

茹朝,吕剑,唐中祺,等.不同有机基质栽培方式对番茄果实矿质元素含量的影响[J].江苏农业科学,2021,49(7):142-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.07.024

不同有机基质栽培方式对番茄果实矿质元素含量的影响

茹朝¹,吕剑¹,唐中祺¹,金宁¹,金莉¹,郁继华^{1,2}

(1.甘肃农业大学园艺学院,甘肃兰州 730070; 2.甘肃省干旱生境作物学重点实验室,甘肃兰州 730070)

摘要:为了研究不同有机基质栽培方式对番茄果实矿质元素含量的影响,设置4个处理,即槽式栽培粉太郎番茄、槽式栽培181番茄、袋式栽培粉太郎番茄和袋式栽培181番茄。结果表明,槽式栽培粉太郎番茄果实各矿质元素含量较袋式栽培均有所提高,Cu、Fe、Mn、Zn含量分别提高112.0%、14.2%、13.7%、7.5%;Ca、Mg含量分别提高2.5%、3.7%;P、K含量分别提高18.6%、20.8%。槽式栽培181番茄果实各矿质元素含量较袋式栽培181均有所提高,Cu、Fe、Mn、Zn含量分别提高129.0%、13.3%、17.5%、9.5%;Ca、Mg含量分别提高46.5%、5.1%;P、K含量分别提高0.9%、18.2%。2个品种都表现出槽式栽培生产的番茄果实Cu、Fe、Mn、Zn、Ca、Mg、P、K含量均高于袋式栽培生产的番茄。由此可见,日光温室栽培番茄在栽培方式上选用槽式栽培可显著增加番茄果实的矿质元素的吸收。

关键词:番茄;槽式栽培;袋式栽培;矿质元素;主成分分析

中图分类号: S641.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)07-0142-05

番茄(*Solanum lycopersicum*)是茄科番茄属一年生或多年生草本植物,起源于南美洲的安第斯山地,是世界上种植范围最广、总产量高的蔬菜之一,还是无土栽培生产的主要蔬菜作物之一^[1-3]。番茄含丰富的番茄红素、维生素C、矿物质等营养物质,是人类从外界摄取维生素和类胡萝卜素的重要来源^[4],研究表明,番茄中约含有13种维生素和17种矿物质^[5-6],是人们喜食和加工产品最为丰富的蔬菜之一,番茄也是我国重要的经济作物。

近年来,随着日光温室技术的逐渐发展,其栽培面积大幅上升,实现了周年供应。而在番茄生产过程中,栽培方式直接关系着果实的产量和品质^[3]。农业环境污染和生态环境的恶化已经成为阻碍未来农业可持续发展和影响人体健康的重要制约因素^[7]。无土栽培具有避免土传病虫害及连作障碍、肥料利用率高等诸多优点,已成为发展无公害绿色食品生产的可靠途径,在我国蔬菜保护地栽培中逐渐发展起来^[8-11],使用越来越普及。有机

基质栽培可以改善根际环境,有较强的缓冲能力和较高的持水能力,含有丰富的营养成分,从而影响作物的生长发育^[12-14]。无土栽培是当今世界设施农业发展中广泛采用的先进栽培技术,目前,无土栽培技术可大致分为无基质栽培和基质栽培,主要包括水培、雾培和基质培等方式,其中基质培是无土栽培的最主要形式。目前,世界上绝大多数日光温室仍采用基质栽培方式,此栽培方式成本低廉、实用性高、日常管理操作简单,适合规模化生产^[15]。我国无土栽培技术发展时间较晚,但近年来发展较快^[16]。在实际生产中,有机基质无土栽培的主要方式为槽式栽培、袋式栽培,所以研究可靠的有机基质栽培方式是提高产品品质的关键。本试验在日光温室水肥一体化灌溉条件下,研究槽式栽培和袋式栽培条件下番茄果实的矿质元素含量的差异,筛选出最优的栽培方式,以改善营养价值、提高番茄品质、增加其经济效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2018年10月至2019年5月在甘肃省榆中县李家庄日光温室内进行,以粉太郎和181等2个无限生长型品种的番茄为试验材料。采用有机基质无土栽培,其中基质为绿能瑞奇公司提供的绿能瑞奇有机基质,2018年10月8日播种育苗,2018年11月24日植株长至4叶1心时定植,于2019年

收稿日期:2020-08-11

基金项目:甘肃省科技重大专项(编号:17ZD2NA015);国家大宗蔬菜产业技术体系建设专项(编号:CARS-23-C-07);国家重点研发计划(编号:2018YFD0201205)。

作者简介:茹朝(1996—),男,甘肃酒泉人,硕士,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。E-mail:1347841281@qq.com。

通信作者:郁继华,教授,博士生导师,主要从事设施蔬菜栽培生理研究。E-mail:yujihua@gsau.edu.cn。

3 月 30 日采收。

1.2 试验设计

试验采用槽式栽培和袋式栽培 2 种栽培方式, 每种方式种植 1 栋温室(温室参数 60 m × 10 m × 4.8 m)。栽培槽为地下式,长 × 宽 × 深为 0.9 m × 0.4 m × 0.3 m,栽培槽最内层铺塑料薄膜防渗漏,底部铺 5 cm 粒径为 0.5 ~ 2.0 cm 的石子,其上整体铺设园艺地布,装填 1 m³/槽基质,株距 0.5 cm,行距 0.2 m,定植 36 株/槽。栽培袋长 × 宽 × 高为 1 m × 0.2 m × 0.15 m,沿栽培槽方向于温室地面铺设 2 列基质袋,定植 2 株/袋,间距 0.5 m,定植 36 株/行。共 4 个处理,每个处理 3 次重复(表 1)。

表 1 不同基质栽培方式对番茄果实矿质元素含量的影响
影响试验处理设计

品种	2 号温室(槽式)	3 号温室(袋式)
粉太郎	T1	T3
181	T2	T4

1.3 试验方法

番茄于 2019 年 3 月 31 日进行取样,每个处理随机挑选颜色、大小、硬度、成熟度一致的番茄 9 个,每 3 个作为 1 组重复,称其鲜质量后切开放置在培养皿中,105 ℃ 杀青 30 min,后 80 ℃ 烘干至恒质量,并称其干质量。再将其在研钵中研碎,将粉碎后的样品过筛(0.25 mm),装入自封袋放在干燥处备分析用。采用湿式消解(H₂SO₄ - H₂O₂ 法),用钼锑抗比色法测定番茄果实 Ca、Mg、P、K 各元素含量;采用干法灰化法,在原子吸收光谱仪上测定番茄果实 Cu、Fe、Mn、Zn 金属元素的含量^[17],计算各矿质元素含量。

1.4 统计分析

用 Excel 2016 处理试验数据并作图,对各处理结果运用 SPSS 22.0 进行方差分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同栽培方式对番茄果实微量元素含量的影响

由图 1 可得,T1 与 T3 处理番茄果实中 Cu、Fe、Mn 的含量有显著性差异,且番茄果实 Cu、Fe、Mn、Zn 4 种微量元素都表现为槽式栽培番茄含量高于袋式栽培,分别升高了 112.0%、14.2%、13.7%、7.5%。T2 与 T4 处理的番茄果实中 Cu、Fe、Mn 含量存在显著性差异,且番茄果实中 Cu、Fe、Mn、Zn 4 种微量元素的含量都表现为槽式栽培高于袋式栽

培,分别升高了 129.0%、13.3%、17.5%、9.5%。2 个番茄品种使用同一种栽培方式时,槽式栽培和袋式栽培的番茄果实中 Ca、Mn 的含量都表现出粉太郎品种高于 181 品种。当采用槽式栽培方式时,T1 和 T2 Cu 含量无显著性差异,T1 Cu 含量略高于 T2;粉太郎与 181 品种 Fe 含量有显著性差异,181 品种 Fe 含量比粉太郎品种高 19.2%;粉太郎和 181 品种 Mn 含量无显著性差异;181 品种 Zn 含量与粉太郎有显著性差异,181 品种 Zn 含量较粉太郎高 20.2%。若采用袋式栽培方式,T3 和 T4 Cu 含量无显著性差异,T3 Cu 含量略高于 T4;粉太郎品种 Fe 含量低于 181 品种,两者有显著性差异,181 品种的 Fe 含量比粉太郎高 17.9%;粉太郎的 Mn 含量与 181 有显著性差异,粉太郎的 Mn 含量比 181 高 6%。181 品种 Zn 含量也与粉太郎有显著性差异,181 品种 Zn 含量较粉太郎高 20.0%。

2.2 不同栽培方式对番茄果实中量元素含量的影响

如图 2 所示,粉太郎、181 品种番茄果实在 Ca、Mg 等 2 种元素含量上都有一定的相似之处,粉太郎、181 品种呈现槽式栽培的番茄果实中量元素含量高于袋式栽培,粉太郎品种的 Ca、Mg 含量在槽式栽培中比在袋式栽培中分别高 2.5%、3.7%,181 品种的 Ca、Mg 含量在槽式栽培中比在袋式栽培中分别高 46.5%、5.1%。当 2 个品种番茄使用槽式栽培时,181 品种 Ca 含量显著高于粉太郎品种,增幅为 78.9%,粉太郎品种的 Mg 元素含量高于 181 品种,且两者具有显著性差异;粉太郎 Mg 含量较 181 高 3.7%。当使用袋式栽培时,181 品种的 Ca 含量还是高于粉太郎品种,但 2 种栽培方式无显著性差异;粉太郎的 Mg 含量反而低于 181 品种,且两者具有显著性差异,181 品种 Mg 含量较粉太郎增幅为 3.7%。

2.3 不同栽培方式对番茄大量元素含量的影响

P、K 在番茄果实中的含量情况如图 3 所示,粉太郎、181 品种呈现槽式栽培生产的番茄果实元素含量高于袋式栽培,且差异显著。槽式栽培粉太郎番茄品种 P、K 含量比袋式栽培分别高 18.6%、20.8%;槽式栽培 181 品种 P 含量与袋式栽培无显著差异,槽式栽培 K 含量比袋式栽培显著高 18.2%。当 2 个品种都使用槽式栽培时,粉太郎与 181 品种 P 含量有显著性差异,181 品种 P 含量提高 46.9%;在袋式栽培中,粉太郎与 181 品种 P 含量也

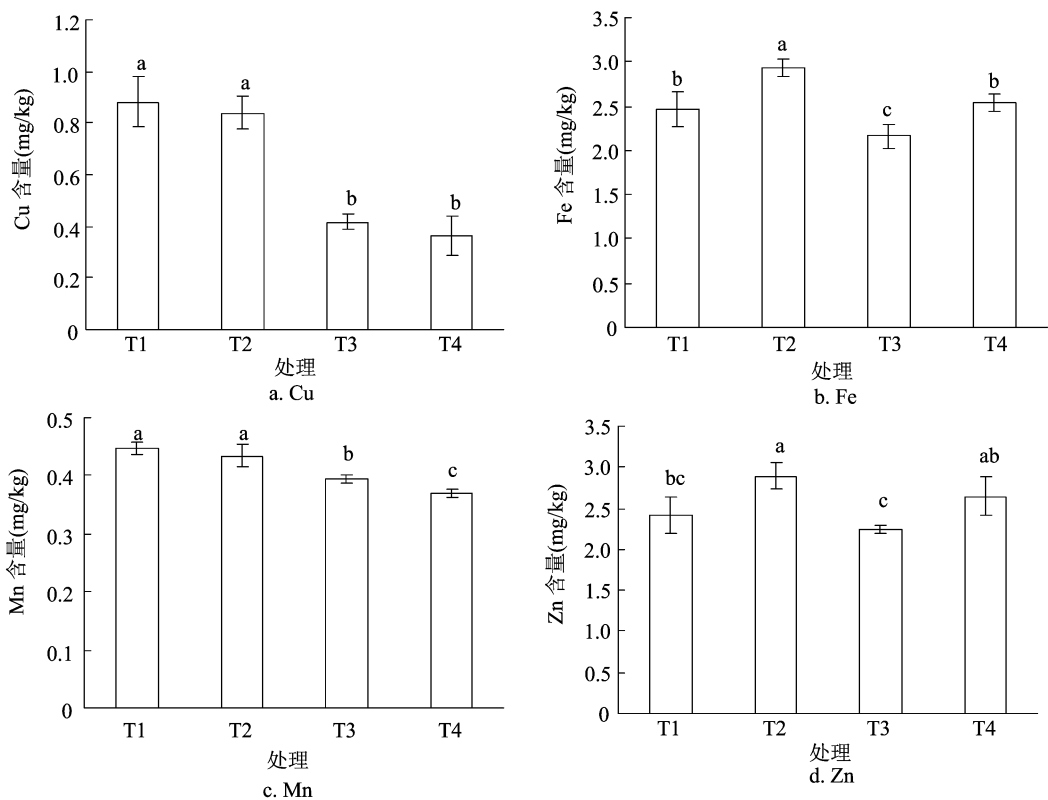


图1 不同栽培方式对番茄果实微量元素含量的影响

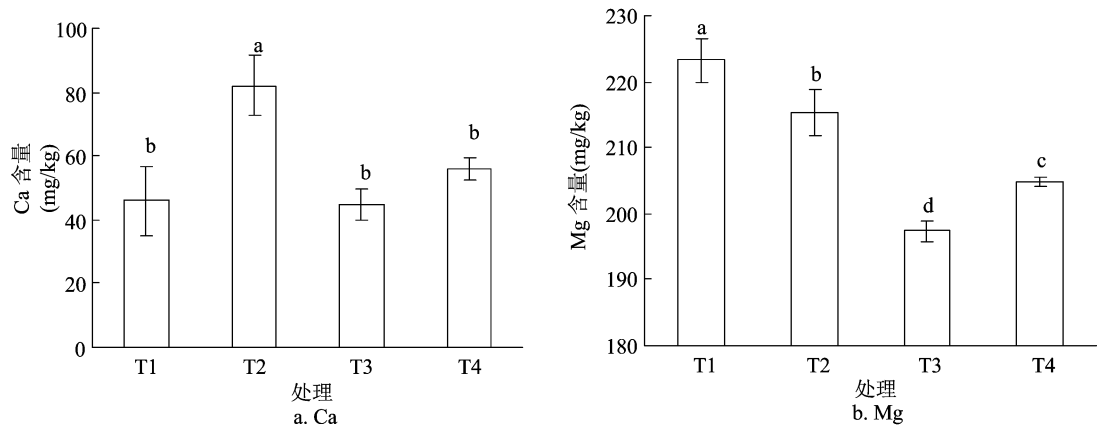


图2 不同栽培方式对番茄果实中量元素含量的影响

有显著性差异,181 含量提高 72.6%。在同一种栽培条件下粉太郎和 181 品种 K 含量无显著差异,含量趋势基本一致。

2.4 不同栽培方式番茄主成分分析及综合评价

以 2 个不同品种 2 种栽培方式番茄的 8 种矿质元素含量为指标进行主成分分析,分析结果见表 2 和表 3,按累计贡献率 > 85% 的原则,选取主成分。第一主成分的特征值为 5.119,代表了 4 个处理 8 种矿质元素含量的 63.985% 的原始信息;第二主成分特征值为 2.561,代表了 4 个处理 8 种矿质元素含量的 32.011% 的原始信息,前 2 个主成分代表了

4 个处理 8 种矿质含量综合指标的 96%,说明这 2 个主成分可以反映 96% 的原始信息,因此提取 2 个不相关的主成分替代原 4 个不同处理番茄的 8 种矿质元素含量,对不同品种番茄的数量指标由 8 个替换为 2 个主成分,达到了降维的目的。

前 2 个主成分的累计贡献率达到 96%,所以以前 2 个主成分建立栽培方式番茄矿质元素含量的比较综合模型。以各个主成分的特征值和载荷值计算特征向量构建函数表达式如下:

$$y_1 = 0.434\ 9x_1 + 0.180\ 3x_2 + 0.435\ 4x_3 + 0.08x_4 + 0.091\ 1x_5 + 0.408\ 4x_6 - 0.037\ 6x_7 + 0.417\ 4x_8;$$

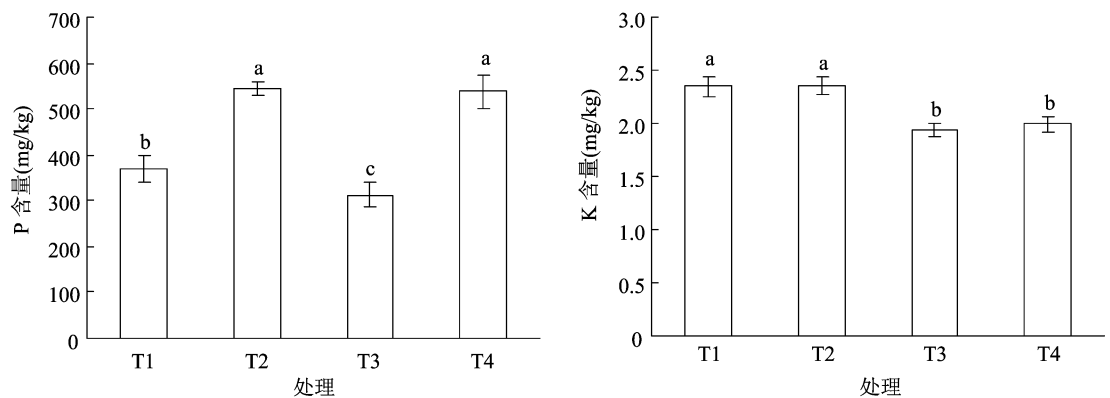


图3 不同栽培方式对番茄果实大量元素含量的影响

表 2 不同栽培方式矿质元素含量的主成分分析

主成分	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
第一主成分	5.119	63.985	63.985
第二主成分	2.561	32.011	95.996
第三主成分	0.320	4.004	100.000

表 3 不同栽培方式矿质元素含量主成分载荷矩阵

元素	载荷值	
	第一主成分	第二主成分
Cu	0.984	0.164
Fe	0.408	0.913
Mn	0.985	-0.022
Zn	0.181	0.983
Ca	0.206	0.921
Mg	0.924	0.179
P	-0.085	0.965
K	0.944	0.330

表 4 不同处理主成分综合排名

处理	y ₁	y ₂	得分	排名
T1	1.549	-0.764	0.746	2
T2	1.608	3.136	2.033	1
T3	-1.738	-2.787	-2.004	4
T4	-1.419	0.414	-0.775	3

$y_2 = 0.102\ 5x_1 + 0.570\ 5x_2 - 0.013\ 8x_3 + 0.614\ 3x_4 + 0.575\ 5x_5 + 0.111\ 9x_6 + 0.603\ 0x_7 + 0.206\ 2x_8$ 。

式中： x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、 x_7 和 x_8 分别为标准化的 Cu 含量、Fe 含量、Mn 含量、Zn 含量、Ca 含量、Mg 含量、P 含量和 K 含量。以各个主成分对应的方差贡献率为权重，由主成分得分和对应的权重线性加权

求和得到综合评价函数。

$Z = 63.995\% y_1 + 32.011\% y_2$ 。

根据主成分得分综合模型，计算得出 2 个品种 2 种栽培方式番茄的 8 种矿质元素含量的综合得分和排序，结果见表 4，得分由高到低依次为 T2 > T1 > T4 > T3。

3 讨论与结论

本试验研究了不同基质栽培方式对不同番茄品种矿质元素含量的影响，通过研究发现，不同栽培方式对番茄果实矿物质含量有显著影响。矿质元素是番茄生长发育必不可少的物质，矿质元素参与植株的信号传导，作为酶的组成成分或激活剂，调节植物的生长，在各种代谢、生理生化反应中起着至关重要的作用^[18-20]。人体中的各种微量元素存在人体的血液中，各种矿质元素在生物体中都有着特有的作用，如果缺少了某种微量元素，会导致人体发育不正常^[21]，而人体所需的微量元素大都通过饮食摄入，因此研究如何提高番茄矿质元素的含量很有必要。

番茄的生长受温光水肥气的影响，而槽式栽培与袋式栽培主要区别在于根系环境的不同，从而在果实矿物质含量上表现出差异。粉太郎和 181 番茄品种槽式栽培较袋式栽培相比，Cu、Fe、Mn、Zn、Ca、Mg、P、K 含量有不同程度的提高。本试验中 181 和粉太郎在 2 种栽培方式下均表现出槽式栽培的矿质元素含量高于袋式栽培的现象，这可能是由于 2 种不同栽培方式下番茄根系所处的环境不同。植物的生长发育状况直接取决于根系的生长状况，而植物所处的土壤环境则直接影响根系对养分的积累及自身呼吸^[22]。土壤水分、紧实都对作物根系的生

长产生较大的影响^[23]。有研究表明,根系受到低温或高温胁迫时,地上部叶片的生长、光合作用等均会受到不同程度的抑制^[24],栽培基质的通气状况也会影响番茄根系的生长状况,由于植物对矿质元素的吸收主要是主动运输过程,所以温度和氧气的高低都会影响着根系对矿质元素的吸收^[25-26]。由于 2 种栽培方式的差异,空气、热交换能力不同,可能导致番茄根系温度、通气状况存在一定差异,袋式栽培不利于散热,根系相对较弱,四周被基质袋包裹,通气能力差,根系环境差,某些微生物及酶活性受到抑制^[27-28],而槽式栽培基质温度变化幅度小,基质与空气接触面大,通气能力强,根系呼吸作用较强,植株养分积累状况好,这与王艳芳等的研究结果^[29]一致。主成分分析是利用正交变换来对一系列可能相关的变量的观测值进行线性变换,从而投影为一系列线性不相关变量的值,这些不相关变量称为主成分,本试验以累计贡献率大于 95.996% 的 2 个主成分对 2 种番茄 2 种栽培方式下 8 种矿质元素含量进行综合比较,得出综合排名依次为 T2 > T1 > T4 > T3,由此可见,在日光温室无土栽培番茄栽培方式的选择上,选用槽式栽培方式更有利于培育高品质番茄。

综上所述,槽式栽培番茄在果实各矿质元素含量方面较袋式栽培番茄更具有优势,主成分分析也显示槽式栽培番茄 8 种矿质元素含量综合品质较优,因此,在日光温室基质栽培条件下选用槽式栽培更有利于番茄品质的提高。

参考文献:

- [1] 孟彩霞. 不同无土栽培方式对观赏樱桃番茄生长及其果实品质影响的研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2011:1-2.
- [2] 王 鹏,王 净,刘社平,等. 不同有机基质配比对番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,45(5): 211-213.
- [3] 聂 俊,吕 娜,李艳红,等. 不同栽培方式对番茄产量及品质的影响[J]. 广东农业科学,2018,45(6):25-29.
- [4] Sangwanangkul P, Bae Y S, Lee J S, et al. Short-term pretreatment with high CO₂ alters organic acids and improves cherry tomato quality during storage[J]. Horticulture Environment and Biotechnology, 2017,58(2):127-135.
- [5] 侯伟娜,刘 旭,何 翠,等. 不同水肥处理对日光温室番茄品质及产量的影响[J]. 河南农业大学学报,2014,48(1):25-28.
- [6] Hernández S M, Rodríguez E M, Díaz R C. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes[J]. Food Chemistry, 2007, 104(2):489-499.
- [7] 段彦丹,樊力强,吴志刚,等. 蔬菜无土栽培现状及发展前景[J]. 北方园艺,2008(8):63-65.
- [8] 徐国高,周立祥,常志州,等. 基质对番茄和黄瓜苗期生长及病害发生的影响[J]. 江苏农业科学,2006(1):69-72.
- [9] 李 晔,孙周平,李天来. 我国设施园艺产业发展对策探讨[J]. 北方园艺,2007(7):80-82.
- [10] 杨若鹏,李令福,李 杰. 蛭石引发对盐胁迫下番茄种子萌发、幼苗生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(4): 135-139.
- [11] 周艺敏,程 奕,孟昭芳,等. 不同营养液及基质对黄瓜产量和品质的影响[J]. 华北农学报,2002,17(1):82-87.
- [12] 刘艳伟,吴景贵. 有机栽培基质的研究现状与展望[J]. 北方园艺,2011(10):172-176.
- [13] 陈子敬,宁 康,徐 强,等. 替代基质对芹菜育苗的影响[J]. 长江蔬菜,2016(18):20-23.
- [14] 赵 浩,乔 侨,张瑞芳,等. 蚯蚓粪代替草炭对油菜产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2017(10):6-11.
- [15] 刘士哲. 现代实用无土栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社, 2001:11-23.
- [16] 刘 伟,余宏军,蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):4-7.
- [17] 张 辉,唐 杰. 原子吸收光谱法测定蔬菜中的铁、锰、铜、铅和镉[J]. 光谱实验室,2011,28(1):72-74.
- [18] 李 鑫. 矿质元素调控烟草抗 PVY-N 生理生化及分子机制研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2009:6-12.
- [19] 李世莹,岳艳军,冯梦喜,等. 多元中微量元素对番茄生长发育及产量的影响[J]. 农学学报,2018,8(8):27-31.
- [20] 庄志坤,杨重军,于守超,等. 微量元素对番茄种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2008(11):13-16.
- [21] 赵晓娟. 人体必需矿物质与营养强化剂[J]. 广州化工,2011, 39(5):29-30,47.
- [22] 杨再强,邱译萱,刘朝霞,等. 土壤水分胁迫对设施番茄根系及地上部生长的影响[J]. 生态学报,2016,36(3):748-757.
- [23] 李 娟,田 萍,李建设,等. 微咸水灌溉方式对不同生育期设施番茄矿质元素含量的影响[J]. 华北农学报,2017,32(2): 200-210.
- [24] Bhattarai S P, Midmore D J, Pendergast L. Yield, water-use efficiencies and root distribution of soybean, chickpea and pumpkin under different subsurface drip irrigation depths and oxygenation treatments in vertisols[J]. Irrigation Science, 2008,26(5):439.
- [25] Klepper B. Crop root system response to irrigation[J]. Irrigation Science, 1991,12(3):105-108.
- [26] Kaur G, Asthir B. Molecular responses to drought stress in plants[J]. Biologia Plantarum, 2017,61(2):201-209.
- [27] 甲宗霞,牛文全,张 璇,等. 根际通气对盆栽番茄生长及水分利用率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(6):18-24.
- [28] 祁 琳,柏新富,牛玮浩,等. 根际通气状况对盐胁迫下棉花幼苗生长的影响[J]. 植物学报,2016,51(1):16-23.
- [29] 王艳芳,张海芳,贾宝弟,等. 日光温室条件下不同番茄椰糠栽培方式比较试验[J]. 蔬菜,2017(12):66-70.