

一种有机矿质复合剂对小米辣育苗效果及基质酶活性的影响

王 灿, 袁恩平, 李 罡, 王绍祥, 赵水灵, 李 云, 张雪廷

(云南省文山州农业科学院 云南文山 663000)

摘要:为明确蔬菜工厂化育苗中一种新型有机矿质复合材料对小米辣(*Capsicum frutescens* L.)幼苗生长质量及基质酶活性的影响,采用单因素试验,设置5个不同浓度并以商品育苗基质为原料进行小米辣育苗盘育苗,测定小米辣生长相关指标和基质酶活性。结果表明,15 g·L⁻¹和30 g·L⁻¹处理的幼苗干质量及生长函数显著高于其他处理,但出苗率却低于对照。其中,15 g·L⁻¹处理叶、根可溶性糖含量及根系活力分别比CK提高9.21%、105.48%、84.92%。在基质土壤酶活性中,除过氧化氢酶活性低于CK外,15 g·L⁻¹处理蔗糖酶、脲酶、酸性、碱性磷酸酶均显著高于对照。因此,该试验条件下,15 g·L⁻¹有机矿质复合剂对小米辣幼苗生长有促进作用,同时可提高基质土壤酶活性,这为小米辣工厂化育苗应用、培育优质秧苗提供了参考和思路。

关键词:小米辣;有机矿质复合材料;育苗;根际酶活性

中图分类号:S641.3 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2022)02-028-06

Effects of an organic mineral compound on the seedling quality of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) and soil substrate enzyme activity

WANG Can, YUAN Enping, LI Gang, WANG Shaoxiang, ZHAO Shuiling, LI Yun, ZHANG Xueting

(Wenshan Academy of Agricultural Sciences, Wenshan 663000, Yunnan, China)

Abstract: An experiment with 5 treatment levels was conducted to explore the effects of a new organic mineral material on the growth quality of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) seedlings and the substance enzymes activity in vegetable factory seedlings, using commercial seedling production soil mixture. The growth-related indexes and soil substrate enzyme activities were assayed. The results show that dry weight and growth rate were significantly higher for 15 g·L⁻¹ and 30 g·L⁻¹ treatments, but the emergence rate was lower than CK. Soluble sugar content in leaf and root, and root vitality of the 15 g·L⁻¹ treatment were 9.21%, 105.48% and 84.92% higher than CK. Soil substrate enzyme activities, except for catalase activity lower than CK, invertase, urease, and acid/alkaline phosphatase for the 15 g·L⁻¹ treatment were significantly higher than control. Under the test conditions, the 15 g·L⁻¹ organic mineral compound can promote the growth of chili pepper seedling and improve the soil substrate enzyme activity. This provides a new venue for high quality chili pepper seedling production.

Key words: *Capsicum frutescens* L.; Organic mineral compound; Seedling; Rhizosphere enzyme activity

小米辣(*Capsicum frutescens* L.)是茄科辣椒属一年或多年生灌木状辣椒(冷凉地区1年生,热区多年生),含有丰富的矿质元素和微量元素^[1-2]。小米辣作为特色经济作物之一,主产于中国西南边陲。近年来,其独特的口味、香气引起了人们的关注,育种者培育出了耐瘠、耐旱、株型大、果多、丰产的优良小米辣新品种,深受广大农民和消费者的喜爱,得到国内外市场的认可^[2]。目前,小米辣已成为

促进边疆地区广大农民增收的经济作物之一,同时也引起了国内外研究机构的关注。近年来随着工厂化育苗的发展,育苗盘育苗已成为小米辣育苗的主要方式,通常采用播种前肥料与基质混匀,苗期喷施叶面肥等方法进行育苗,但由于基质、肥料的种类不同,难以掌握准确的用量,过多则会导致基质EC值过高,抑制种子发芽和初期生长;过低在育苗后期养分缺乏,导致生长过慢。因此,寻找适宜

收稿日期:2021-01-01;修回日期:2021-05-24

基金项目:云南省技术创新人才培养项目(科技人才和平台培养计划2017HB128);文山州邹学校院士工作站(WS2018-05-01)

作者简介:王 灿,男,助理农艺师,研究方向为设施园艺与遗传育种。E-mail:1561848631@qq.com

通信作者:张雪廷,男,农艺师,研究方向为小米辣新品种选育及辣椒营养体系研究。E-mail:442988139@qq.com

的肥料及施肥模式,是保障育苗过程中辣椒健康生长的重要措施之一。张志刚等^[3]研究认为最佳施肥配方与方法为:子叶平展至2片真叶平展时 N、P、K 比为 12-2-14、20-10-20 两种肥料交替使用,施 N 肥质量分数为 50 mg·kg⁻¹;2 片真叶平展至 4 片真叶平展时 12-2-14、20-10-20 两种肥料交替施用,施 N 肥质量分数为 100 mg·kg⁻¹;4 片真叶平展至 6 片真叶平展时 12-2-14、20-20-20 两种肥料交替施用,施 N 肥质量分数为 150 mg·kg⁻¹。3 个阶段施肥频率均为 1 次肥、1 次水,辣椒幼苗表现为壮苗指数增加、叶绿素含量升高和根系活力增强。叶林等^[4]认为当育苗盘孔数为 72 孔、基质草炭:蛭石体积比为 2:1、复合肥施用量为 2 kg·m⁻³时,辣椒幼苗的综合指标最优,健壮程度最高,幼苗质量最好。李红等^[5]研究表明 EG-2#菌液有效改善了辣椒幼苗生长量,其中 300 倍 EG-2#菌液处理的幼苗株高比对照提高 15.9%,茎粗增加 7.8%,壮苗指数提高 37.8%,地上、地下部鲜质量分别高 21.6%、30.5%,地上/地下部干质量分别高 23.6%、39.1%。王高飞等^[6]在育苗基质中添加不同生物炭材料探究对辣椒幼苗质量的影响中发现:育苗基质添加生物炭能够促进辣椒幼苗的生长发育以及养分的吸收利用,其中以添加稻壳生物炭处理育苗效果最好,幼苗中 N、P、K 含量最高。

辣椒育苗播种前,常将肥料与基质混匀后播种,苗期喷施 1~2 次叶面肥等方式为辣椒苗期生长提供养分,由于基质、肥料的种类不同难以掌握准确的用量,另外不同品种的辣椒苗期需肥量也不一样,这些因素都会影响辣椒苗期的生长。以往的研究主要以 1 年生辣椒(*Capsicum annuum* L.)如朝天椒等为主,小米辣(*Capsicum frutescens* L.)研究却鲜有报道。因此,针对在当地小米辣育苗过程中肥料施用的局限性,笔者以云南文山地区特色小米辣育苗过程中肥料选择、用量的实际需求为出发点,并本着节约肥料施用量、改善育苗基质环境、提高小米辣幼苗品质为目的,为云南文山地区实现小米辣工厂育苗栽培优质、高效、集约化,降低育苗成本等提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

辣椒品种为小米辣 M240,由文山州农业科学院蔬菜研究所提供。有机矿质复合剂矿物之星由日本群馬长石公司提供,是一种天然矿物质和腐殖酸复合的制剂,其主要矿质成分见表 1。育苗基质

为商品育苗基质(湘正农科牌商品育苗基质由湖南农业大学湘晖农业技术研究所研制,主要成分为草炭土。)

表 1 复合剂主要矿质组成成分及 pH

成分	硅酸	硫	钾	钠	镁	铁	氯
数值	71.7%	4.71%	4.54%	2.74%	2.06%	1.13%	0.18%
成分	钛	磷酸	锰	铅	锌	钙	pH
数值	0.09%	0.05%	0.04%	0.01%	0.003%	0.86%	4.7

注:数据由土岐市立陶器检测地 X 射线荧光分析。

1.2 方 法

1.2.1 盆栽试验及样品采集 试验点为文山州农业科学院分子育种试验室,时间为 2020 年 5—9 月。试验共设 4 个质量浓度的矿质复合剂添加处理:A. 15 g·L⁻¹、B. 30 g·L⁻¹、C. 45 g·L⁻¹、D. 60 g·L⁻¹,1 个空白对照(CK)。将混匀好的基质装入 72 孔育苗盘中,每盘为 1 次重复,每个处理各 3 次重复,并将发芽整齐一致的小米辣种子播种于苗盘中,进行常规管理(苗期只浇清水)。育苗结束后,采用 5 点取样法每盘选取 10 株 5~7 片真叶时期的秧苗,拔出后抖落附着的土壤基质,用单独无菌刷收集根表面的土壤基质、低温保存、测定基质酶活性,同时将样品低温保存用于测定生理代谢指标。

1.2.2 测定项目 用刻度尺、游标卡尺测量株高和茎粗,分析天平测量干质量,并计算出苗率、壮苗指数、生长函数值。样品低温保存第 2 天测定生理代谢指标。用 TTC 法^[7]测定根系活力,用手持叶绿素仪(型号:TYS-B)测定叶绿素含量和 N 含量,用蒽酮比色法^[8]测定可溶性糖含量,用 BCA 法蛋白质含量试剂盒(G0418W,96 样)测定蛋白质含量。蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶、酸性磷酸酶和碱性磷酸酶活性采用 48 样微板法测定,货号分别为 G0302W、G0301W、G0303W、G0304W、G0305W,由云南晶亚科技有限公司代测。

出苗率/%=出土出苗数/种子总数×100;

壮苗指数=(地下部分干质量/地上部分干质量+茎粗/株高)×全株干质量;

生长函数(mg·d⁻¹)=全株干质量/苗龄。

1.2.3 数据统计与处理 原始数据整理采用 Word 2003 软件,数据差异显著性分析使用 DPS 7.05 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同处理对小米辣育苗效果的影响

不同处理对小米辣育苗效果的影响见表 2,幼

苗株高除 D 处理最低、仅 13.5 cm 外, A、B、C、CK 处理间无显著差异, 茎粗比较中, 各处理则无显著差异。A、B 处理的干质量最高, 为 0.3 g, 显著高于其他处理, 最低的是 D 处理, 仅 0.15 g。生长函数反映了植株积累有机物质的速率, 试验中 A、B 处理的生长函数无显著差异, 分别是 $0.006\ 0\ \text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 和 $0.005\ 9\ \text{g}\cdot\text{d}^{-1}$, 且显著高于其他处理, C 处理与 CK 处理无显著差异, 最低的是 D 处理, 显著低于其他

处理, 仅 $0.003\ 0\ \text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。壮苗指数是衡量秧苗素质优良的一个重要指标, 各处理间 CK 壮苗指数最高, 为 0.10, 与 A、B、C 处理无显著差异, 与 D 处理(0.03)差异显著。出苗率比较中, CK 处理最高为 86.57%, 显著高于其他处理; 其次是 A、B 处理, 分别为 81.02%和 80.56%, 二者间无显著差异; 最低的是 C、D 处理(71.30%和 71.76%), 二者间无显著差异。

表 2 小米辣生长质量比较

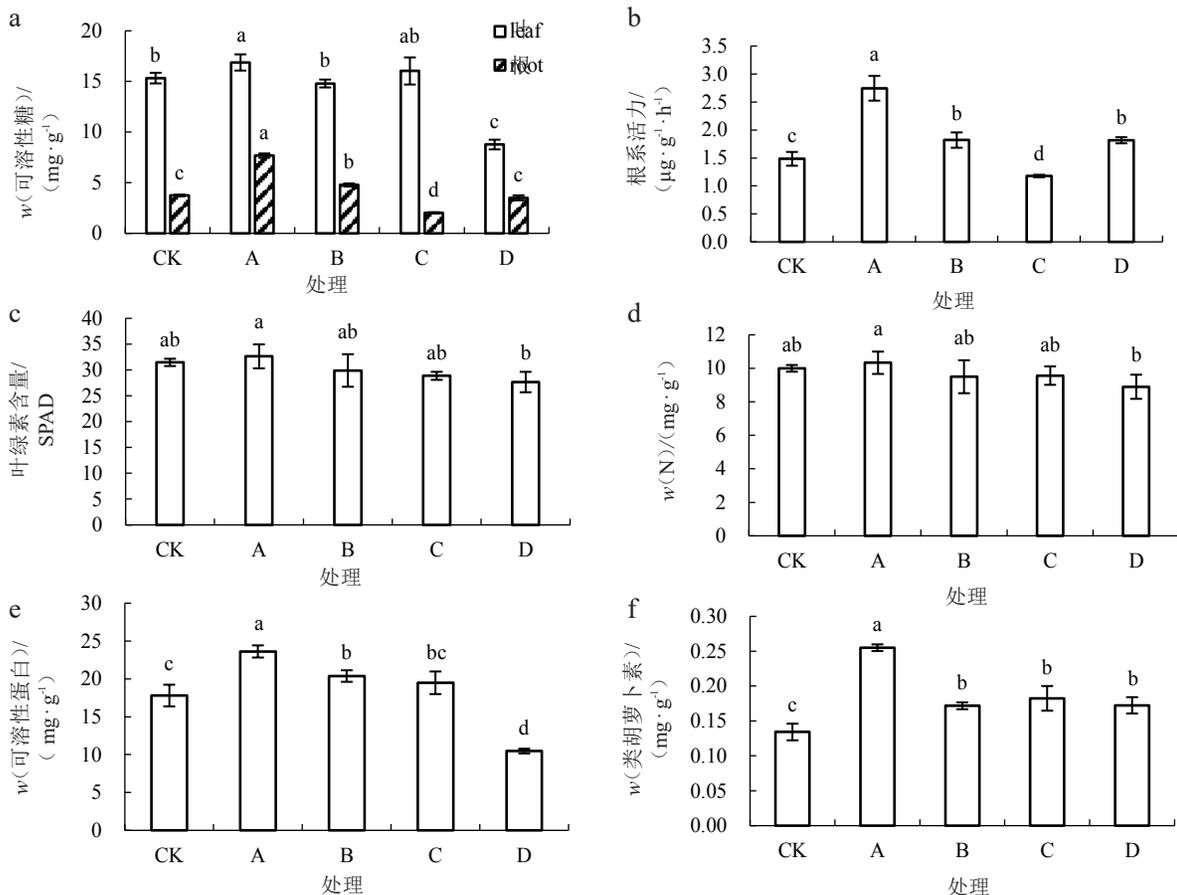
处理	株高/cm	茎粗/cm	干质量/g	生长函数/($\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$)	壮苗指数	出苗率/%
A	17.70±1.05 a	0.21±0.04 a	0.30±0.01 a	0.006 0±0.02 a	0.08±0.01 ab	81.02±2.12 b
B	16.17±1.70 a	0.21±0.04 a	0.30±0.02 a	0.005 9±0.05 a	0.09±0.05 ab	80.56±1.39 b
C	15.83±0.68 a	0.20±0.01 a	0.23±0.01 b	0.004 5±0.02 b	0.06±0.01 ab	71.30±2.12 c
D	13.50±0.72 b	0.18±0.03 a	0.15±0.02 c	0.003 0±0.04 c	0.03±0.01 b	71.76±3.50 c
CK	16.00±0.87 a	0.20±0.03 a	0.23±0.05 b	0.004 4±0.11 b	0.10±0.06 a	86.57±1.60 a

注: 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

综上, 各处理间以 A、B 处理育苗质量最好, 与 CK 最接近。同时积累有机物质的速度也优于其他处理, 壮苗指数也与 CK 无显著差异, 出苗率接近 CK, 因此当矿质添加剂为 $15\sim 30\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 幼苗农艺性状最好。

2.2 不同处理对小米辣生理代谢的影响

不同处理间小米辣幼苗生理代谢有显著差异, 在可溶性糖含量比较中(图 1-a), A 处理叶片可溶性糖含量(w, 后同)显著高于其他处理(C 处理除外)达 $16.88\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 比 CK 提高 9.21%。最低的是



注: 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

图 1 不同处理对小米辣生理代谢的影响

D处理($8.77 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),显著低于其他处理;另外在根中可溶性糖含量,同样以A处理最高,为 $7.68 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,比CK提高105.48%,显著高于其他处理;最低的是C处,理仅 $2.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。A处理根系活力显著高于其他处理,为 $2.75 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$;其次是B处理($1.82 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)和D处理($1.82 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$),二者无显著差异;最低的是C处理,仅 $1.18 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ (图1-b)。在叶绿素含量和N含量比较中(图1-c和图1-d),A处理最高,分别为32.63 SPAD和 $10.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,与D处理(27.67 SPAD 和 $8.90 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)差异显著,与B、C、CK处理差异不显著。在图1-e中,A处理可溶性蛋白含量最高,为 $23.62 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,显著高于其他处理;其次是B处理($20.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)与C处理($19.49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),二者无显著差异;最低的是D处理($10.47 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),显著低于其他处理。A处理类胡萝卜素含量最高,达 $0.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,显著高于其他处理;其次是C处理($0.18 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)与B处理($0.17 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)、D处理($0.17 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$),三者间无显著差异;最低的是

CK,仅 $0.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ (图1-f)。

结果说明在A处理下($15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$),小米辣幼苗生理代谢指标要显著优于其他浓度处理,可提高幼苗中可溶性糖含量、根系活力、叶绿素含量、N含量、可溶性蛋白含量及类胡萝卜素含量,对小米辣幼苗生长有积极的影响。

2.3 不同处理对基质土壤酶活性的影响

不同浓度处理对小米辣育苗基质土壤酶活性的影响有显著差异(图2)。A处理脲酶活性 $2205.81 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,显著高于其他处理;其次是B处理($2057.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),最低的是D处理($891.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)(图2-a)。在基质蔗糖酶活性比较中(图2-b),A处理基质蔗糖酶活性最高,为 $38.83 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,显著高于其他处理;其次是B处理和CK处理,分别是 $35.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $35.17 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,且二者无显著差异;最低的是D处理,仅 $23.05 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,显著低于其他处理。基质过氧化氢酶活性比较中(图2-c),CK处理最高,为 $142.47 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,显著高于D

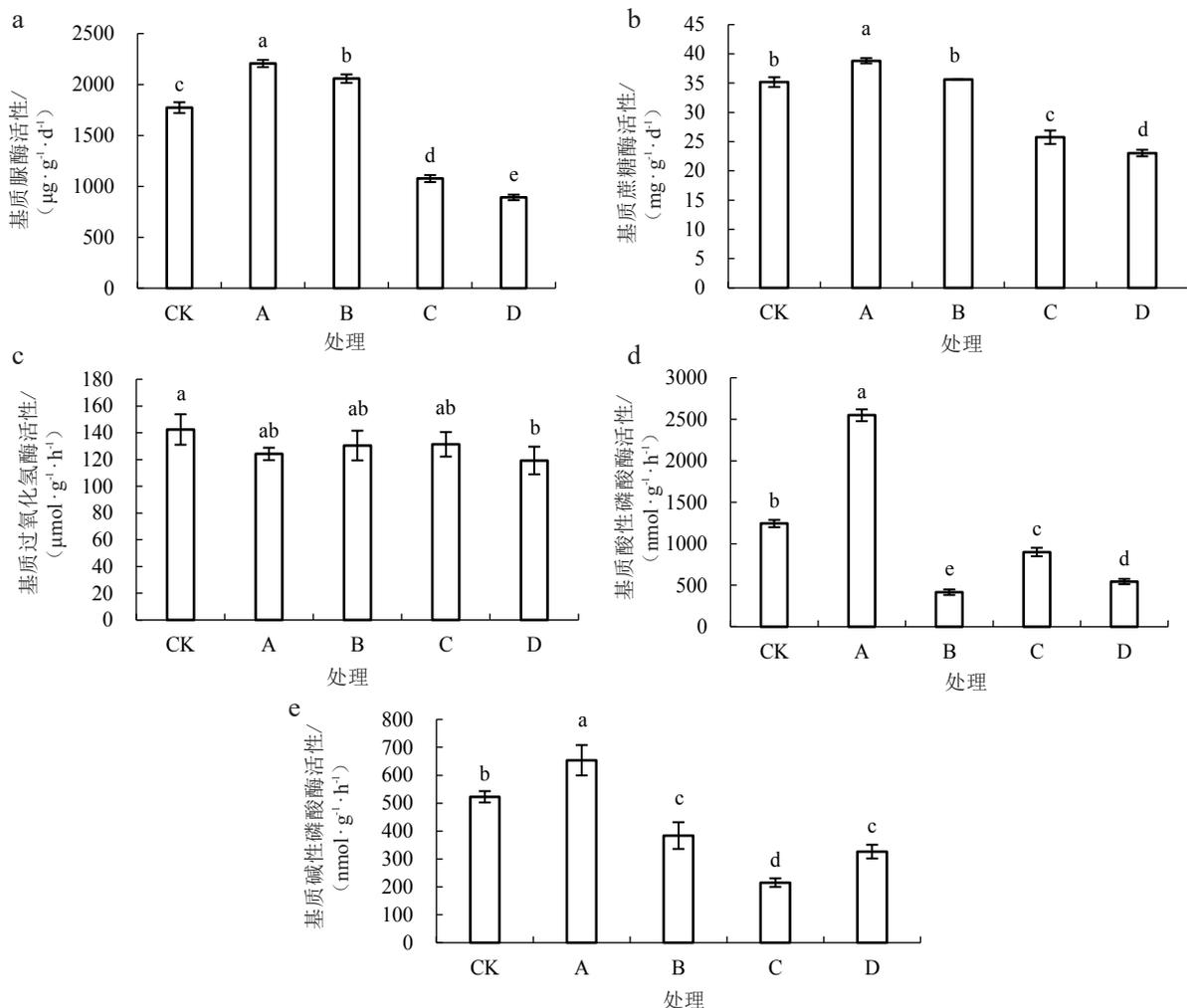


图2 不同处理对基质土壤酶活性的影响

处理 ($119.28 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), 但与 A 处理 ($124.22 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)、B 处理 ($130.45 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)、C 处理 ($131.39 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) 无显著差异。在图 2-d 中, A 处理的酸性磷酸酶活性显著高于其他处理, 达 $2\,548.60 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 其次是 CK 处理 $1\,244.21 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 最低的是 B 处理 $416.35 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。基质碱性磷酸酶活性比较中, A 处理最高, 为 $653.87 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 显著高于其他处理; 其次是 CK 处理 ($522.90 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), B 处理与 D 处理分别是 $383.95 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $326.56 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 二者无显著差异; 最低的是 C 处理 $215.41 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 显著低于其他处理(图 2-e)。

3 讨论与结论

在本试验中以小米辣为研究对象, 结果表明 A 处理株高、茎粗、壮苗指数与 CK 无显著差异, 干质量、生长函数显著高于对照, 比对照提高 30.43% 和 36.36%, 但出苗率却显著低于对照, 这可能是由于基质中添加了有机矿物质, 导致 EC 值偏高抑制了辣椒种子的发芽, 这与前人研究结果一致, 即育苗基质中 EC 值过高抑制辣椒、番茄种子的出苗^[9]。可溶性糖含量、根系活力、叶绿素含量、N 含量、可溶性蛋白含量和类胡萝卜素含量均是评价植物正常生长的指标, 其中植物可溶性糖不仅为植物生长发育提供能量, 同时在代谢中间产物、信号功能传递、植物抗性等方面也发挥着重要作用^[10]。试验 A 处理(低浓度)与 D 处理(高浓度)比较中发现, 可溶性糖含量、根系活力等指标均表现为低浓度下的表现显著高于高浓度下, 说明高浓度有机矿质复合剂对小米辣幼苗生理代谢活动存在抑制作用。相关研究表明, 高浓度盐环境会降低植物对某些必需微量元素的吸收, 从而影响植物正常生长。在高盐胁迫下, 芦荟茎和根中的 Cu 含量有所减少, 同时叶片中的 Mn 含量随盐分浓度增加呈先减少后增加的趋势^[11]。在烟草中盐分主要通过增加烤烟各部位的 Na 含量, 来影响对 K、Ca、Cu、Fe、Mn 的吸收, 同时通过限制根到茎中 K、Ca 的运输能力来影响各元素的分配与平衡^[12]。在中山杉幼苗离子分配及运输的影响中高浓度盐可降低根系对 K 和 Ca 的吸收, 改变根系细胞离子平衡^[13]。可能是随着基质中盐浓度的增加, 抑制了幼苗根系活力, 导致根系无法正常生理代谢, 如养分、水分的吸收等。

土壤酶活性与微生物群落、土壤呼吸强度息息

相关^[14], 酶活性的变化反映了土壤的综合肥力及土壤养分转化进程, 可以作为衡量生态系统土壤质量变化的预警和敏感指标^[15]。土壤脲酶与氮素的转化有关, 它是由植物根系分泌的一类酶, 可水解尿素为植物生长提供养分^[16]。土壤蔗糖酶对增加土壤中易溶性土壤物质起着重要的作用, 它能促使蔗糖分解为葡萄糖和果糖, 是参与土壤循环重要的酶, 同时也是评价土壤肥力水平和土壤熟化程度的指标之一^[17]。过氧化氢酶则是分解土壤中因生物呼吸作用而产生的过氧化氢, 降低过氧化氢对土壤的毒害^[16-18]。而磷酸酶则是促进有机磷分解成无机磷状态的酶类, 使植物根系更易于吸收^[19]。本试验中除过氧化氢酶外, 其余土壤酶活性均以 A 处理最高, 其脲酶、蔗糖酶、酸性/碱性磷酸酶活性分别比 CK 空白对照提高了 24.44%、10.38%、104.84%、25.05%。说明 A 处理浓度可提高脲酶、蔗糖酶、酸性/碱性磷酸酶的活性, 促进肥力的释放与转化, 改善根系环境, 但对基质土壤过氧化氢酶活性作用不大。另外试验中 D 处理基质酶活性均显著低于 CK 空白对照, 表明了不同处理浓度同样对基质中土壤酶活性存在促进或抑制作用。这可能是复合制剂中存在腐殖酸改善了根际微环境, 同时也促进辣椒幼苗的生长。有研究表明适量的腐殖酸, 一方面对土壤微生物群落的丰富度和多样性具有一定影响, 可改善微生物整体代谢活性^[17, 20]; 另一方面对植物根系产生刺激作用, 使植物根系活性提高, 促进质子泵(H^+ -ATP 酶)编码基因亚型 MNA2 的表达进而提高其活性, 增强抗逆性、增加作物产量、提高品质等^[20-21]。此外复合制剂中还存在大量微量元素, 也为幼苗生长、生理代谢(如蛋白质的合成)提供了必需的微量元素^[22]。但过量则会抑制幼苗生长, 这可能也是高浓度复合制剂处理下幼苗生理代谢及基质土壤酶活性反而下降的原因之一, 其中的分子机制有待进一步研究。

在小米辣育苗试验中, 适宜剂量($15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)的有机矿质复合剂可提高幼苗质量, 促进生理代谢, 增强基质土壤酶活性。这为云南文山地区小米辣培育优质秧苗提供了新的思路 and 基础, 同时也为进一步研究其促进生长机制提供了参考依据。

参考文献

- [1] 屈用函, 袁恩平, 王绍祥, 等. 云南文山小米辣栽培情况调查及其主售品种评价[J]. 中国蔬菜, 2016(11): 15-19.
- [2] 刘发万, 罗绍康, 龙荣华, 等. 云南地方小米辣资源评价及遗传多样性分析[J]. 西南农业学报, 2019, 32(5): 959-966.

- [3] 张志刚,尚庆茂.辣椒穴盘育苗播后灌溉施肥技术研究[J].西南农业学报,2014,27(4):1568-1571.
- [4] 叶林,李春江,张光弟,等.不同育苗穴数、基质配比和施肥量对温室辣椒幼苗生长及其秧苗质量的影响[J].北方园艺,2014(13):50-53.
- [5] 李红,陈鑫,许艺,等.益生菌 EG-2# 不同浓度处理对辣椒苗期生长发育的影响研究[J].四川农业科技,2020(8):14-15.
- [6] 王高飞,邢丹,牟玉梅,等.生物炭型育苗基质对辣椒幼苗生长及养分含量的影响[J].农业工程技术,2020,40(16):18-20.
- [7] 郑坚,陈秋夏,金川,等.不同 TTC 法测定枫香等阔叶树容器苗根系活力探讨[J].浙江农业科学,2008,49(1):39-42.
- [8] 韩焯,马永强,王鑫,等.微量滴定蒽酮法测定甜玉米芯可溶性糖含量方法的建立[J].食品科技,2019,44(11):327-334.
- [9] 王灿,袁恩平,王绍祥,等.复配基质对辣椒/番茄幼苗生长及其干旱胁迫下生理代谢的影响[J].贵州农业科学,2020,48(8):24-30.
- [10] 赵江涛,李晓峰,李航,等.可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用[J].安徽农业科学,2006,34(24):6423-6425.
- [11] MURILLOAMADOR B, CORDOBAMATSON M V, VILLEGASESPINNOZA J A, et al. Mineral content and biochemical variables of *Aloe vera* L. under salt stress[J]. PLoS One, 2014, 9(4):e94870.
- [12] 马静,李雪利,王鹏,等.土壤盐分对烤烟各器官干物质重及矿物质元素吸收分配的影响[J].中国烟草学报,2020,26(3):74-83.
- [13] 於朝广,李颖,谢寅峰,等. NaCl 胁迫对中山杉幼苗生长及离子吸收、运输和分配的影响[J].植物生理学报,2016,52(9):1379-1388.
- [14] 王灿,许俊强,杨自光,等.松球渣基质中添加壳聚糖对番茄幼苗生长的影响[J].热带农业科学,2020,40(4):23-30.
- [15] 孔涛,张德胜,徐慧,等.盐碱地及其改良过程中土壤微生物生态特征研究进展[J].土壤,2014,46(4):581-588.
- [16] 王慧,李鑫,陈梦妮.水氮配合对不同耐旱性红小豆根际土壤酶活性的影响[J].山西农业科学,2020,48(11):1812-1815.
- [17] 刘素慧,刘世琦,张自坤,等.大蒜连作对其根际土壤微生物和酶活性的影响[J].中国农业科学,2010,43(5):1000-1006.
- [18] 庞庆阳,宣毓龙,蔡旭,等.棉粕腐植酸肥对土壤团聚体、酶及养分的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(4):54-60.
- [19] 卢九斤,刘鑫慧,杨林意,等.施磷量对柴达木枸杞产量与品质及土壤酶活性的影响[J].西北农业学报,2020,29(12):1867-1874.
- [20] 董睿潇,莫力闻,刘丹阳,等.腐植酸对土壤微生物和酶活性的影响[J].腐植酸,2020(4):21-27.
- [21] 倪丹,樊继刚.含腐殖酸水溶肥料在温室辣椒上的应用效果研究[J].农业科技通讯,2020(9):130-132.
- [22] 陈文晋,盛晋华,张雄杰.不同营养元素混合喷施对甜荞生理指标、产量的影响[J].河南农业科学,2015,44(4):21-26.