

王 瑞,马姣艳,吴 倩,等. 不同时段补光对日光温室番茄果实中矿质元素积累的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(19):125-129.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.19.027

不同时段补光对日光温室番茄果实 中矿质元素积累的影响

王 瑞,马姣艳,吴 倩,王文会,石院平,金 宁,金 莉,肖雪梅,郁继华
(甘肃农业大学园艺学院,甘肃兰州 730070)

摘要:通过 LED 补光技术,分别设置不同的时段进行补光,检测番茄果实中矿质元素积累的变化,以期明确最佳的补光时段,为日光温室番茄的光照管理提供理论依据。以粉太郎番茄为试验材料,在日光温室中采用 LED 灯(红蓝光配比 7:2)对定植后的番茄进行补光,共设 4 个处理:揭帘前补光 5 h(T1)、盖帘后补光 5 h(T2)、揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h(T3),以不补光为对照(CK)。结果表明,与 CK 相比,番茄果实中 Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn 的含量在揭帘前补光 5 h(T1)处理下均显著增加,其中番茄果实中 Cu 含量增幅最大,为 74.57%;番茄果实中 K、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn 的含量在盖帘后补光 5 h(T2)处理下均增加,其中番茄果实中 Ca 的含量增幅最大,为 52.97%;番茄果实中 P、Ca、Cu、Fe、Zn 在揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h(T3)处理下均增加,其中番茄果实中 Cu 含量增幅最大,为 44.99%;T1、T2 和 T3 处理均增加了番茄果实中 Ca、Cu、Fe 的含量。综上所述,不同补光时段均不同程度提高番茄果实中矿质元素的含量,且大多元素在揭帘前补光 5 h(T1)的条件下明显增加。因此,揭帘前补光技术可在日光温室番茄生产中推广应用。

关键词:番茄;LED 补光;矿质元素积累;日光温室;光照管理

中图分类号: S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)19-0125-04

番茄(*Solanum lycopersicum*)别称西红柿,属于茄科茄属草本植物^[1],其生长发育的最适温度为 20~24℃^[2]。它是我国栽培的主要蔬菜之一,因其果实营养价值丰富、风味的特殊性及其多种食用方式而受到广大消费者的青睐。为满足番茄的周年供应,在设施内种植番茄的技术不断推广。但是设施内,棚膜的透光性、覆盖材料的连年使用、温室内钢架结构及不同季节气候条件的影响,常使得番茄因受光不足而生长不良^[3]。

光是影响植物生长发育的重要环境因素之一,尤其是对于设施栽培的蔬菜,光作为物质和能量代谢的基础,对于光合产物的积累及产量的形成尤为重要^[4]。前人在光周期对生菜的影响研究中发现,

随着光周期的延长,生菜可溶性糖和维生素 C 的含量不断增加。当光照时间分别为 12、16、20 h 时,氮素的吸收量随着光照时间的延长显著提高^[5]。李蔚等研究表明,补光 7 h 对番茄株高、果实纵茎及坐果率影响最大,与对照相比,分别提高 5.8%、6.1%及 7.5%;补光 9 h 对果实品质提升及增产效果明显,可提前 6 d 采收,产量比对照提高 3.6%^[6]。大量研究发现,适宜的红蓝光配比可以提高蔬菜的产量和品质^[7]。有试验证实,红蓝光配比为 3:1 和 4.9:1 的 LED 灯可提高番茄果实的产量,改善其品质^[8]。因此,推荐 3:1 至 4.9:1 红蓝光配比的 LED 灯作为冬春季节寡日照地区大棚番茄的补光方式。本试验采用的红蓝光配比正是在此范围,并经过预试验证实了其补光效果。然而,关于不同时间段补光对作物矿质元素含量积累的影响报道较少。

番茄果实中矿质元素含量丰富,包括金属元素 Cu、Fe、Mn、Zn、Ca、Mg 及非金属元素 P 和 K,在番茄的不同部位其营养成分及浓度不同^[9],若缺乏这些元素可产生特有的缺素症,如生长速率下降、根冠比改变、根的活力及物质合成和积累受阻等。研究表明,中度以上弱光胁迫严重抑制番茄植株对 Mg、K 的吸收和积累,而对 N、P、Ca 的积累影响较

收稿日期:2019-11-15

基金项目:甘肃省教育厅高校科研项目(编号:2018A-036);甘肃农业大学学生科研训练计划(编号:201912040);甘肃农业大学盛筌筌科技创新基金(编号:GSAU-STIS-1745)。

作者简介:王 瑞(1996—),女,甘肃定西人,从事蔬菜生理方面研究。E-mail:2389186401@qq.com。

通信作者:肖雪梅,博士,讲师,主要从事设施蔬菜栽培生理方面的研究,E-mail:xiaoxm@gsau.edu.cn;郁继华,博士,教授,主要从事蔬菜生理与设施栽培方面的研究,E-mail:yujihuagg@163.com。

小^[10-11]。因此,光照对矿物质的积累具有至关重要的作用。本试验以番茄为材料,在日光温室条件下,利用 LED 灯(红蓝光配比 7:2),设置不同时间段的补光处理,研究不同时段补光对番茄矿质元素含量的影响,以期初步确定番茄果实的矿质营养积累对不同时段补光的响应特性,进而为补光提高番茄营养品质的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在兰州市榆中县李家庄的 2 号棚中进行,番茄品种为粉太郎,2018 年 10 月 8 日播种,育苗所用基质为绿能瑞奇,待植株长至 4 叶 1 心时定植,定植时间为 2018 年 11 月 24 日。栽培方式为槽式栽培(长 9 m,宽 0.4 m,深 0.25 m),栽培基质购买于甘肃绿能农业科技股份有限公司。除补光处理外,其他栽培管理保持一致。

1.2 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,采用 LED 人工光源进行补光,光质为红蓝光配比 7:2。分别设置如下 4 个处理:揭帘前补光 5 h(T1)、盖帘后补光 5 h(T2)、揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h(T3),以不补光为对照(CK)。每处理 3 个小区,每小区定植番茄 36 株。

1.3 测定项目及方法

各处理于补光结束后第 2 天取样,取样标准为果实红熟期且着红面 80%~100% 的第一穗果实,采摘后用周转箱转运至实验室并储藏于 8℃ 冰箱中

备用。每处理随机选取 6 个番茄果实,将其切为小块,105℃ 杀青 30 min 后,在 80℃ 下烘干至恒质量。分别称量番茄果实干物质质量后,用研钵研磨,将粉末过网孔直径为 0.25 mm 的土壤筛,置于密封袋内标记储存,备用。

大量元素 K 和 P 含量采用湿式消解法($H_2SO_4-H_2O_2$ 法),中量元素 Ca、Mg 和微量元素 Cu、Fe、Mn、Zn 含量采用干灰化法进行前处理。P 含量采用钼锑抗比色法测定(双光束紫外可见分光光度计 TU-1900);K、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn 含量采用原子吸收光谱法测定(ZEEnit 700P,德国)。

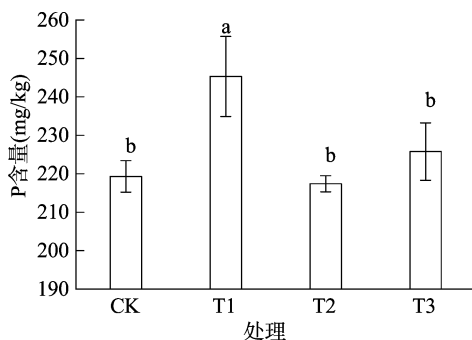
1.4 数据处理

采用 Excel 2017 软件进行数据处理及作图,采用 SPSS 软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

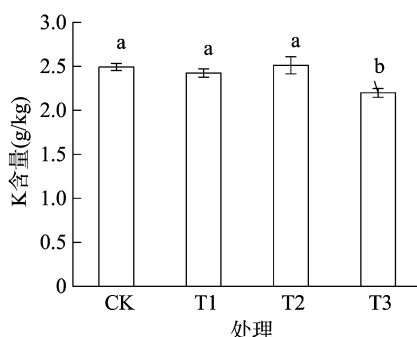
2.1 不同时段补光对番茄果实大量元素含量的影响

由图 1 可知,补光处理既可显著增加又可显著降低番茄果实中 P 的积累,且不同时段补光呈现出不同的效果。揭帘前补光 5 h(T1)、揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h(T3)处理的番茄果实中 P 含量比不补光处理(CK)分别提高 11.85%、0.87%;盖帘后补光 5 h(T2)处理比 CK 降低 2.94%,且 T2 和 T3 处理之间差异不显著。盖帘后补光 5 h(T2)处理的番茄果实中 K 含量比不补光处理(CK)提高 0.75%;揭帘前补光 5 h(T1)、揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h(T3)处理分别比 CK 降低 2.75%、11.79%,且 T1 和 T2 处理之间差异不显著。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下同

图1 不同时段补光对番茄果实大量元素含量的影响



2.2 不同时段补光对番茄果实中量元素含量的影响

由图 2 可知,盖帘后补光 5 h(T2)处理的番茄果实中 Ca 含量比不补光处理(CK)提高 52.97%;揭帘前补光 5 h(T1)、揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h

(T3)处理的番茄果实中 Ca 含量比 CK 分别提高 18.65% 和 12.68%,且 T1 和 T3 处理之间差异不显著。揭帘前补光 5 h(T1)、盖帘后补光 5 h(T2)处理的番茄果实中 Mg 含量比不补光处理(CK)分别提高 11.55% 和 13.24%,且 T1 和 T2 处理之间差异不

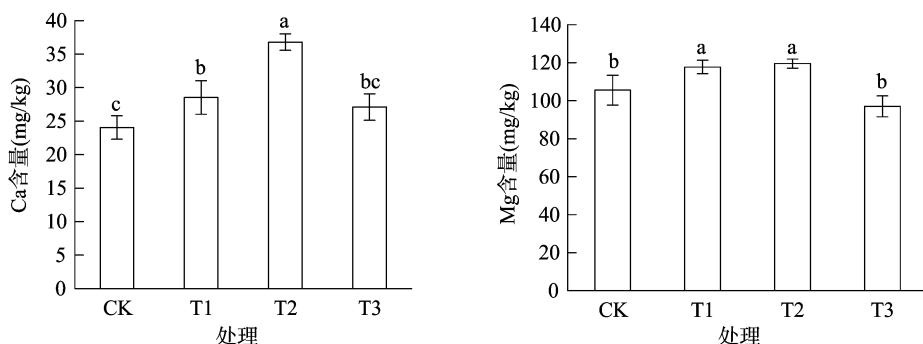


图2 不同时段补光对番茄果实中量元素含量的影响

显著。揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h (T3) 处理的番茄果实中 Mg 含量低于 CK。

2.3 不同时段补光对番茄果实微量元素含量的影响

由图 3 可知,补光处理可显著增加番茄果实中 Cu 和 Fe 的积累,且不同时段补光呈现出不同的效果。揭帘前补光 5 h (T1) 处理的番茄果实中 Cu 含量比不补光处理 (CK) 提高 74.57%;盖帘后补光 5 h (T2) 和揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h (T3) 处理分别比 CK 提高 53.02% 和 44.99%,且 T2 和 T3 处理之间差异不显著。揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h (T3) 处理的番茄果实中 Fe 含量比不补光处理 (CK) 提高 24.21%;揭帘前补光 5 h (T1)、盖帘后补光 5 h (T2) 处理的番茄果实中 Fe 含量分别比 CK 提高 20.10% 和 10.62%,且 T1 和 T3 处理之间差异不显著。揭帘前补光 5 h (T1)、盖帘后补光 5 h (T2) 处理的番茄果实中 Mn 含量比不补光处理 (CK) 分别提高 22.77%、39.67%;揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h (T3) 处理的番茄果实中 Mn 含量比 CK 降低 18.85%,且 T1、T2 和 T3 处理之间均存在显著性差异。揭帘前补光 5 h (T1) 处理的番茄果实中 Zn 含量比不补光处理 (CK) 提高 37.99%;盖帘后补光 5 h (T2) 处理的番茄果实中 Zn 含量比 CK 降低 1.85%,揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h (T3) 处理与 CK 之间无显著性差异。

3 结论与讨论

P 是植物生长发育必需的大量营养元素,对农作物产量的形成及品质的改善有着重要影响^[12],还可提高作物对外界环境的适应能力。李萍研究表明,太阳辐射减弱会增大冬小麦各器官中 N、P 含量,且根、茎和营养器官中 N、P 含量均与太阳辐射减弱强度呈极显著正相关^[13]。K 是多种酶的活化

剂,能促进糖的合成和提高淀粉酶活性,促进 N 的利用,促进光合作用,增强作物茎秆的坚韧性,提高抗寒抗旱能力。肖特等的研究表明,马铃薯块茎内 K 含量的积累在生育后期长日照处理能得到促进^[14],本研究结果与其研究结果一致。

Ca 是一种参与构成植物各种器官、组织的营养物质,作为信号物质调节细胞功能,为植物体内各种代谢活动的正常进行提供保障;对植物赖以生长的土壤介质的改良也发挥重要作用^[15]。Mg 是叶绿素的组成成分;是多种酶的活化剂,促进作物生长发育;提高水果、蔬菜的品质;植物缺镁表现为植株矮小、生长缓慢,出现缺绿症^[16]。杨延杰等的研究表明,中度以上弱光胁迫严重影响植株干物质的积累和分配,同时严重抑制植株对 Mg、K 的吸收和积累,而对 N、P、Ca 的积累影响较小,弱光下应合理增施镁肥和钾肥^[11]。同样地,本试验发现延长光照时间可促进番茄果实中 Ca 和 Mg 的积累。

微量元素似乎比大量元素更易受品种和栽培方式的影响^[17]。Cu 是多种酶的组成部分,参与氧化还原过程,参与光合作用的电子传递和光合磷酸化,参与呼吸代谢,提高抗寒抗旱能力^[18]。Cu 影响植物的生长、发育以及器官分化^[19]。杨延杰等的研究表明,在 50% 自然光强的弱光条件下处理 3 周时间,会导致番茄茎叶中 Cu 含量的下降,且随光照强度的降低与持续时间的延长而加重^[20],本研究结果与杨延杰等的研究结果一致。Fe 参与许多酶促反应,直接和间接地参与了光合作用、呼吸作用、固氮作用和硝酸盐还原等。肖特等的研究表明马铃薯同一品种块茎内 Fe 含量经过不同长、短日照光周期处理后差异不显著^[14]。而本研究中发现不同时段补光均可显著增加番茄果实中 Fe 含量,可能是因为马铃薯的块茎是营养器官而番茄果实是生殖器官,其矿物质积累的方式不同。Mn 是许多酶的活化

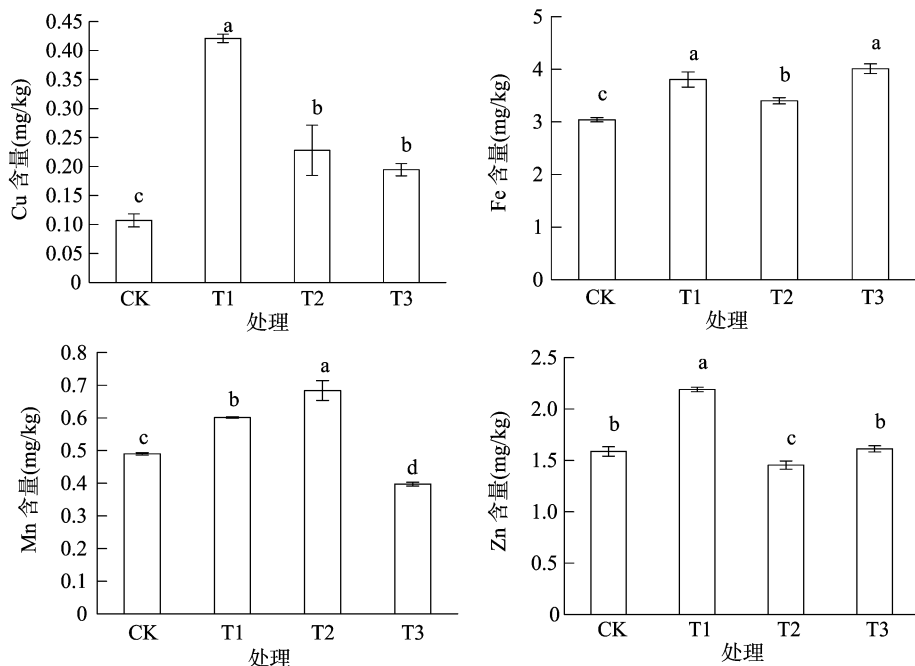


图3 不同时段补光对番茄果实微量元素含量的影响

剂,是叶绿体结构必需的,一般以结合态直接参加光合作用的放氧过程,也是一个重要的氧化-还原剂,它控制着植物体内的许多氧化-还原体系,如抗坏血酸和谷胱甘肽等的氧化-还原^[21]。杨延杰等的研究表明,弱光抑制番茄对 Mn 的吸收和运输,抑制程度随弱光处理时间延长和弱光程度增加而加重^[22]。Zn 是植物生长不可缺少的重要营养元素^[23],可作为六大功能酶中不同的辅助因子成分,可以调节酶的活性^[24]。Zn 影响 DNA、RNA 聚合酶进而影响核酸和蛋白质的合成^[25],维持和稳定生物膜功能的完整性^[26]。肖特等的研究表明,马铃薯同一品种块茎内 Zn 含量经过不同长、短日照光周期处理后差异不显著^[14]。本研究发现,揭帘前或盖帘后补光 5 h 均可显著提高番茄果实中 Mn 和 Zn 的含量,可能与光促进这 2 种元素向果实中转移有关。

本研究结果表明,番茄在不同时段补光情况下,其果实中矿质元素的含量存在明显差异。揭帘前补光 5 h,番茄果实中 P、Cu、Fe、Mn、Ca、Zn 的含量均增加;盖帘后补光 5 h,番茄果实中 P、K 含量无显著变化,Zn 含量降低,Cu、Fe、Mn 的含量增加;揭帘前和盖帘后各补光 2.5 h,番茄果实中 P、Ca、Zn 的含量无显著变化,K 和 Mn 的含量降低,Cu 和 Fe 的含量增加。综合来看,在补光条件下,果实中矿质元素的含量都有所增加。在生产过程中通过补光可以有效增加番茄果实中矿质元素的吸收与积累,从而改善果实品质。而对于番茄果实中矿质营

养元素的积累机理与不同时间段补光的关系还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 赵勇竣,徐术菁,王 钊,等. 高温胁迫对 3 个番茄品种生长和生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):147-149.
- [2] 凌必利. 不同光照强度对山核桃苗木生长的影响[J]. 现代农业科技,2019(17):80-82.
- [3] 曹 阳. 冬季温室补光对果菜类作物生长发育的影响(综述)[J]. 河北农业科学,2009,13(3):10-12.
- [4] 毛金柱,邱 权,张 芳,等. LED 光源下不同光照时间对生菜生长的影响[J]. 农机化研究,2014,36(3):141-145.
- [5] 李盛萱,李桂芝. 番茄丰产几个栽培技术因素的研究[J]. 东北农学院学报,1960(增刊1):19-25.
- [6] 李 蔚,李新旭,李红零,等. 植物生长灯不同补光时间对日光温室番茄产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学,2019,47(11):49-50,55.
- [7] 钱舒婷. 不同补光灯对设施草莓、番茄光合生长及产量品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [8] 伍 洁. 光质对比对生菜生长、品质及养分吸收的影响[D]. 广州:华南农业大学,2016.
- [9] Sainju U M, Dris R, Singh B. Mineral nutrition of tomato[J]. Food, Agriculture & Environment,2003,1(2):176-183.
- [10] Justin B F, Haghighi M, Watson A, et al. Mineral nutrition of 'petopride' processing tomato under partial rootzone drying[J]. Journal of Plant Nutrition,2014,37(7):1056-1062.
- [11] 杨延杰,李天来,林 多,等. 弱光对不同类型番茄干物质积累及矿质营养分配的影响[J]. 华北农学报,2006,21(3):121-124.
- [12] 陈 钢,吴礼树,李煜华,等. 不同供磷水平对西瓜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(6):1189-1192.

严添潇,杨守军,孙吉翠. 无抗养殖鸡粪与化肥配施对白菜生长及土壤理化性状的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(19):129-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.19.028

无抗养殖鸡粪与化肥配施对白菜生长及土壤理化性状的影响

严添潇,杨守军,孙吉翠

(中国农业大学烟台研究院,山东烟台 2646704)

摘要:以江苏省苏州青白菜为试验材料,深入探讨无抗养殖鸡粪与化肥配施对白菜生长及土壤理化性状的影响,以期在无抗养殖鸡粪与化肥配施的合理比例提供理论参考。试验施肥基于等氮原则,共设 5 个处理,分别为 CK(无任何肥料施用)、JF20% + HF80%(20% 鸡粪 + 80% 化肥)、JF40% + HF60%(40% 鸡粪 + 60% 化肥)、JF60% + HF40%(60% 鸡粪 + 40% 化肥)和 JF80% + HF20%(80% 鸡粪 + 20% 化肥)。研究表明,无抗养殖鸡粪的施用能提高土壤有机质含量,且含量提高幅度与鸡粪施用量呈正相关。无抗鸡粪与化肥配施均能提高土壤微生物含量,改善白菜品质,促进土壤中抗生素的降解。其中,JF40% + HF60% 处理白菜产量最高,因此,综合分析认为,40% 无抗养殖鸡粪与 60% 化肥配施是较为合理的施用比例。

关键词:无抗鸡粪;化肥;配施;土壤性状;产量与品质

中图分类号:S634.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)19-0129-05

随着集约化畜禽养殖业的发展,多种抗生素在

畜禽养殖中被使用,除了作为药物用于动物疾病的治疗和预防外,还以亚治疗剂量添加于动物饲料中,起到刺激动物生长和促进增产的作用^[1]。但是抗生素经过动物肠道并不能被完全吸收,大部分会以原形或代谢产物的形式由粪便和尿液排出体外^[2]。粪便经过堆肥处理后作为有机肥施用于土壤,还田的同时将粪便中的抗生素转移到土壤中,对土壤生态环境和作物生长产生危害。研究表明,抗生素可能对土壤生态系统重要组成的土著微生物

收稿日期:2020-02-23

基金项目:山东省农业重大应用技术创新项目;山东省重点研发计划(编号:2018GNC110021);山东省烟台市科技计划(编号:2017ZH097);山东省烟台开发区创新创业领军团队项目(编号:TD2016003);山东省烟台市学科建设项目(编号:2019XDRHXMXXK25)。
作者简介:严添潇(1997—),女,山东滕州人,主要从事农业工程及畜禽粪便资源化利用研究。E-mail:ecs2005@163.com。
通信作者:孙吉翠,副教授,主要从事畜禽养殖废弃物处理和资源化利用技术研究。E-mail:sjc6132006@163.com。

- [13]李 萍. 太阳辐射减弱和 O₃ 胁迫对土壤性质及冬小麦中 N、P 元素的影响研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2012.
- [14]肖 特,于肖夏,崔阔澍,等. 温光处理对马铃薯块茎钾及 3 种微量元素含量的影响[J]. 中国农业信息,2015(15):8-10.
- [15]门中华,贾小环. 钙在植物营养中的作用[J]. 阴山学刊(自然科学版),2006,20(4):38-40.
- [16]王秀芬. 矿质元素在植物体内的生理作用[J]. 河北农业科技,1989(6):9-10.
- [17]Suárez M H, Rodríguez E M, Romero C D. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes [J]. Food Chemistry,2007,104(2):489-499.
- [18]白延红,马胜利,徐彩玲,等. Cu²⁺ 的生理功能、损伤机理及其在植物离子培养中的作用[J]. 杨凌职业技术学院学报,2009,8(1):19-21,27.
- [19]Sommer A L. Copper as an essential for plant growth[J]. Plant Physiology,1931,6(2):339-345.

- [20]杨延杰,谢春玲,林 多,等. 弱光对番茄茎叶中铜含量的影响[J]. 华北农学报,2009,24(增刊2):180-182.
- [21]施益华,刘 鹏. 锰在植物体内生理功能研究进展[J]. 江西林业科技,2003(2):26-28,31.
- [22]杨延杰,李天来,范文丽,等. 温室弱光对番茄茎叶 Mn 含量的影响[J]. 辽宁农业科学,2004(4):49-50.
- [23]Cakmak I, Marschner H. Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants [J]. Journal of Plant Physiology,1988,132(3):356-361.
- [24]段昌群,王焕校,曲仲湘. 重金属对蚕豆(*Vicia faba*)根尖的核酸含量及核酸酶活性影响的研究[J]. 环境科学,1992(5):31-35,95.
- [25]罗立新,孙铁珩,靳月华. 镉胁迫下小麦叶中超氧阴离子自由基的积累[J]. 环境科学学报,1998,18(5):495-499.
- [26]孙涌栋,罗未蓉,李新峥,等. Zn²⁺ 对黄瓜发芽期生理特性的影响[J]. 生态环境,2008,17(1):307-311.