

doi:10.11937/bfyy.20170372

外源物质对连作辣椒生长发育的影响

张福建, 陈 昱, 吴超群, 杨有新, 吴才君

(江西农业大学 农学院, 江西 南昌 330045)

摘 要:为筛选有利于提高逆境胁迫下辣椒抗性的外源物质,以辣椒为试材,研究油菜素内酯、茉莉酮酸甲酯和水杨酸 3 种外源物质对连作辣椒生长发育、光合特性及根际土壤环境的影响。结果表明:3 种外源物质均能在一定程度上影响辣椒各项生长和生理指标;其中喷施油菜素内酯效果最好,与对照相比,辣椒的株高、茎粗、叶面积、壮苗指数分别增加了 2.97%、19.14%、26.39% 和 40.98%,达到差异显著水平;喷施茉莉酮酸甲酯,辣椒根际土壤微生物及酶活性,均要高于其它处理;而喷施水杨酸无论是生长指标还是单株产量均低于对照。综合以上结果,喷施油菜素内酯和茉莉酮酸甲酯对辣椒生长促进效果显著,有助于改善辣椒的根际土壤环境,可为今后提高辣椒抗胁迫能力和实现辣椒增产稳产的研究提供参考依据和实践指导。

关键词:辣椒;油菜素内酯;茉莉酮酸甲酯;水杨酸;生长发育

中图分类号: S 641.304⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)14-0001-07

蔬菜作物在生长发育过程中难免会受到生物和非生物胁迫,影响着农业的可持续发展^[1]。目前,为减轻外界胁迫对作物的危害,农业生产中主要利用传统的化学农药手段,但防治效果有限,并且存在危害大、利用率低等问题,严重影响蔬菜的无公害生产和可持续发展。因此,寻找一种符合现代农业生产,能够代替传统农药的植物源生物药剂是必然的选择。而外源物质具有抗逆性广、效益高等特点,其在缓解旱涝、盐渍、促进植物生长发育等方面具有重要的应用价值^[2-3]。研究表明,植物生长调节剂能够诱导植株对线虫的抗

性^[4]。如喷施茉莉酸、水杨酸和油菜素内酯均可减轻南方根结线虫对番茄的危害^[5-6]。在植物化感作用方面,喷施茉莉酮酸甲酯能诱导合成大量的化感物质,增强水稻化感潜力^[7]。野生烟草在受胁迫威胁下,其体内容易形成易挥发的茉莉酸甲酯分泌到体外,邻近植物在受到这种信号后,会迅速合成相应化学防御物质,进而保护植株^[8]。水杨酸是植物中广泛存在的生长调节剂,外源喷施水杨酸能够增强诱导水稻化感抑草效应和提高根系活力^[9]。喷施油菜素内酯能够提高油菜耐盐性,减少盐胁迫对油菜生长的伤害^[10]。而适宜浓度的油菜素内酯可使草莓提前开花,促进草莓生长,提高草莓产量^[11]。因此,通过外源物质来缓解各种逆境胁迫对植物的伤害是一种简单、环保、有效的方法,同时又能促进植物的生长发育,提高植物抗性能力。

该试验利用油菜素内酯(Brassinosteroids, BR)、茉莉酮酸甲酯(Methyl jasmonate, MJ)和水杨酸(salicylic acid, SA) 3 种外源物质,采用叶面喷施法,研究不同外源物质对生长在连作土壤环境中辣椒生长发育的影响,旨在寻找能够代替传

第一作者简介:张福建(1990-),男,江苏连云港人,硕士研究生,研究方向为园艺植物栽培与调控。E-mail: zhangfujianjxau@163.com.

责任作者:杨有新(1985-),男,博士,讲师,现主要从事设施园艺与植物生理生化等研究工作。E-mail: yangyouxinchina@163.com.

基金项目:江西省科技厅科研资助项目(9019105796);江西省协同创新资助项目(JXXTCX2015005-002)。

收稿日期:2017-04-06

统农药的外源物质,为今后提高辣椒抗胁迫能力和实现增产稳产的研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试辣椒品种“辛香8号”由江西华农种业有限公司馈赠;油菜素内酯(BR)、茉莉酮酸甲酯(MJ)和水杨酸(SA),分别购自上海源叶生物科技有限公司、天津市大茂化学试剂厂和上海阿拉丁生化科技股份有限公司,均为分析纯;供试土壤取自江西省农业科学院试验基地连作5年辣椒土,土壤基本理化性质为:pH 4.52,碱解氮 $80.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷 $16.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $393 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质 $36.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验方法

试验于江西农业大学生态园试验基地日光温室中进行。辣椒于2016年8月9日催芽,将辣椒种子放入无菌水浸泡、摇床震荡6 h,装进有无菌纱布培养皿中,撒入一定量无菌水,放入温室内置于 28°C 的黑暗条件下催芽,2 d即可出芽。出芽后播种于50规格穴盘中,待4叶期一心时,选择长势一致的辣椒苗定植盆中($30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$),放置温室棚内进行常规水肥管理。试验采用盆栽方式,共设4个处理,分别为BR:油菜素内酯处理($0.14 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$);MJ:茉莉酮酸甲酯处理($0.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$);SA:水杨酸处理($2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$);CK:对照处理(清水)。每处理10盆,3次重复,定植15 d后进行叶面喷施处理,每隔5 d喷施一次,直至开花前停止喷洒。

1.3 项目测定

1.3.1 生长指标

定植50 d后,辣椒株高和茎粗分别用卷尺和游标卡尺测定;叶面积利用网格法测定;利用电子天平测定植株干鲜质量,并通过根系扫描系统(WinRHIZO)分析根系指标(根系长度、表面积、体积、根尖数);然后将鲜样杀青(105°C)并烘干(65°C)至恒重,称量植株干质量。定植90 d后,每个处理随机选取5株辣椒,辣椒收获后用电子天平测量每株产量并记录其果实性状指标。

1.3.2 叶片指标

定植60 d后,在天气晴朗的上午(09:00—

11:00)采用LI-6400XT光合仪测定光合指标。过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法测定,以1 g辣椒叶片鲜样1 min增加1个吸光值为1个活性单位^[12];游离脯氨酸(Pro)和丙二醛(MDA)含量分别采用磺基水杨酸提取法和TBA(2-硫代巴比妥酸)比色法测定^[13]。

1.3.3 土壤指标

定植90 d后,利用电导率和pH仪测定电导率和pH,二者水土比均为5:1。采用平板计数法测定微生物数量^[14],放线菌用高氏一号培养基、细菌用牛肉膏蛋白胨培养基、真菌用马丁-孟加拉红培养基培养。脲酶活性和蔗糖酶活性分别采用靛酚比色法、邻苯三酚比色法、3,5-二硝基SA比色法测定^[15]。

1.4 数据分析

试验数据用Excel 2003和SPSS 17.0软件进行整理和分析,分析方法采用Duncan法;用GraphPad软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同外源物质对辣椒生长指标的影响

喷施3种外源物质对辣椒生长发育的影响如表1所示。BR处理辣椒各项指标均为最高,与对照相比,辣椒株高、茎粗、叶面积、壮苗指数分别增加了2.97%、19.14%、26.39%和40.98%。在生物量方面,不同外源物质处理在提高辣椒生物量影响上存在差异。经过BR处理,辣椒的总干质量和根干质量均高于对照;MJ处理后辣椒的根干质量显著高于对照,总干质量与对照无显著性差异;而SA处理后,无论是总干质量,还是根干质量均与对照无显著性差异。

2.2 不同外源物质对辣椒根系特征的影响

利用根系扫描仪对不同处理的辣椒根系进行扫描,辣椒根系整体情况如表2所示。在喷施BR和MJ后,辣椒根体积、表面积、根长度以及根尖数均高于对照。其中BR处理效果最好,与对照相比,辣椒根系各项指标分别增加了31.62%、30.48%、59.92%、82.07%。而喷施SA也能够提高辣椒根长度和根尖数,但增高幅度并不显著。

2.3 不同外源物质对辣椒光合指标的影响

从图1可以看出,不同处理对辣椒光合指标

有显著影响。BR 处理的净光合速率和蒸腾速率与对照相比均显著提高。气孔导度可以反映叶片气孔开关闭程度,影响着光合作用和蒸腾速率。3

种外源物质的辣椒叶片气孔导度普遍降低;而不同外源物质处理还影响胞间 CO₂ 浓度,其大小依次为 CK>SA>MJ>BR。

表 1 不同外源物质对辣椒生长指标的影响

Table 1 Effects of different exogenous substances on growth index of pepper

处理	株高	茎粗	总干质量	根干质量	叶面积	壮苗指数
Treatment	Plant height/cm	Stem diameter/mm	Total dry weight/g	Root dry weight/g	Leaf area/cm ²	Sound seedling index
CK	43.80±1.07ab	5.38±0.12c	7.73±0.35b	1.25±0.06c	41.50±2.01b	2.44±0.09c
BR	45.10±0.76a	6.41±0.15a	9.12±0.30a	1.74±0.02a	52.45±2.10a	3.44±0.04a
MJ	42.70±0.39b	5.88±0.10b	7.61±0.37b	1.43±0.08b	45.60±1.92b	2.82±0.13b
SA	43.08±0.72ab	5.74±0.14bc	6.70±0.24b	1.11±0.08c	43.20±1.10b	2.23±0.06c

注:CK 为对照(清水处理);BR 油菜素内酯;MJ 茉莉酮酸甲酯;SA 水杨酸。表中数据为平均值±标准误;不同小写字母表示差异显著(P≤0.05);下同。

Note:CK, Control (Clear water treatment);BR, Brassinosteroids;MJ, Methyl monastery;SA, Salicylic acid. Each value in the table represents mean ± standard error. Different lowercase letters indicate significant difference (P≤0.05). The same below.

表 2 不同外源物质对辣椒根系特征的影响

Table 2 Effects of exogenous substances on root characteristics of pepper

处理	根体积	根系表面积	根长度	根尖数
Treatment	Root volume/mm ³	Root surface area/mm ²	Root length/mm	Tips number
CK	5.44±0.31b	231.24±11.89b	635.37±6.39c	385.67±29.38b
BR	7.16±0.20a	301.73±8.48a	1 016.10±55.47a	702.20±18.92a
MJ	6.17±0.73ab	245.04±11.95b	893.27±60.47b	601.00±39.39a
SA	4.77±0.29b	223.97±8.67b	655.95±11.25c	469.80±37.28b

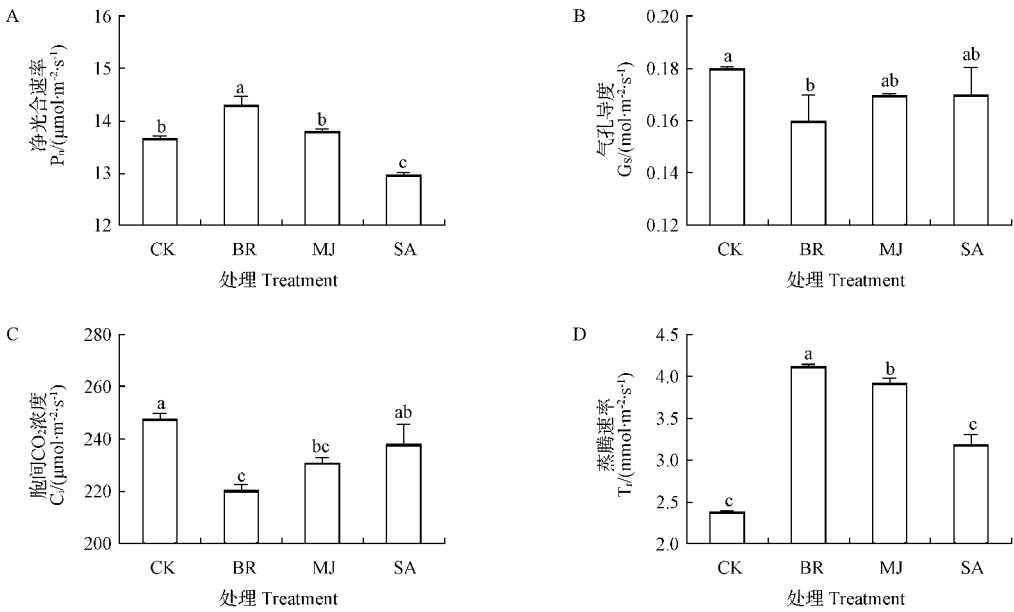


图 1 不同外源物质对辣椒光合指标的影响

Fig. 1 Effects of different exogenous substances on photosynthetic indexes of pepper

2.4 不同外源物质对辣椒产量的影响

由表 3 可知,BR 处理后,辣椒单株性状得到改善,其单果长、单株结果数以及单株产量均高于

其它处理,与对照相比,分别增加了 0.71%、41.54%和 21.17%。MJ 处理也能够增加辣椒单株性状指标,但与对照差异并不显著。而经过

表 3 不同外源物质对辣椒产量的影响

Table 3 Effects of different exogenous substances on the yield of pepper

处理 Treatment	单果长 Fruit length/cm	单果茎粗 Fruit diameter/mm	单果质量 Fruit weight/g	单株结果数 Fruit number	单株产量 Yield of plant/g
CK	14.10±0.44a	10.07±0.22b	6.62±0.45a	6.50±0.65b	53.79±5.62b
BR	14.20±0.29a	9.80±0.37b	6.86±0.41a	9.20±0.37a	65.18±3.53a
MJ	14.10±0.43a	10.84±0.25a	7.37±0.36a	7.00±0.32b	52.19±3.03b
SA	13.24±0.29a	9.91±0.19b	6.63±0.35a	7.60±0.40b	50.57±4.06b

SA 处理后,辣椒无论是单果长、单果茎粗,还是单株产量均低于对照。

2.5 不同外源物质对辣椒叶片指标的影响

表 4 表明,BR 和 MJ 处理后辣椒叶片的脯氨酸含量降低,分别比对照下降了 18.81% 和

32.52%;而 2 种外源物质均能降低辣椒叶片中丙二醛含量,但与对照差异不显著。SA 处理后,辣椒叶片脯氨酸含量显著高于对照。此外,试验结果表明,喷施 BR 和 MJ 显著提高辣椒叶片过氧化氢酶活性,其中 BR 处理效果最好。

表 4 不同外源物质对辣椒叶片指标的影响

Table 4 Effects of different exogenous substances on the index of pepper leaves

处理 Treatment	过氧化氢酶活性 CAT activity/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	丙二醛含量 MDA content/(μmol·g ⁻¹ FW)	脯氨酸含量 Pro content/(μg·g ⁻¹ FW)
CK	1.91±0.15c	11.73±0.53a	22.54±0.54b
BR	16.41±0.90a	10.57±0.07a	18.30±1.14bc
MJ	4.97±0.21b	11.31±1.01a	15.21±2.38c
SA	2.57±0.35c	12.60±0.65a	29.76±0.50a

2.6 不同外源物质对辣椒根际土壤微生物的影响

表 5 为不同处理下辣椒土壤微生物数量变化情况,可以看出,3 种物质均能降低辣椒根际土壤中真菌数量。MJ 在放线菌、细菌和总菌数量方

面均高于其它处理,与对照相比,分别增加了 18.23%、40.35%和 40.28%。BR 处理也能够增加辣椒根际土壤中细菌和放线菌数量,降低真菌数量,但效果不如 MJ 处理。而 SA 处理对辣椒根际土壤放线菌和细菌的数量影响较小。

表 5 不同外源物质对辣椒根际土壤微生物的影响

Table 5 Effects of different exogenous substances on rhizosphere microorganisms of pepper

处理 Treatment	放线菌 Actinobacteria/(1×10 ⁴ cfu·g ⁻¹)	细菌 Bacteria/(1×10 ⁶ cfu·g ⁻¹)	真菌 Fungus/(1×10 ³ cfu·g ⁻¹)	总菌数 Total number/(1×10 ⁷ cfu·g ⁻¹)
CK	26.50±2.50a	28.50±1.50b	52.00±1.00a	2.88±0.15b
BR	27.00±2.08a	34.00±2.08ab	34.33±2.96b	3.43±0.21ab
MJ	31.33±4.67a	40.00±2.00a	26.00±1.53c	4.04±0.19a
SA	22.00±1.53a	32.00±2.00b	25.50±2.50c	3.23±0.20b

2.7 不同外源物质对辣椒根际土壤酶活性的影响

土壤酶活性能够反映出土壤微环境的改变。从图 2 可以看出,3 种外源物质均能显著提高土壤酶活性,其中 MJ 处理与对照相比,其土壤脲酶和蔗糖酶活性分别增加了 21.76%和 7.76%。

2.8 不同外源物质对辣椒根际土壤 pH 及电导率的影响

适宜土壤 pH 可以反映出植物生长环境是否良好。对照为多年连作土壤,pH 为 4.7 左右,不同外源物质处理后辣椒根际土壤 pH 在 4.9~

5.3, 其中 MJ 处理后, pH 达到 5.27, 说明 MJ 能够提高辣椒根际土壤 pH, 减轻酸性土壤对辣椒的伤害。同时 3 种外源物质均显著降低辣椒根际

土壤的电导率, 与对照相比, 降幅分别为 21.36%、29.13% 和 30.58%。

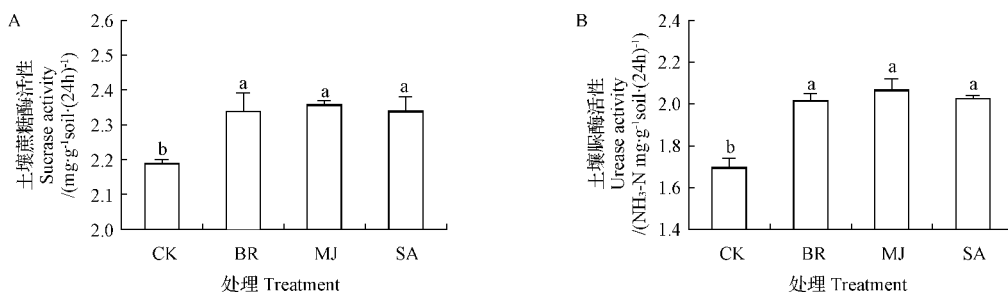


图 2 不同外源物质对辣椒根际土壤酶活性的影响

Fig. 2 Effects of different exogenous substances on enzyme activities of pepper rhizosphere soil

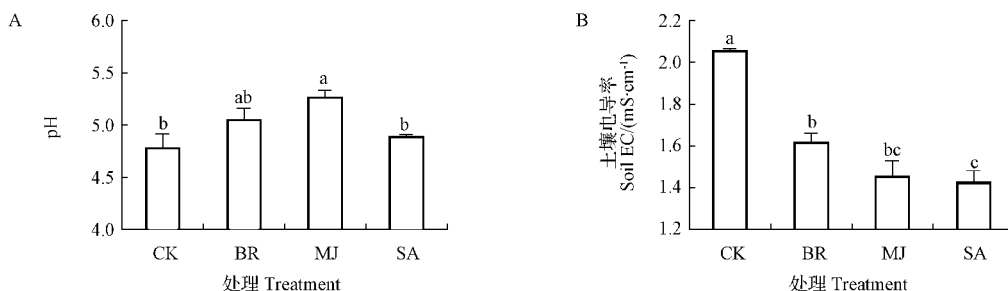


图 3 不同外源物质对辣椒根际土壤 pH 及电导率的影响

Fig. 3 Effects of different exogenous substances on pH and electrical conductivity of pepper rhizosphere soil

3 结论与讨论

为了缓解逆境胁迫对辣椒植株生长的危害, 该试验利用 3 种外源物质对种植在逆境胁迫下的辣椒叶片进行喷施。结果表明, 3 种物质处理均能影响辣椒的株高、茎粗、生物量以及产量等指标。在植物生长过程中, 根不仅起固定、支持植物体的作用, 还可以从土壤中吸收水分和营养等作用。3 种外源物质也在一定程度上影响辣椒根系的生长, 其中 BR 处理效果最好, 辣椒根体积、表面积、根长度以及根尖数均显著高于其它处理。植物光合作用可以把无机物转化成有机物, 是植物生长不可或缺的重要指标。BR 可以调控多种光合酶激活光合基因表达, 从而促进黄瓜光合作用^[16]。在干旱胁迫下, 喷施 BR 能够减轻干旱对光合作用的抑制, 增强光能利用率^[17]。该试验同样发现, BR 处理可以提高辣椒光合速率和蒸腾

速率, 进而促进辣椒植株的生长和产量的增加。外源喷施 BR 后, 尽管辣椒叶片的气孔导度降低, 但是其光合速率和蒸腾速率显著提高, 这可能是由于 BR 处理显著改善辣椒根系生长, 根系吸水能力和活力增强的结果。宋士清^[18]对在温室中生长的黄瓜幼苗喷施 SA, 结果表明适宜浓度 (1.086 mmol · L⁻¹) 的水杨酸处理能够增强黄瓜幼苗对灰霉病的抗性, 促进黄瓜生长。而浓度过高会使辣椒幼苗抗寒能力降低, 体内的新陈代谢发生紊乱, 不利于植株生长^[19]。试验中喷施 SA 无论是生长指标还是单株产量特征均低于对照, 这是由于 SA 浓度过高抑制了辣椒生长还是其它原因导致值得进一步探究。

在逆境条件下, 植物体内脯氨酸和丙二醛会大量积累。因此, 脯氨酸和丙二醛的高低可以反映植物抗胁迫能力的一个重要生理指标。而过氧化氢酶是一种重要的氧化还原酶, 其能够水解过氧化氢, 减少过氧化氢对植物的伤害^[20]。该试验

结果发现, BR 和 MJ 处理降低辣椒叶片脯氨酸和丙二醛的含量, 提高过氧化氢酶活性, 说明 BR 和 MJ 能够调控抗氧化防御系统, 减少细胞脂膜过氧化物产生, 从而缓解各种胁迫下对辣椒叶片的伤害。此结论已在 BR 诱导辣椒幼苗抗盐性以及 MJ 诱导黄瓜抗冷性试验中被证实^[21-22]。

土壤微生物是土壤生态系统重要组成部分, 主要包括细菌、真菌、放线菌三大类^[23]。而良好的土壤微环境是植物生长和吸收养分的关键。土壤酶是土壤中的生物催化剂, 推动着土壤代谢过程^[24]。脲酶能够水解尿素产生氮, 而蔗糖酶对增加土壤中易溶性营养物质起着重要的作用。水稻可以释放化感物质糖甙间羟基苯酚、黄酮和羟基脂肪酸, 这些化感物质通过根系分泌到土壤中, 并通过微生物降解成酚酸和脂肪酸类物质, 活化土壤中养分。而 MJ 作为信号因子可以诱导上述化感物质的合成^[6, 25]。研究发现, 施肥添加水杨酸能够提高多氯联苯(PCBs)去除率和土壤脱氢酶活性, 促进土壤中原有菌属产黄杆菌的生长^[26]。BR 可使植物细胞壁松弛, 扩大植物对水分和养分的吸收, 促进根系生长, 进而有利于根际土壤微生物的生长并进一步挥发对土壤中石油污染物的直接降解作用^[27]。该试验中, 3 种处理均改变了辣椒根际土壤微生物群落结构, 无论是土壤总菌数还是土壤酶活性都要高于对照, 真菌数量也远低于对照。这进一步证明了喷施 MJ、BR、SA 能够增强根系生长活性, 增强辣椒释放化感物质至土壤中, 从而改善土壤微环境, 增强植物抗逆性。

江西的土壤普遍偏酸性, 于文涛等^[28]研究发现, 土壤过酸或过碱, 都会影响植株物理性状, 造成植物抗逆性减弱, 生产能力降低。因此, 适宜的土壤 pH 和较低的电导率对于植物生长具有重要的作用^[29]。该试验结果表明, 喷施 3 种物质均能提高辣椒根际土壤 pH、降低电导率, 这可能是因为外源物质诱导了化感物质的产生, 并分泌到土壤中, 并且由于土壤微生物菌落结构和酶活性的改善, 从而改善植物根际土壤 pH 和电导率。

综上所述, 喷施外源物质能够在一定程度上减轻逆境胁迫对辣椒生长发育的影响, 增强辣椒抗性, 其中油菜素内酯和茉莉酮酸甲酯处理效果较好。该试验可为今后实现辣椒增产稳产提供参考依据和实践指导。

参考文献

- [1] NAN X U, ZHANG H H, XIN L I, et al. Effects of continuous cropping on plant growth and photosynthetic capacity in leaves of fluecured tobacco[J]. Pratacultural Science, 2012, 29(9): 1435-1440.
- [2] GUPTA P, SRIVASTAVA S, SETH C S. 24-Epibrassinolide and sodium nitroprusside alleviate the salinity stress in *Brassica juncea* L. cv. Varuna through cross talk among proline, nitrogen metabolism and abscisic acid[J]. Plant & Soil, 2016, 411: 1-16.
- [3] AHMED F, BALOCH D M, SADIQ S A, et al. Plant growth regulators induced drought tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids[J]. Journal of Animal & Plant Sciences, 2014, 24(3): 886-890.
- [4] KYNDT T, DENIL S, HAEGEMAN A, et al. Transcriptional reprogramming by root knot and migratory nematode infection in rice[J]. New Phytologist, 2012, 196(3): 887-900.
- [5] MOLINARI S, FANELLI E, LEONETTI P. Expression of tomato salicylic acid (SA)-responsive pathogenesis-related genes in Mi-1-mediated and SA-induced resistance to root-knot nematodes[J]. Molecular Plant Pathology, 2014, 15(3): 255-264.
- [6] NAHAR K. Brassinosteroids suppress rice defense against root-knot nematodes through antagonism with the jasmonate pathway[J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2013(26): 106-115.
- [7] 孔垂华, 胡飞, 张朝贤, 等. 茉莉酮酸甲酯对水稻化感物质的诱导效应[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 177-180.
- [8] KARBAN R, BALDWIN I T, BAXTER K J, et al. Communication between plants; induced resistance in wild tobacco plants following clipping of neighboring sagebrush[J]. Oecologia, 2000, 125(1): 66-71.
- [9] 邱龙, 王海斌, 熊君, 等. 外源水杨酸调控水稻化感抑草作用及其分子生理特性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 330-336.
- [10] EFIMOVA M V, SAVCHUK A L, HASAN J A K. Physiological mechanisms of enhancing salt tolerance of oilseed rape plants with brassinosteroids[J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2014, 61(6): 733-743.
- [11] WAN Q, YANG S, XIONG B Q. Effects of brassinolide on strawberry phenology, growth, yield and quality[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(19): 6-7.
- [12] CAKMAK I, MARSCHNER H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiology, 1992, 98(4): 1222.
- [13] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 129, 174.
- [14] YANG R, MO Y, LIU C, et al. The effects of cattle manure and garlic rotation on soil under continuous cropping of watermel-

- on (*Citrullus lanatus* L.) [J/OL]. PLoS One, 2016, 11(6): e0156515.
- [15] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [16] XIA X J, HUANG L F, ZHOU Y H, et al. Brassinosteroids promote photosynthesis and growth by enhancing activation of Rubisco and expression of photosynthetic genes in *Cucumis sativus* [J]. Planta, 2009, 230(6): 1185-1196.
- [17] HU W H, YAN X H, XIAO Y A, et al. 24-Epibrassinosteroid alleviate drought-induced inhibition of photosynthesis in *Capsicum annuum* [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 150(2): 232-237.
- [18] 宋士清. 化学物质对温室黄瓜幼苗盐胁迫、灰霉病逆境的诱抗作用及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [19] 张素勤, 耿广东, 谭玉丽. 水杨酸对辣椒抗寒性的影响[J]. 华北农学报, 2008(B6): 118-120.
- [20] SU Y, GUO J, LING H, et al. Isolation of a novel peroxisomal catalase gene from sugarcane, which is responsive to biotic and abiotic stresses [J/OL]. PLoS One, 2014, 9(1): e84426.
- [21] 王秀峰, 王利波, 王学国, 等. 外源油菜素内酯诱导辣椒幼苗抗盐性的研究[J]. 辣椒杂志, 2012(4): 23-25.
- [22] 韩晋, 田世平. 外源茉莉酸甲酯对黄瓜采后冷害及生理生化的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(2): 289-293.
- [23] WU F, WANG J T, YANG J, et al. Does arsenic play an important role in the soil microbial community around a typical arsenic mining area? [J]. Environmental Pollution, 2016, 6(213): 949-956.
- [24] MALGORZATA B. Enzymes in soils [M]. Encyclopedia of Earth Sciences, 2014: 274-275.
- [25] KONG C, XU X, FEI H U, et al. Using specific secondary metabolites as markers to evaluate allelopathic potentials of rice varieties and individual plants [J]. 科学通报(英文版), 2002, 47(10): 839-843.
- [26] 张晓琳, 梁芳, 李英, 等. 水杨酸对多氯联苯污染土壤的修复和微生物群落结构的影响[J]. 环境科学学报, 2016, 36(2): 599-605.
- [27] 韩园园, 韩刚, 李凯荣. 油菜素内酯对土壤石油污染下刺槐幼苗生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(4): 57-60.
- [28] 于文涛, 孙召贵, 宋正修. 日光温室土壤酸化的原因、危害及综合防治技术[J]. 山东蔬菜, 2006(4): 31.
- [29] SHI Y C, HU Z Y, HANEKLAUS S, et al. Suitability of soil electrical conductivity as an indicator of soil nitrate status in relation to vegetable cultivation practices in the Yangtze River Delta of China [J]. Landbauforschung Volkenrode, 2009, 59(2): 151-158.

Effects of Extraneous Factors on Pepper Growth Characteristics

ZHANG Fujian, CHEN Yu, WU Chaoqun, YANG Youxin, WU Caijun
(College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract: In order to detect different exogenous plant growth regulator on the growth of pepper plants under continuous cropping soil, pepper cultivar ‘Xinxiang 9’ was used as material, the effect of different extraneous brassinosteroids, methyl jasmonate and salicylate acid on the growth and photosynthetic characteristics of pepper plants as well as rhizosphere soil environment were studied. The results indicated that the three exogenous substances performed different effects on pepper growth, in which the effect of brassinosteroids was the best. Compared with the control, the plant height, stem diameter, leaf area and sound seedling index were increased significantly by 2.97%, 19.14%, 26.39% and 40.98% respectively. After induction of methyl jasmonate, rhizosphere soil microorganism and enzyme activity were higher than other treatments. However the growth index of salicylic acid treatment was lower than that of the control. Comprehensive analysis concluded that exogenous brassinosteroids and methyl jasmonate significantly promoted pepper growth and improved the rhizosphere soil environment, which could provide a theoretical and practical guidance for improving yield and quality of pepper.

Keywords: pepper; brassinosteroids; methyl jasmonate; salicylic acid; growth and development