 IBA 对食用菊扦插繁殖的影响[J]. 山西农业科学, 2011, 39(8): 838-840.
- [25] 裴红美, 张德平, 戴思兰. 3 个中国传统菊花品种扦插繁殖试验[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(11): 9-11.
- [26] 杨雪萌. 菊花扦插生根技术和机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [27] 赵艳莉, 曹琴, 熊小强, 等. 促进金丝皇菊扦插生根的不同生根剂筛选试验[J]. 农业科技通讯, 2019(9): 111-113.
- [28] 牛凯丽, 黄小峰, 吕晋慧. 不同因素对地被菊扦插生根的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(4): 554-557.
- [29] 郑艳冰, 党兰, 丛永柱, 等. 吲哚乙酸与赤霉素对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(13): 3836-3838.
- [30] 贺群. 外源吲哚乙酸对茶树响应镉胁迫的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2019.
- [31] 张远兵, 刘爱荣, 张雪平, 等. IAA、NAA 和 B 对菊花扦插苗素质的影响[J]. 安徽农业技术师范学院学报, 2001, 15(1): 23-25.
- [32] 兰益, 申晓萍, 刘勇. 不同浓度外源过氧化氢对小菊扦插生根的影响[J]. 广西农学报, 2014, 29(6): 18-20.
- [33] 蔡凤香, 陈豆豆, 杨飞, 等. H_2O_2 对水稻幼苗生长和生理的调节[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 74-77.
- [34] 朱利君, 闫秋洁, 陈光升, 等. 外源 H_2O_2 通过介导抗氧化酶、ABA 和 GA 促进高盐胁迫下黄瓜种子的萌发[J]. 植物生理学报, 2019, 55(3): 342-348.
- [35] 廖伟彪, 张美玲, 吴永华, 等. 一氧化氮和过氧化氢对地被菊扦插生根的影响[J]. 园艺学报, 2009, 36(11): 1643-1650.
- [36] 王建安, 吴霞, 徐增莱, 等. 植物生长调节剂对盾叶薯蓣产量及薯蓣皂苷元含量的影响[J]. 中国现代应用药学, 2009, 26(12): 996-999.
- [37] 曾海洋. 广州地区钟山系列小菊引种栽培技术研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.
- [38] 刘萍, 刘海英, 齐付国, 等. NCT、NAA、青霉素及氨基青霉素对菊花水培扦插生根的影响[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2002, 30(4): 77-80.
- [39] 刘萍, 赵乐, 丁义峰, 等. CMT 和(S)-CMT 对菊花水培扦插生根的影响[J]. 河南农业科学, 2006, 35(5): 78-80.

- [40] 刘萍, 徐克东, 孙莉萍, 等. PCT和N-(DH)AK对菊花水培扦插生理生化的影响[J]. 北方园艺, 2007(5): 114-116.
- [41] 邓琪, 谢斌, 谢明. 亚精胺在神经系统的调节和保护功能[J]. 中国医学工程, 2018, 26(3): 32-35.
- [42] 徐东花. 亚精胺对菊花不定根发生及生根机理的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [43] 海霞, 米俊珍, 赵宝平, 等. 外源亚精胺对盐胁迫下燕麦幼苗生长及生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2021, 41(6): 1003-1011.
- [44] 林必博, 王锋, 周济铭. 亚精胺提高植物抗旱性作用机理的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(9): 6-10.
- [45] 霍佳慧, 毕少杰, 于欣卉, 等. 植物根际促生菌作用机制研究进展[J]. 现代农业科技, 2022(9): 90-96.
- [46] 杨华, 胡展, 郭照辉, 等. 水稻促生菌的筛选、鉴定及其促生效果[J]. 微生物学通报, 2022, 49(6): 2088-2099.
- [47] BHARTI A, PRASANNA R, KUMAR G, et al. Cyanobacterium-primed *Chrysanthemum* nursery improves performance of the plant and soil quality[J]. Biol Fertil Soils, 2021, 57(1): 89-105.
- [48] BHARTI A, PRASANNA R, RAJU DANTULURI V S, et al. Cyanobacterium-amended mixes as priming options for stimulating growth and improving nutrient availability in nursery-grown *Chrysanthemum* rooted stem cuttings[J]. Acta Physiol Plant, 2021, 43(7): 1-16.
- [49] 刘拴成, 张翠英, 穆俊祥, 等. 微生物发酵液对九月菊扦插生根的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2012, 40(4): 29-30.
- [50] 冯发运, 王亚, 岳远浩, 等. 接种内生降解菌 *Stenotrophomonas pavanii* DJL-M3 对多菌灵胁迫下水稻根际微生态的影响[J]. 生态学报, 2022, 42(7): 2730-2740.
- [51] BEHERA I D, BASAK G, KUMAR R R, et al. Treatment of petroleum refinery sludge by petroleum degrading bacterium *Stenotrophomonas pavanii* IRB19 as an efficient novel technology[J]. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng, 2021, 56(2): 226-239.
- [52] RAMOS P L, VAN TRAPPEN S, THOMPSON F L, et al. Screening for endophytic nitrogen-fixing bacteria in Brazilian sugar cane varieties used in organic farming and description of *Stenotrophomonas pavanii* sp. nov[J]. Int J Syst Evol Microbiol, 2011, 61(4): 926-931.
- [53] 郭宇泽, 丁雪敏, 姚岚, 等. 马西利亚菌 B260 的分离鉴定及促进育苗的效果[J]. 生物技术通报, 2019, 35(9): 144-149.
- [54] 姜旭. 利用微生物防治植物病害研究进展[J]. 园艺与种苗, 2018, 38(6): 57-58, 62.
- [55] 张天静, 孙文松, 李玲, 等. 人参立枯病拮抗菌株鉴定及其生防促生效果[J]. 辽宁农业科学, 2022(2): 8-14.
- [56] 霍雪雪, 王庆玲, 张豪, 等. 绿色木霉 Tv-1511 对黄瓜的促生增产作用及防病效果[J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(3): 553-561.
- [57] 夏明聪, 邓晓旭, 齐红志, 等. 贝莱斯芽孢杆菌 YB-145 对小麦纹枯病的防治效果及促生作用[J]. 河南农业科学, 2021, 50(10): 76-83.
- [58] 曾丽海, 殷霄, 谢植伟, 等. 多效唑原药对 SD 大鼠慢性毒性与致癌性[J]. 中国职业医学, 2018, 45(4): 443-450.
- [59] 苏伟东. 过氧化氢消毒剂应用研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(2): 150-153.
- [60] 何峰, 李小军, 杜海霞, 等. 微生物菌剂对烟草生长及产量肥料效应的研究[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(5): 51-53.
- [61] 曾文官. 复合微生物菌剂在治理大樱桃连作障碍上的应用效果初探[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2022, 34(3): 36-38.

《ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES》刊发查丽莎团队和合作团队研究的 Mo-Based 纳米颗粒材料在抗辐射方面超凡应用前景的成果

近日, 安徽农业大学动物科技学院查丽莎教授团队与合肥工业大学查正宝教授团队联合共同研究了纳米材料 Mo-Based Polyoxometalate Nanoclusters (钼基多氧金属酸纳米团簇) 在抗辐射方面超凡的应用前景。相关研究成果作为封面文章发表在 ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES 期刊上(ACS AMI 2023.02 IF 10.383)。

实验研究表明, 纳米颗粒 Mo-POMnc 作为一种潜在的生物相容性放射保护剂, 在不同辐射量的条件下进行细胞实验和小鼠实验, 通过纳米颗粒 Mo-POM NCs 预处理, 显著提高了亚致死或致死剂量的 x 射线辐射暴露小鼠的存活率, 降低了多器官损伤程度, 同时可以保护 DNA 免受高能 x 射线照射的损伤。

研究论文安徽农业大学为第一通讯单位, 查丽莎为第一通讯作者。