

大量元素水溶肥和植物生长调节剂 GGR 6 号配施对辣椒农艺性状的影响

张 姿¹, 于海燕^{1,2}, 李 威¹, 任鸿濛¹, 任玉敏¹, 田梦妮¹

(1. 北京艾比蒂生物科技有限公司 北京 102299; 2. 中国林业科学院 ABT 研究开发中心 北京 100091)

摘要: 为探究 ABT-大量元素水溶肥和绿色植物生长调节剂 GGR 6 号复配施用对辣椒生长发育的影响, 筛选出最佳的复配组合, 以国福 910 辣椒品种为试验材料, 设置清水对照(CK)、1.00 g·L⁻¹ ABT-大量元素水溶肥 + GGR 6 号(0、0.03、0.15、0.50、2.00 mg·L⁻¹)共计 6 个处理, 研究 ABT-大量元素水溶肥和不同质量浓度 GGR 6 号复配对辣椒株高、茎粗、叶色指数和叶片厚度等农艺性状的影响。结果表明, 与 CK 相比, 根施 ABT-大量元素水溶肥和 GGR 6 号提高了植株的株高、茎粗、根系干鲜质量、叶片厚度和叶色指数, 增加了辣椒的单株初始花蕾个数, 以 1.00 g·L⁻¹ ABT-大量元素水溶肥 + 2.00 mg·L⁻¹ GGR 6 号复配组合效果最佳, 灌根处理后 21 d, 辣椒株高、茎粗、根冠比、叶片厚度和叶色指数较 CK 分别提高了 19.96%、32.83%、42.06%、13.25%、74.96%。研究结果为辣椒设施栽培科学、合理施肥提供了理论依据。

关键词: 辣椒; 大量元素水溶肥; GGR; 农艺性状

中图分类号: S641.3 文献标志码: A 文章编号: 1673-2871(2023)09-054-06

Effects of macronutrient water soluble fertilizer and plant growth regulator GGR 6 combination on agronomic characters of pepper

ZHANG Zi¹, YU Haiyan^{1,2}, LI Wei¹, REN Hongmeng¹, REN Yumin¹, TIAN Mengni¹

(1. Beijing Aibidi Biotechnology Limited Company, Beijing 102299, China; 2. ABT Research and Development Center, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: In order to explore the effect of ABT-macroelement water-soluble fertilizer and green plant growth regulator GGR on the growth and development of pepper, Guofu 910 pepper variety was used as the test material to select the best combination. Six root application treatments were set up, including water, 1.00 g·L⁻¹ ABT-macroelement water-soluble fertilizer + GGR (0, 0.03, 0.15, 0.50, 2.00 mg·L⁻¹). The effects of ABT-macroelement water-soluble fertilizer and different concentrations of GGR on agronomic traits such as plant height, stem diameter, leaf color index (SPAD) and leaf thickness of pepper were studied. The results showed that root application of ABT-macroelement water-soluble fertilizer and GGR 6 increased plant height, stem diameter, root dry and fresh weight, root shoot ratio, leaf thickness and leaf color index (SPAD), and increased the number of initial buds per plant of pepper. The combination of 1.00 g·L⁻¹ ABT-macroelement water-soluble fertilizer + 2.00 mg·L⁻¹ GGR No. 6 had the best effect, and the plant height, stem diameter, root shoot ratio, leaf thickness and leaf color index (SPAD) of pepper increased by 19.96%, 32.83%, 42.06%, 13.25% and 74.96%, respectively, compared with the control. The results provided a theoretical basis for scientific and rational fertilization in pepper facility cultivation.

Key words: Pepper; Macronutrient water soluble fertilizer; GGR; Agronomic character

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为茄科辣椒属一年生草本经济作物, 因其具有种植适应性强、产业链长、果实营养价值高等突出特点, 在我国种植面积日益扩大, 成为我国种植和消费较为普遍的蔬菜作物之一^[1-2]。辣椒果实中所含的辣椒素类物质, 作为辣椒的次生代谢产物被广泛应用于食品、饲料以及生物制药等行业, 具有较高的经济价值^[3]。

施肥是辣椒在实际生产中普遍使用的一种栽培管理措施, 但受当前农资市场肥料种类繁多、肥效参差不齐等因素影响, 辣椒生产上存在着化肥施用大量化、盲目化、施肥结构单一化等诸多不合理现象, 导致设施菜地土壤质量和生产力逐年衰退, 严重制约着辣椒的生长发育, 影响果实的产量、品质以及农民的经济效益^[4-6]。大量元素水溶肥作为

收稿日期: 2022-11-02; 修回日期: 2023-06-25

作者简介: 张 姿, 女, 助理农艺师, 主要从事作物栽培技术及示范推广工作。E-mail: 18736013607@163.com

一类随我国水肥一体化技术普及而迅速发展起来的新型、高效、多元水溶性肥料,具有配方针性强、养分含量高、水溶性好、作物易吸收等优点,广泛应用于滴灌、喷灌和叶面喷施等不同施肥方式^[7-10]。大量元素水溶肥产业的发展为推进我国施肥结构的合理调整与优化、精准施肥方式的改进与完善做出了突出贡献^[11-13]。

绿色植物生长调节剂双吉尔-GGR(以下简称“GGR”)是中国林业科学研究院首席科学家、中国科学院王涛院士精心研制的一类高效、广谱、非激素型植物生理活性物质,主要通过调控植物内源性生长物质的合成与释放,促进根系生长发育,增强根系活力,进而提高植物对养分的吸收与利用,达到调控植物均衡健壮生长、增强植株多重抗逆性、提高作物产量、改善农产品品质的效果^[14-16]。GGR系列产品目前已在小麦^[17-18]、玉米^[19-21]、水稻^[22-23]、烟草^[24]、棉花^[25-26]、苹果^[27]、黄瓜^[28]等大田农作物、经济作物以及五味子^[29]等药用植物上进行效果验证与试验示范,使用方法多集中在种子处理和叶面喷施,但有关GGR在辣椒生产中灌根应用效果的研究报道较少。

笔者以辣椒为供试材料,通过盆栽试验,以ABT-大量元素水溶肥和不同浓度GGR 6号复配组合对辣椒进行灌根处理,于处理后特定时期分别调查辣椒的株高、茎粗等农艺性状,明确ABT-大量元素水溶肥和GGR 6号复配施用对辣椒生长发育的影响,并筛选出最佳的复配组合,为辣椒设施栽培合理施肥及其推广应用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2022年5—6月在北京市昌平区科技园区北京艾比蒂生物科技有限公司温室大棚和室外炼苗区进行。该地区年平均气温11.8℃,年平均降水量550.3 mm,年平均日照时数2684 h,无霜期200 d,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区。

1.2 材料

供试辣椒品种为国福910,种苗购买于北京市昌平区农资店。供试塑料花盆尺寸(口径×高度×底径)为17.0 cm×14.7 cm×12.5 cm。供试肥料为北京艾比蒂生物科技有限公司生产的ABT-大量元素水溶肥(N、P₂O₅、K₂O质量比为20:20:20,微量元素含量≥0.2%)和绿色植物生长调节剂双吉尔-GGR 6号。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用盆栽试验方法,挑选长势一

致的辣椒苗(7~8片真叶)统一移栽至底土用量一致的花盆中,每盆1株,其他浇水管理等外界因素均保持一致。共设置6个处理,如表1所示,其中C0、C1、C2、C3、C4为施肥处理组,CK为空白对照组,每个处理30盆,3次重复,随机区组排列。待缓苗5 d后,按照各处理设定同时进行灌根处理,每盆灌肥水500 mL。取样测定时间分别为灌根前(T0)以及灌根后7(T1)、14(T2)、21 d(T3)。

表1 不同施肥处理

Table 1 Different fertilization treatment

处理	ρ (大量元素肥)/(g·L ⁻¹)	ρ (GGR 6号)/(mg·L ⁻¹)
C0	1	0.00
C1	1	0.03
C2	1	0.15
C3	1	0.50
C4	1	2.00
CK	0	0.00

1.3.2 测定项目及方法 每个处理在T0、T1、T2、T3时,随机选取10株辣椒(各处理取样点均一致)。测定其株高和茎粗,株高测量部位为茎基部至最高分枝顶部生长点;茎粗测量部位为茎基部以上2 cm处。使用手持式TYS-4N叶绿素测量仪测量倒数第5片真叶的叶绿素相对含量(SPAD值),以叶片尖端、中部以及基部3处平均值作为该叶片的SPAD值。使用千分尺高精度数显外径螺旋测微器测量倒数第5片真叶厚度。T2、T3时期调查单株花蕾个数。T3时期取出植株并冲洗干净,用滤纸吸干根系以及茎叶表面水分,将植株沿根部与地上部交接处剪断,分别称取根和地上部鲜质量,随后将根和地上部于烘箱中105℃杀青30 min,80℃烘干至恒质量,分别称取根和地上部干质量,计算根冠比。

株高相对生长速率 $=(\ln L_2 - \ln L_1)/(T_2 - T_1)$ (式中 L_1 、 L_2 分别为前后两次测定的株高, T_1 、 T_2 分别为取样时间); (1)

茎粗相对生长速率 $=(\ln H_2 - \ln H_1)/(T_2 - T_1)$ (式中 H_1 、 H_2 分别为前后两次测定的茎粗, T_1 、 T_2 分别为取样时间); (2)

根冠比=根干质量/地上部干质量。 (3)

1.4 数据分析

采用Excel 2019处理试验数据和作图,运用SPSS 24.0对数据进行统计分析,采用LSD-test($p < 0.05$)进行多重比较。

2 结果与分析

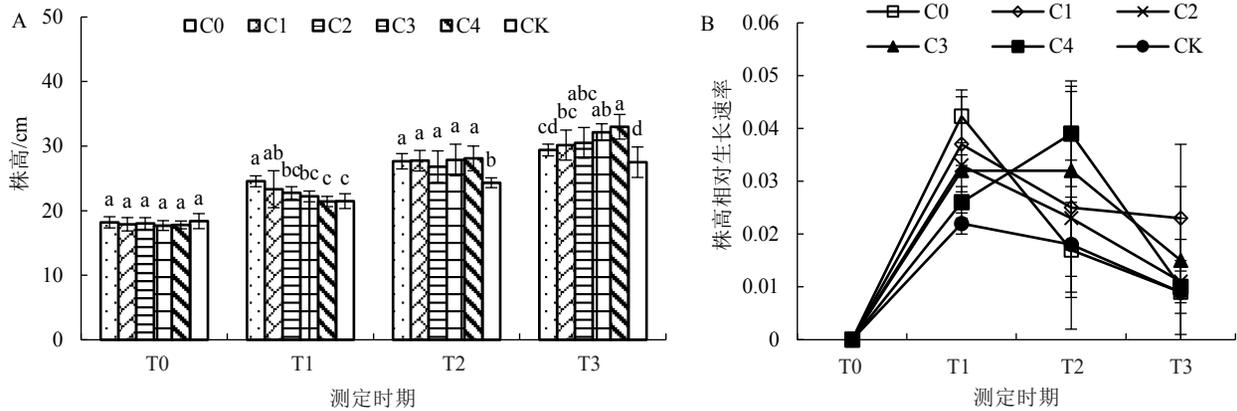
2.1 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒植株生长的影响

2.1.1 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒株高及其相对生长速率的影响 如图 1-A 所示,以大量元素水溶肥和不同浓度的 GGR 复配后对辣椒进行灌根,整个处理过程中,T2 和 T3 时期 GGR 处理组(C1~C4)辣椒株高均显著高于 CK,且在 T3 时期 C4 处理水平下辣椒株高达到最大值 33.00 cm,较 CK 提高 19.96%,表明在辣椒生长过程中应用 GGR 进行灌根追肥能有效促进植株纵向生长发育;T1 时期各施肥处理组辣椒株高均高于 CK(C4 除外),但除了 C0 和 C1 处理组与 CK 呈显著差异外,其他各处理组与 CK 差异不显著。

大量元素水溶肥与 GGR 复配处理中,同一取

样时期,T1 时期(7 d)各施肥处理辣椒株高随着 GGR 浓度的增大呈降低的趋势,且在 C0 处理水平下辣椒株高显著高于其他复配处理(C1 除外);T2 时期(14 d)各施肥处理间辣椒株高无显著差异;T3 时期(21 d)各施肥处理辣椒的株高均随 GGR 浓度的增大而增大,其中以 C4 复配处理水平下辣椒株高最大,较其他复配处理分别提高了 12.24%、9.42%、8.16%、2.58%。

从图 1-B 可以看出,在整个处理过程中,辣椒株高的相对生长速率均随时间延长呈先上升后下降的趋势,除 C4 外,其他处理以 T1 时期为拐点,均在 T1 时期达到最大相对生长速率,依次为 C0>C1>C2>C3>CK;而 C4 处理以 T2 时期为拐点,拐点处相对生长速率 0.039,较 C0 提高了 129.41%。表明辣椒生长期间应用大量元素水溶肥与 GGR 复配灌根进行追肥能有效延长大量元素水溶肥的肥效期,



注:不同小写字母代表同时期不同处理在 0.05 水平差异显著。下同。

图 1 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合辣椒株高及其相对生长速率的影响

Fig.1 Effect of different combination of macronutrient water soluble fertilizer and GGR 6 on plant height and relative growth rate of pepper

具体表现为 GGR+大量元素水溶肥处理组(C1~C4)辣椒株高相对生长速率在处理前期(T1)小于单一大量元素水溶肥处理组(C0),施肥处理中后期(T2至 T3)大于单一大量元素水溶肥处理组(C0)。

2.1.2 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒茎粗及其相对生长速率的影响 由图 2-A 可知,在整个处理过程中,T2 和 T3 时期各施肥处理组辣椒茎粗均显著高于 CK(T3 时期 C0 除外),且均在 T3 时期达到最大值,较 CK 分别提高了 8.43%、18.87%、22.39%、34.34%、32.83%,表明在辣椒生长过程中应用 GGR 进行灌根追肥能有效促进植株横向生长发育;T1 时期各处理辣椒茎粗均高于 CK,其中 C2、C3 和 C4 处理与 CK 呈显著差异,C0 和

C1 处理与 CK 间差异不显著。

在大量元素水溶肥与 GGR 复配处理中,同一取样时期辣椒的茎粗均随 GGR 浓度的增大呈先增大后减小的趋势,均以 C3 复配处理最高,在 T3 时期 C3 复配处理条件下茎粗达到最大值 10.68 mm,此时较其他复配处理分别增加了 23.90%、13.02%、9.76%、1.14%;T3 时期 C3 和 C4 复配组合辣椒茎粗均显著大于其他复配组合。

从图 2-B 可以看出,在整个处理过程中,各施肥处理辣椒茎粗相对生长速率均随时间延长呈先上升后下降的趋势,且以 T1 时期为拐点,此时期各施肥处理组辣椒茎粗生长速率均大于 CK,较 CK 分别提高 16.18%、22.06%、44.12%、61.76%、

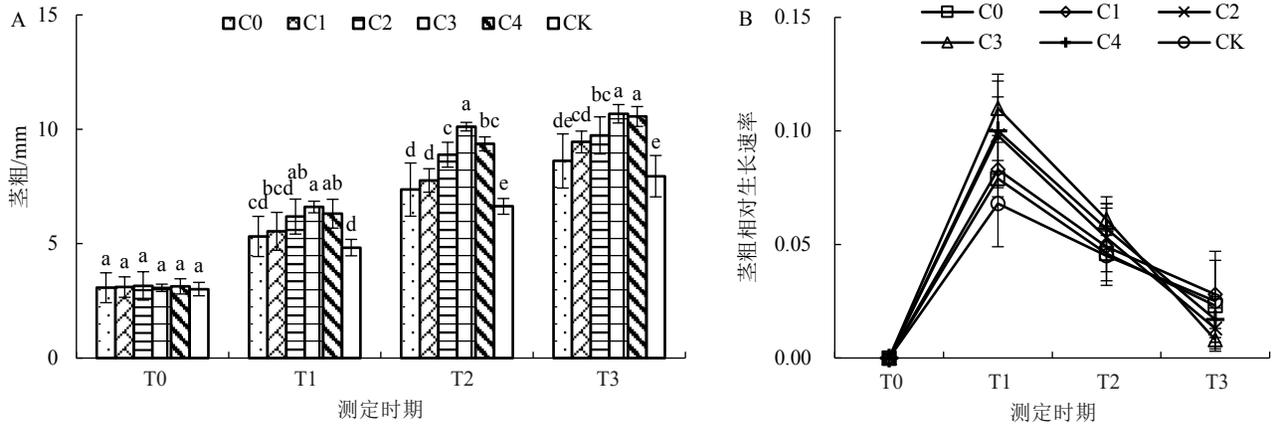


图2 大量元素水溶肥和GGR不同复配组合对辣椒茎粗及其相对生长速率的影响

Fig. 2 Effect of different combination of macronutrient water soluble fertilizer and GGR 6 on stem diameter and relative growth rate of pepper

47.06%;T2 时期各施肥处理组辣椒茎粗生长速率仍大于 CK;T3 时期各施肥处理组辣椒茎粗生长速率与 CK 之间无明显规律。

以上数据分析表明,在辣椒营养生长阶段,大量元素水溶肥与 GGR 复配灌根能有效延长大量元素水溶肥的肥效期,促进植株横向和纵向均衡健壮生长,使植株茎秆粗壮,提高植株抗倒伏能力,为后期辣椒增产增收奠定坚实的基础。

2.1.3 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒干鲜质量、根冠比的影响 由表 2 可知,与 CK 相比,无论是单独的大量元素水溶肥处理,还

是大量元素水溶肥与 GGR 复配处理,均使辣椒的地上部和根干鲜质量有所增加,其中 C3 和 C4 复配处理组地上部和根干质量显著高于其他处理组,C4 复配处理组地上部和根鲜质量显著高于其他处理组;植株根冠比以 C4 复配处理最大,且显著高于 CK 及其他施肥处理,较 CK 提高了 42.06%。

大量元素水溶肥与适量的 GGR 配施能有效促进辣椒地上部茎叶和地下部根系的均衡健壮生长,提高植株根冠比。其中 C4 复配处理效果最好,辣椒的地上部鲜质量、根鲜质量、地上部干质量、根干质量和根冠比均显著大于 C0、C1 和 C2 处理,较

表 2 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒干鲜质量和根冠比的影响

Table 2 Effect of different combination of macronutrient water soluble fertilizer and GGR 6 on dry and fresh weight and root shoot ratio of pepper

处理	鲜质量/g		干质量/g		根冠比
	地上部	根	地上部	根	
C0	32.92±1.41 b	5.36±1.18 cd	4.42±1.19 b	0.62±0.25 c	0.14±0.03 c
C1	30.58±1.71 c	5.79±0.80 cd	4.29±1.06 b	0.63±0.17 c	0.15±0.02 c
C2	32.09±1.72 b	6.47±0.51 c	5.11±0.75 b	0.76±0.09 c	0.15±0.01 c
C3	33.17±1.97 b	8.91±1.21 b	6.67±0.58 a	1.21±0.19 b	0.17±0.04 bc
C4	35.95±0.70 a	13.18±0.73 a	7.12±0.73 a	1.42±0.13 a	0.21±0.03 a
CK	28.75±0.96 d	4.67±1.00 d	4.15±1.24 b	0.58±0.13 c	0.15±0.05 c

注:表中同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

C0 处理分别提高 9.21%、145.70%、60.94%、128.05%、55.67%;C4 处理水平下辣椒地上部鲜质量、根鲜质量、根干质量和根冠比均显著大于 C3 处理,植株地上部干质量 C4>C3,但 2 个处理间差异不显著。

2.2 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒叶片厚度、叶绿素相对含量的影响

由表 3 可以看出,施肥后同一取样时期不同施

肥处理条件下,除 T1 时期的 C3 处理外,该时期 C4 处理水平下辣椒叶片厚度显著高于其他处理;T2 和 T3 时期各施肥处理对辣椒叶片厚度的影响不显著;除 T3 时期 C0 处理外,其他施肥处理组辣椒叶绿素相对含量均显著高于 CK。

施肥后同一取样时期不同大量元素水溶肥与 GGR 复配处理中,除了 T1 时期 C0 处理水平

表3 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒叶片厚度、叶绿素相对含量的影响

Table 3 Effect of different combination of macronutrient water soluble fertilizer and GGR 6 on leaf thickness and chlorophyll relative content of pepper

指标	处理	测定时期			
		T0	T1	T2	T3
叶片厚度/mm	C0	0.57±0.13 a	0.62±0.16 c	0.83±0.06 ab	0.85±0.17 a
	C1	0.56±0.05 a	0.63±0.06 bc	0.84±0.10 ab	0.86±0.13 a
	C2	0.58±0.08 a	0.66±0.10 bc	0.87±0.09 ab	0.91±0.10 a
	C3	0.56±0.04 a	0.71±0.05 abc	0.88±0.10 a	0.94±0.07 a
	C4	0.55±0.05 a	0.76±0.04 a	0.91±0.07 a	0.94±0.11 a
	CK	0.56±0.03 a	0.61±0.05 c	0.78±0.08 b	0.83±0.12 a
叶绿素相对含量/ SPAD	C0	17.16±1.00 a	19.09±0.92 d	20.30±0.66 e	20.99±0.80 ef
	C1	16.80±0.59 a	19.06±0.83 d	20.96±0.71 e	22.13±0.47 de
	C2	17.06±0.91 a	20.41±0.69 c	22.71±0.73 c	24.19±0.74 cd
	C3	17.14±0.62 a	21.90±0.86 b	24.01±0.69 b	26.29±0.85 b
	C4	16.94±0.54 a	25.20±0.97 a	31.40±0.62 a	35.29±0.80 a
	CK	17.17±0.71 a	17.61±0.90 e	18.44±0.56 f	20.17±0.50 f

下植株叶绿素相对含量稍高于 C1 处理外,其他各处理组叶片厚度和叶绿素相对含量均随着 GGR 浓度的增大呈上升的趋势,且均以 C4 复配处理最高;各处理辣椒叶片厚度均在 T3 时期达最大且差异不显著,该时期辣椒叶绿素相对含量在 C4 复配处理水平达到最大值 35.29,且显著高于其他处理,较 C0 处理提高了 68.13%。表明大量元素水溶肥与 GGR 配施对辣椒叶绿素相对含量的影响大于对叶片厚度的影响。

2.3 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒单株花蕾个数的影响

从图 3 可以看出,同一时期不同施肥处理条件下,施肥处理组辣椒单株花蕾个数均显著高于 CK,且随 GGR 浓度的升高呈增加的趋势。

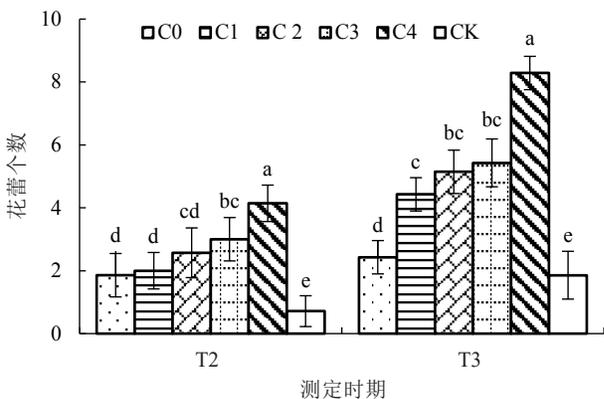


图3 大量元素水溶肥和 GGR 不同复配组合对辣椒单株花蕾个数的影响

Fig.3 Effect of different combination of macronutrient water soluble fertilizer and GGR 6 on bud number of single pepper plant

大量元素水溶肥与 GGR 复配处理中,C4 复配处理的辣椒单株花蕾个数显著高于其他处理,并在 T3 时期达到最大值 8.29,较 C0 处理提高了 241.15%。

3 讨论与结论

株高、茎粗、叶片厚度以及叶绿素相对含量等作为植株营养生长的重要指标,是评估植株生长状况不可或缺的依据,植株长势情况能够直接影响到作物后期产量及其品质。在辣椒实际生产中合理追肥能满足其生长发育过程中对养分的需求,促进其果实的干物质积累和产量形成。张战胜等^[30]研究表明,辣椒设施栽培中滴灌大量元素水溶肥能显著增加辣椒株高、单株结果数以及单果质量,比 CK 增产 51.0%。秦立金等^[31]通过分析不同氮肥处理的辣椒形态指标和叶绿素含量,发现每 667 m² 追施 40 kg 氮肥能明显增加辣椒株高、茎粗和叶绿素含量。付永强等^[32]研究表明,辣椒定植后滴灌黄腐酸和磷酸二氢钾复合水溶肥能有效促进辣椒生长,增加辣椒各器官干物质质量,其中底肥+追肥处理辣椒产量较仅施底肥的对照组增加 15.79%。笔者的研究表明,在辣椒定植到现蕾阶段,与 CK 相比,根施 ABT-大量元素水溶肥能提高辣椒株高、茎粗、叶片厚度、叶绿素相对含量以及根系干质量,说明在辣椒生长过程中适当追施大量元素水溶肥能有效促进辣椒植株的生长发育。

GGR 作为一种非激素型调节因子,一方面可以通过调控植物体内生长素、细胞分裂素等内源激素

和多胺、酚类物质等其他内源生长物质的合成,促进植株根系生长,调节根细胞膜的相关离子通道,提高植物对水分以及营养元素的吸收与运输能力;另一方面还可以通过激活代谢相关酶的活性,提高植株整体代谢水平,增强植物的光合作用,加快干物质的转化与积累,从而起到促进植株地上部茎叶和地下部根系均衡健壮生长、促花促果、提质增产的作用^[14,33]。魏卫东等^[34]研究表明,20 mg·L⁻¹的GGR 6号处理组甘蓝产量较对照组显著增加了12.1%。笔者在辣椒定植后根施ABT-大量元素水溶肥的基础上搭配GGR 6号,于现蕾期调查各处理单株初始花蕾个数,发现ABT-大量元素水溶肥+GGR6号灌根处理组辣椒单株花蕾个数与CK相比均有不同程度提高,且以1.00 g·L⁻¹ ABT-大量元素水溶肥+2.00 mg·L⁻¹ GGR 6号复配组合处理组单株花蕾数最多,较CK提高了345.70%。这表明ABT-大量元素水溶肥与适量GGR配施能调控植株内源性生长物质的代谢水平,有效促进辣椒花芽分化,增加单株初始花蕾个数。

笔者的试验结果表明,在辣椒定植后,应用ABT-大量元素水溶肥+适量GGR 6号灌根,可促进辣椒植株生长发育,提高辣椒株高、茎粗、根冠比、叶片厚度和叶绿素相对含量,以1.00 g·L⁻¹ ABT-大量元素水溶肥+2.00 mg·L⁻¹ GGR 6号复配根施效果最佳,灌根处理后21 d,辣椒的株高、茎粗、根冠比、叶片厚度和叶绿素相对含量较CK分别提高了19.96%、32.83%、42.06%、13.25%、74.96%,辣椒现蕾期提前且单株初始花蕾个数较多。笔者的研究结果可为辣椒设施栽培科学、合理施肥提供有效的理论依据,在当前高产高效的现代化农业设施栽培模式中具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 袁稳. 辣椒细胞质雄性不育相关基因的克隆及表达研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- [2] 王继榜. 我国辣椒产业现状及发展趋势综述[J]. 安徽农学通报,2013(19):64.
- [3] 彭琼,童建华,黄志刚,等. 茉莉酸甲酯和苯丙氨酸对辣椒果实品质的影响[J]. 植物生理学报,2012,48(7):654-658.
- [4] 陈淼,邓晓,李玮,等. 不同施肥处理对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(4):104-107.
- [5] 姜伟. 温室土壤次生盐渍化及其主要盐分对辣椒幼苗胁迫的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [6] 田恬,田永强,高丽红. 设施菜田土壤质量研究进展[J]. 中国蔬菜,2021(10):35-44.
- [7] 韩瑜,王金梅,许建光,等. 高肥效大量元素水溶肥料的研制及肥效试验[J]. 磷肥与复肥,2017,32(10):20-23.
- [8] 张华. 不同水溶肥的水肥一体化技术对设施辣椒产量及品质的影响[J]. 农业工程技术,2020,40(3):68-69.
- [9] 吴文丽,尤春,孙兴祥,等. 4种植物生长调节剂对辣椒涝害胁迫的恢复效果[J]. 中国瓜菜,2020,33(10):70-74.
- [10] 赵银平,赵增寿,孙利萍,等. 叶面肥对设施番茄产量、品质及经济效益的影响[J]. 中国瓜菜,2022,35(1):60-64.
- [11] 沈建国,王忠,李丹,等. 减量施肥后不同水肥一体化模式对春大棚辣椒产量和效益的影响[J]. 中国蔬菜,2020(1):63-67.
- [12] 陈清,张强,常瑞雪,等. 我国水溶性肥料产业发展趋势与挑战[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1642-1650.
- [13] 朱徐燕,王忠,任国华,等. 化肥减量条件下不同水溶肥对青菜产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(21):48-53.
- [14] 王涛,刘兆华. 绿色植物生长调节剂(GGR)系列应用技术与机理研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,2002.
- [15] 王红,于海燕. 用科技助力农业高质量发展[J]. 农经,2020(Z1):96-100.
- [16] 姜迎春. 绿色植物生长调节剂(GGR)在农业上的推广应用[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2008(1):41.
- [17] 张彦波,张晓婕,董策,等. 绿色植物生长调节剂GGR6号和GGR8号对冬小麦生长发育及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(14):24-25.
- [18] 王瑞珍,程春明,吴问胜,等. GGR系列与其它不同植物生长调节剂在南方冬小麦上的应用效果比较[J]. 江西农业学报,2007,19(4):25-27.
- [19] 张桂阁,侯廷荣,吴明泉,等. 植物生长调节剂GGR6号在夏玉米生产上的应用效果研究[J]. 玉米科学,2004,12(Z1):105-107.
- [20] 孟祥盟,孙宁,边少锋,等. 植物生长调节剂对春玉米茎秆农艺性状及产量的影响[J]. 东北农业科学,2016,41(6):16-20.
- [21] 张姿,于海燕,李威,等. 绿色植物生长调节剂GGR对玉米生长发育及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2023(2):44-50.
- [22] 宋富根,尹红根,贺春荣,等. GGR-6号生根粉在水稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2010(14):163.
- [23] 刘希财,范文忠. 不同生长调节剂对水稻苗期生长的影响研究[J]. 吉林农业,2015(14):67-68.
- [24] 刘峰峰,符云鹏,宋玉川,等. 植物生长调节剂GGR对香料烟根系发育及活力的影响[J]. 中国烟草科学,2010,31(3):49-53.
- [25] 唐中杰,房卫平,孙玉堂. 不同植物生长调节剂在棉花上的应用效果研究[J]. 中国农学通报,2006,22(2):179-181.
- [26] 戴翠荣,赵晓雁,何玉梅,等. 新型植物生长调节剂全精控在棉花上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2021(19):130-131.
- [27] 何三军,郑磊. 4种植物生长调节物质在富士苹果树上应用对比试验[J]. 河北林业科技,2019(2):15-17.
- [28] 蒋卫杰,刘伟,余宏军,等. 绿色植物生长调节剂(ABT6)在黄瓜上的应用效果及作用机理[J]. 中国生态农业学报,2002,10(2):47-49.
- [29] 颜冰,薛琦. 绿色植物生长调节剂在刺五加、北五味子中应用试验[J]. 中国林副特产,2008(1):32-33.
- [30] 张战胜,杨刚,沈振荣,等. “西夏”牌大量元素水溶肥在温室辣椒上的应用效果[J]. 北方园艺,2013(24):179-180.
- [31] 秦立金,邱艳玲,王瑞,等. 不同氮肥处理对辣椒生长与叶绿素含量的影响[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2015,31(13):12-13.
- [32] 付永强,希仁古丽·库迪热提,喀斯木·司马义,等. 不同追肥处理对辣椒产量的影响[J]. 安徽农学通报,2022,28(4):49-51.
- [33] 李学杰,侯廷荣,吴明泉,等. 双吉尔(GGR)6号新型微肥在夏玉米上的应用效果试验报告[J]. 杂粮作物,2005,25(5):332-333.
- [34] 魏卫东,张优良. 喷施GGR6号植物生长调节剂对结球甘蓝产量的影响[J]. 青海农技推广,2005(4):56-58.