



曲树栋,冷伟锋,尹武传,等.不同植物生长调节剂对番茄幼苗低温抗冷能力的影响[J].黑龙江农业科学,2019(6):72-75.

不同植物生长调节剂对番茄幼苗低温抗冷能力的影响

曲树栋¹,冷伟锋²,尹武传²,魏延青²,任先顺²,王子浩²

(1.中化化肥有限公司,北京 100033;2.中化化肥有限公司 临沂农业研发中心,山东 临沂 276023)

摘要:为比较不同种类的植物生长调节剂对番茄抗寒能力的影响,本研究设计 9 个处理植物生长调节剂与水溶肥配合处理,测定低温后番茄的生物量及生理生化指标,评估植物生长调节剂对番茄的抗冷效应。结果表明:各处理(T4 除外)的株高均高于清水和常规水溶肥对照;T5 地上干重显著优于常规水溶肥组和其他处理组,高出常规水溶肥组 71%;T1 在根干重指标上,显著优于清水对照和其他处理,高出常规水溶肥组 78%。高磷水溶肥处理的 MDA 浓度最低,其 SOD 酶活性也较高;T5 能显著调动更多的脯氨酸参加抗冻防御,脯氨酸含量高出常规水溶肥 66.7%;T1、T3 和 T5 的含量显著高于常规水溶肥组,分别高出 39%、21%和 31%。综合生物量和生理生化指标结果,T5 和 T1 处理表现较好。

关键词:番茄幼苗;植物生长调节剂;水溶肥;抗寒

番茄是全球栽培最广、消费量最大的蔬菜作物,中国是世界最大的番茄生产和消费国家,2014 年平均产量达 3 512.14 kg·667 m⁻²,保护地平均产量达 5 500 kg·667 m⁻²[¹]。番茄起源于热带、亚热带,喜温喜光,当温度低于 10℃ 时生长发育受阻,8℃ 时生长迟缓,5℃ 时生长完全停止[²]。在我国秋冬季节,保护地番茄在设施温室继续生长,但由于极端天气和温室设施的原因,冬季突发寒潮、强降温、连续低温阴天可引起设施大棚内作物发生冷害、冻害、寒根等逆境状况[³]。对番茄的生长和生产造成直接影响。王春乙等[⁴]根据各地区低温冷害的实际情况,结合各学者的看法,全面的概括了低温冷害的概念,即指在作物生长生育期间,尽管日最低气温在 0℃ 以上、天气比较温暖,但出现较长时间的持续性低温天气,或者在生殖生长期出现短期的强低温天气过程,日平均气温低于作物生长发育适宜温度的下限指标,影响农作物的生长发育和结实而引起减产的农业自然灾害。对于不同作物和作物品种,不同生育阶段都有不同的冷害评价标准,根据低温冷害形成的机理,可以将低温冷害分为延迟型、障碍型和混合型 3 种冷害类型[⁵]。作物遭遇冷害后,一是会引起细胞膜系半透性损伤,导致电解质外

渗。二是会引起一系列细胞代谢功能的改变,如可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量升高、丙二醛浓度增加、光合作用和呼吸作用减弱等[⁶]。

针对植物的防寒抗冻措施人们想出了很多办法,例如抗寒育种、喷施植物营养产品、植物抗寒剂研制、耐低温锻炼、使用耐低温砧木以及施用植物生长调节剂。已经有研究表明,用一定浓度的水杨酸[⁷]、S-诱抗素[⁸]、甜菜碱[⁹]等物质对番茄幼苗或其他作物进行喷洒,能提高作物的抗寒能力,直接表现在生理生化指标的提高,如脯氨酸含量的升高,可溶性糖含量的提高以及一系列抗氧化酶活性的提高[¹⁰⁻¹¹]。除此之外,肥料中的磷也是参与植物抗冷的主力军,适当增施磷肥能增加植物的抗寒能力[¹²],由磷酸桥接形成的磷脂、三磷酸腺苷等均在植物抗寒性上起到极大作用。在生物膜中,磷脂的极性头部或疏水区与糖分或蛋白质相互作用,能抵抗因寒冷造成的脱水,从而维持生物膜系统的稳定性。

番茄在低温冷害影响下,细胞内膜结构受损,淀粉加速分解转化成可溶性糖。植物营养产品富含氮、磷和钾,能补充细胞膜受损的创伤,并促进植物体内酶的活性,有利于抵抗低温干扰。如果在植物营养产品中添加以上植物生长调节剂,与肥料一同冲施到土壤中,可能会起到事半功倍的作用。而且一同冲施,既起到抗寒的作用,又减少了单独叶面喷洒的劳动力使用,降低了人力的投

收稿日期:2019-01-20

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0201401)。

第一作者简介:曲树栋(1981-),男,博士,工程师,从事功能肥料研发。E-mail:qushudong@sinochem.com。

入。由于植物生长调节剂常常用来进行叶面喷施,随水溶肥冲施到土壤中的研究较少,而且相同的植物生长调节剂土施浓度、用量不能直接照搬叶面的使用量,需要通过试验进行优化。本文利用几种植物生长调节剂对番茄进行土壤施用,以比较不同植物生长调节剂及高磷型水溶肥对番茄抵抗低温冷害的能力,为开发抗低温冷害功能性植物营养产品提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试番茄 供试番茄品种为金棚朝冠,购买于西安皇冠蔬菜研究所。

1.1.2 仪器及试剂 99%水杨酸颗粒,天津博迪有限公司;98%萘乙酸粉剂、98%吲哚丁酸钾粉剂和芸苔素内酯粉剂,河南中威高科技化工有限公司;10% S-诱抗素粉剂,四川龙麟福生科技有限公司;98% DA-6、DA-7 粉剂,河南信联;ABT 生根剂粉剂,北京双吉尔生物技术开发中心。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2018 年在山东省临沂开发区中化化肥临沂农业研发中心进行。5 月,将取自临沂开发区农田的潮土风干,过 5 mm 细筛,称取 1.5 kg 装于 12.0 cm×8.8 cm×10.5 cm(口径×底径×高)的塑料盆内。2018 年 6 月将番茄种子在穴盘上进行播种育苗,当苗有 4 个真叶的时候,移栽到盛好土的塑料盆里以便进行室内试验,每个塑料盆移栽一棵苗作为一个重复,每个处理重复 3 次,日常适时浇水并防治病虫害,保证番茄正常生长。

试验处理分别为清水对照(CK)、水溶肥(A,在实验室自行配制,N-P-K 配比 15-30-15)、A+水杨酸+萘乙酸钠+吲哚丁酸钾(T1)、A+芸苔素内酯(T2)、A+S-诱抗素(T3)、A+水杨酸(T4)、A+DA-7(T5,安新酯)、A+DA-6(T6,胺鲜酯)、A+ABT 生根粉(T7)9 个处理,具体内容见表 1。水溶肥在缓苗 2 d 后开始冲肥,施肥标准按照 10 kg·667 m²,植物生长调节剂按照每 667 m²表层土 15 万 kg 换算每盆的用量,先用一定浓度的去离子水溶解所加物质然后施用。10 d 之后再再进行第 2 次冲肥。第 2 次冲肥后 3 d 开始低温处理,将各处理塑料花盆放入恒温箱进行低温处理,持续时间 3 d,温度设置为夜里 8℃,白天 20℃。低温处理后马上取样进行生理生化指标的测定,番茄植株取样完放置在温室中继续常温培育,20 d 后进行生物量的测定。

1.2.2 测定项目及方法 MDA、SOD、Pro、可溶性糖 4 个指标按照植物生理试验指导的方法进行测定^[13]。

生物量测定项目包括番茄株高、地上部分干重和根干重。株高按照地上部分至生长点位置的长度测量。干重称重方法:取盆栽番茄材料,连盆一起假植于试验小区(小区内环境、土壤因素均一相同),按需统一浇清水。培养 20 d 后,平土面,将地上部和下部分开,地上部用清水清洗后,用滤纸吸干表面水分,然后立即放入烘箱 105℃杀青,80℃烘干,称量得地上部分干重。将盆土破碎,挑拣其中的根系,清洗去掉杂质,用滤纸吸干水分,105℃杀青,80℃烘干,得到根干重。

表 1 试验处理
Table 1 Test treatments

处理 Treatments	使用量 Amount/ (kg·667 m ²)	有效成分 Active ingredient
CK		
A	10	N:P:K=15:30:15
T1	0.010	水杨酸:吲哚丁酸钾:萘乙酸钠=90:9:1
T2	0.006	芸苔素
T3	0.010	10% S-诱抗素粉剂
T4	0.053	水杨酸
T5	0.020	DA-7
T6	0.020	DA-6
T7	0.002	ABT6

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据整理和分析,使用 R 软件对数据进行 LSD 法多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄幼苗生物量的影响

从表 2 中可以看出,各处理的株高没有显著性差异($P>0.05$)。表明在低温冷害条件下,番茄植株维持正常生命活动已经比较困难,向上生长放缓,添加植物营养产品对植株株高影响不显著。T5 地上干重显著优于 A 组和其他处理组。说明冲施添加 DA-7 的水溶肥在低温冷害的逆境下,仍然能促进番茄地上部分积累较多的干物质,促进植物生长。T1 在根干重指标上,显著优于清水对照 CK 和除 A 外的其他处理,高出 A 处理组 78%,说明添加生命元的水溶肥对番茄有显著的促根作用。

表 2 番茄生物量数据多重比较
Table 2 Multiple comparison of tomato biomass data

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	地上干重 Shoot dry weight/g	根干重 Root dry weight/g
CK	18.8 a	0.64 b	0.17 b
A	18.2 a	0.58 b	0.38 ab
T1	19.3 a	0.46 b	0.68 a
T2	21.1 a	0.47 b	0.13 b
T3	19.0 a	0.56 b	0.14 b
T4	18.2 a	0.36 b	0.08 b
T5	19.5 a	1.00 a	0.25 b
T6	21.3 a	0.37 b	0.12 b
T7	19.2 a	0.34 b	0.09 b

同列不同小写字母代表 0.05 水平差异显著,下同。
Different lowercase indicate significant difference at 0.05 level,the same below.

2.2 不同处理对番茄幼苗生理生化指标的影响

从表 3 中可以看出,与 CK 相比,T2 处理 MDA 含量较高,表明该处理受冷害损伤较重,A 处理 MDA 含量最低,说明增加磷肥施用有助于降低 MDA 含量,从而减少低温冷害造成的伤害。其他处理 MDA 含量与 CK 差异不显著,说明添加的植物生长调节剂与 A 复配后没有起到显著的增效作用。SOD 酶活性指标中,A 处理高于其他处理,而 T1 最低,结合 MDA 指标可以推断 A 处理的抗冷机制是调动了抗氧化酶体系来抵御冷害影响,而 T1 处理在添加生命元因子后,没有与肥料的抗冷机制进行协调增效,或者复配后抗冷机制发生变化。

表 3 番茄生理生化指标数据
Table 3 Physiological and biochemical data of tomato

处理 Treatment	MDA	SOD	Pro	可溶性糖 Solube sugar
CK	0.56 ab	157 bc	5.9 b	0.98 bc
A	0.20 c	183 a	6.34 b	0.84 cde
T1	0.31 bc	135 c	5.04 b	1.18 a
T2	0.82 a	152 bc	5.26 b	0.80 de
T3	0.37 bc	158 abc	5.25 b	1.02 ab
T4	0.38 bc	138 bc	4.71 b	0.82 cde
T5	0.42 bc	148 bc	10.58 a	1.10 ab
T6	0.33 bc	161 ab	5.06 b	0.77 e
T7	0.58 ab	149 bc	5.26 b	0.96 bcd

T5 处理 Pro 含量显著高于其他处理和 CK,说明 DA-7 通过增加细胞内渗透调节物质脯氨酸增加番茄的抗冷性。脯氨酸是渗透调节物质,当植物遇到逆境时该物质含量升高,并受多个物质调节。可溶性糖方面,T1 含量显著高于 CK 和 A,说明生命元复配到 A 中起到了增效作用,显著提高了番茄的可溶性糖含量,同时也说明 T1 的抗寒机理在于提高细胞内可溶性糖含量,而不是依靠抗氧化酶体系。

3 结论与讨论

综合以上的结果,可以看出不论生理生化指标还是生物量指标,添加 T1 和 T5 处理的物质具有显著的增效作用,常规水溶肥与与以上物质配合施用,能显著促进番茄根部生长、调节番茄抗冻防御。而 T1 配方中含有水杨酸、萘乙酸钠和吡啶丁酸钾等物质,水杨酸具有抗寒作用^[14],萘乙酸钠具有促根并调节内源激素的作用^[15],吡啶丁酸钾具有促根作用^[16],单一使用水杨酸与水溶肥复配本次试验中没有表现出较显著的抗寒效果,但将三者复配表现出较好的促根作用,说明植物生长调节剂或者类似物质与营养产品复配需要进行严格试验,确定添加物质与基础元素协同增效才能配合使用。DA-7 对于番茄地上部分具有促进作用,目前该物质组分还未正式命名,可能是一种混合物,从效果看非常不错。S-诱抗素在可溶性糖指标上优于常规水溶肥,其抗冷效果没有单独叶面使用 S-诱抗素效果好,可能原因是 S-诱抗素与大量元素在抗寒机理上没有协同作用,也可能是用量和用法的原因导致该物质表现不好。

在后续试验中可以进一步关注以上 3 种物质,并设计试验、增加处理的重复数,充分证明其抗冻增效作用。并且试验设计上,设计冻害持续时间、冻害温度等条件,细化水溶肥和增效物质的配比及应用条件。张立军等^[17]认为,在不同渗透胁迫强度下细胞膜透性的增大可能存在不同的机制,在高强度渗透胁迫下,可能是膜物理结构改变的结果;而在低强度的缓慢渗透胁迫下则可能是自由基积累引起膜脂过氧化作用所致。所以本试验中的不同增效物质在不同生化指标上有不同的表现,说明这几种物质在番茄体内有各自的抗寒机理。如本试验反映的 T1 处理,在 SOD 酶指标中表现较低,但在可溶性糖含量指标中最高。

此外,除了相关的植物生长调节剂具有抗寒功能外,矿质元素尤其是磷元素的功能性也不容忽视,磷在植物体内构建细胞的膜结构和骨架结

构,具有重要的生理作用。本试验验证了增施高含量的磷肥对番茄抗寒效果的影响,表现在该处理组 MDA 含量较低且 SOD 酶活性较高,说明单独使用高磷水溶肥对提高番茄的 SOD 酶活性具有积极作用。在后续研究中可以进一步关注中微量元素与磷、钾^[18]、微量元素与钾肥的协同作用对植物抗寒的贡献。

参考文献:

- [1] 霍建勇. 中国番茄产业现状及安全防范[J]. 蔬菜, 2016(6): 1-4.
- [2] 林多, 魏毓棠, 王世刚. 番茄耐低温研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2000(6): 585-589.
- [3] 贺红梅, 高蓉, 包振贤. 白银市大棚蔬菜低温冻害预报指标研究[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(6): 58-61, 78.
- [4] 王春乙. 东北地区农作物低温冷害研究[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 36-57.
- [5] 候立刚. 磷对东北粳稻耐冷性及产量和品质的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2012.
- [6] 陈钢. 磷水平对西瓜产量、品质、养分吸收及幼苗耐冷性影响的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [7] 张帆, 李景富, 姜景彬, 等. 外源水杨酸诱导对番茄幼苗抗冷性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 91-94.
- [8] Leng P, Yuan B, Gao Y D. The role of abscisic acid in fruit ripening and responses to abiotic stress[J]. Journal of Experimental Botany. 2014, 16: 4577-4588.
- [9] 张天鹏, 杨兴洪. 甜菜碱提高植物抗逆性及促进生长发育研

究进展[J]. 植物生理学报, 2017, 53(11): 1955-1962.

- [10] Kuk Y I, Shin J S, Burgos N R, et al. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants[J]. Crop Science, 2003, 43: 2109-2117.
- [11] Masood A, Per T S, Asgher M, et al. Glycine Betaine: Role in Shifting Plants Toward Adaptation Under Extreme Environments[M]// Iqbal N, Nazar R, Khan NA (eds). Osmolytes and Plants Acclimation to Changing Environment: Emerging Omics Technologies. India: Springer, 2016: 69-82.
- [12] 陈小姝, 杨富军, 刘海龙, 等. 施磷水平对不同基因型花生种子发芽期耐寒能力的影响[J]. 花生学报, 2017, 46(1): 26-32.
- [13] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业技术出版社, 2002.
- [14] 张帆, 李景富, 姜景彬, 等. 外源水杨酸诱导对番茄幼苗抗冷性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 91-94.
- [15] 王红, 宋涛, 刘辉, 等. 不同浓度生根剂对玉米根系生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2016(2): 57-60.
- [16] 郭允娜, 李衍素, 贺超兴, 等. 亚适宜温光下萘乙酸钠对番茄幼苗生长与生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3053-3058.
- [17] 张立军, 戴俊英. 渗透胁迫下玉米幼苗离体叶片膜透性变化机理的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1996, 27(3): 207-210.
- [18] 廉盛兴. 磷、钾肥运筹对油菜抗冻性和耕作方式对油菜抗渍性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.

Influence on Cold Resistance of Tomato Seedlings Treated by Water Soluble Fertilizers with Different Plant Growth Regulators

QU Shu-dong¹, LENG Wei-feng², YIN Wu-chuan², WEI Yan-qing², REN Xian-shun², WANG Zi-hao²

(1. China Sinochem Fertilizer Company Limited, Beijing 100033, China; 2. Linyi Agricultural Centre of China Sinochem Fertilizer Company Limited, Linyi 276023, China)

Abstract: In order to compare the effects of different plant growth regulators on the cold resistance of tomatoes, nine treatments of plant growth regulators combined with water-soluble fertilizer were designed to determine the biomass, physiological and biochemical indexes of tomatoes after low temperature, and to evaluate the cold resistance of plant growth regulators to tomatoes. The results showed that the plant height of all treatments (except T4) was higher than that of clear water and conventional water-soluble fertilizer. The above-ground dry weight of T5 was significantly higher than that of conventional water-soluble fertilizer group and other treatment groups, which was 71% higher than that of conventional water-soluble fertilizer group. T1 was significantly superior to water control and other treatments in root dry weight, which was 78% higher than that of conventional water-soluble fertilizer group. The MDA concentration of high phosphorus water-soluble fertilizer treatment was the lowest, and its SOD activity was also higher. T5 could significantly mobilize more proline to participate in anti-freeze defense, and the proline content was 66.7% higher than that of conventional water-soluble fertilizer. The contents of T1, T3 and T5 were significantly higher than those of the conventional water-soluble fertilizer group (39%, 21% and 31%, respectively). According to the results of biomass and physiological and biochemical indexes, T5 and T1 treatments performed better.

Keywords: tomato seedlings; plant growth regulators; water-soluble fertilizers; cold resistance