

微咸水滴灌对滨海区基质栽培番茄生长及品质的影响

张国新, 姚玉涛, 丁守鹏, 孙叶烁, 邢春强 (河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063200)

摘要 [目的]研究基质栽培条件下微咸水滴灌对番茄生长、产量及品质的影响,旨在为基质栽培番茄的微咸水提质增效利用提供数据支撑。[方法]采用槽式基质栽培形式,共设置3个水处理浓度,即0.3(T_1 , CK)、3.0(T_2)、5.0 g/L(T_3),在番茄开花至拉秧期间滴灌处理,进行株高、根干鲜重、产量等指标及可溶性固形物、 V_c 、有机酸、番茄红素、芳香成分等品质指标分析。[结果]处理5 d内, T_1 、 T_2 处理株高增长量大体相同,但 T_3 处理株高增长量明显降低; T_2 、 T_3 处理根干重、根鲜重显著低于 T_1 处理($P<0.05$), T_2 、 T_3 处理间差异不显著;随着微咸水浓度的增加,番茄产量逐渐降低, T_2 、 T_3 处理分别较 T_1 处理降低45.2%和60.8%,差异达到显著水平;可溶性固形物、有机酸、番茄红素含量随着咸水浓度的增加而逐渐升高,其中可溶性固形物、有机酸含量的增加幅度较大, T_2 、 T_3 处理分别较 T_1 处理增加22.9%、54.8%和28.6%、97.2%,3个处理间差异均达到显著水平,而 V_c 含量呈现先增加后减小的变化趋势; T_1 、 T_2 、 T_3 处理分别检测出36、34和29种香气成分,3个处理中2-异丁基噻唑含量最高,且随着微咸水浓度的升高,2-异丁基噻唑含量明显增加。[结论]微咸水灌溉可以显著提升品质,但开花至拉秧期间持续灌溉就会大幅度降低番茄产量,基质栽培中应注重低浓度微咸水的利用,灌溉制度有待进一步研究。

关键词 微咸水;番茄;基质栽培;生长;品质

中图分类号 S 275.6

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)16-0200-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.16.054

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Brackish Water Drip Irrigation on the Growth and Quality of Tomato Grown in Substrate Cultivation in Coastal Area

ZHANG Guo-xin, YAO Yu-tao, DING Shou-peng et al (Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan, Hebei 063200)

Abstract [Objective] The effects of brackish water drip irrigation on the growth, yield and quality of tomato under substrate culture were studied, in order to provide data supports for the efficient utilization of brackish water in the substrate cultivation of tomato. [Method] Using trough substrate cultivation method, three water treatment concentrations were set up, including T_1 (0.3 g/L) (control), T_2 (3.0 g/L), T_3 (5.0 g/L). Irrigation was carried out from the tomato blooms to the seedling stage. The plant height, root dry and fresh weight, yield, soluble solids, V_c , organic acid, lycopene, aromatic components and other quality indices were measured and analyzed. [Result] Within 5 days, the plant height growth of T_1 and T_2 treatments was roughly the same, but that of T_3 treatment was significantly reduced. The dry and fresh root weight of T_2 and T_3 treatments were significantly lower than those of T_1 treatment, and there was no significant difference between T_2 and T_3 treatments. With the concentration increase of brackish water, the yield of tomato gradually decreased, the yield of tomato in T_2 and T_3 treatments decreased by 45.2% and 60.8% respectively compared with T_1 treatment, with significant difference. The content of soluble solids, organic acids, and lycopene gradually increased with the increase of salt water concentration, and soluble solids and organic acids increased by a large extent. The content of soluble solids and organic acids in T_2 and T_3 treatments increased by 22.9%, 54.8% and 28.6%, 97.2% respectively compared with T_1 treatment, and there was significant difference among three treatments. V_c content showed a trend of first increasing and then decreasing. 36, 34 and 29 kinds of aroma components were detected in T_1 , T_2 , and T_3 treatments respectively. The relative content of 2-isobutylthiazole was the highest in the three treatments, and its content increased sharply as the concentration of brackish water increased. [Conclusion] Irrigation with brackish water could significantly improve the quality, but continuous irrigation from flowering to pull seedlings would greatly reduce the yield. In substrate cultivation, the use of lower concentration of brackish water should be emphasized, and the irrigation method needed to be further studied.

Key words Brackish water; Tomato; Substrate cultivation; Growth; Quality

咸水是我国重要的非常规水资源。我国地下可开采利用微咸水(2~5 g/L)资源为130亿 m^3 ,主要分布在华北、西北以及沿海区^[1-2]。环渤海区作为我国淡水较匮乏区,盐碱地资源丰富,如何利用地下咸水进行农业生产是解决淡水资源短缺的有效途径。

蔬菜基质栽培是无土栽培主要形式^[3],我国近些年在多种蔬菜上已开展基质配方、肥料运用等研究及应用^[4-6]。微咸水作为特色水资源,在玉米、小麦等大田作物上应用已有几十年的历史^[7],由于适度微咸水灌溉可以提升蔬菜品质^[8-12],其在蔬菜上如何利用也逐渐得到人们重视。番茄是我国种植面积最大的蔬菜,其耐盐性较强,目前已经开展了土培模式下微咸水对番茄的影响研究^[13-14],但在基质栽培条

件下微咸水对番茄生长及品质的影响研究鲜见报道。笔者利用不同浓度微咸水,在基质栽培番茄开花后持续灌溉,研究其对番茄生长、产量及品质的影响,旨在为基质栽培番茄的微咸水提质增效利用提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计 试验区位于唐山曹妃甸生态新城,地点为河北省农林科学院滨海农业研究所滨海重盐碱区高效利用示范基地,试验于2019—2020年在基地设施温室进行。番茄品种为“金棚1号”,2019年7月24日育苗,8月30日移栽,槽式基质栽培,基质槽为地下挖沟式,南北沟长5.5 m,沟宽40 cm,沟深20 cm,沟距80 cm,沟略北高南低,有利于排水。沟底铺塑料纸,隔开土壤,沟内铺满基质(草炭、蛭石体积比为2:1),番茄双行交错栽植,行距20 cm,株距30 cm,按种植行铺设直径16 mm滴灌管,滴头间距30 cm,滴头流量2.0 L/h,滴头尽量靠近番茄苗根部。

试验共设置3个处理浓度,即0.3(T_1)、3.0(T_2)、5.0 g/L

基金项目 河北省重点研发计划项目“滨海盐碱区设施番茄咸水提质生产及安全利用关键技术研究”(20326910D)。

作者简介 张国新(1971—),男,河北青龙人,研究员,从事盐碱地高效利用及耐盐蔬菜高质栽培技术研究。

收稿日期 2020-12-02

(T_3),其中 T_1 为淡水对照,每畦沟为 1 个处理,3 次重复。 T_2 、 T_3 处理利用海盐与淡水进行调配,采用桶式重力滴灌方法,立式水桶底部距地面 2.0 m,桶容量 280 L,每 3 d 1 次,每次浇水 30 min,开花前(9 月 23 日前)全部处理进行淡水浇灌,开花至采收结束开始进行不同处理盐分胁迫,花期后随浇水每 6 d 按 3 g/株施入水溶肥(氮、磷、钾比例为 20:10:10),果期按 3 g/株施入水溶肥(氮、磷、钾比例为 12:6:40),四穗果打顶。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 生长及产量指标。每畦定 3 株苗,进行株高及根重等生长指标调查。株高使用直尺测量茎基部到生长点的高度,株高生长量为微咸水处理后开始每 5 d 测定株高的差值;在拉秧后测量每株根系干鲜重;每个小区单独测定产量,进行小区产量调查。

1.2.2 品质指标。在盛果期采集果实样品,每小区选取成熟相对一致的第二穗果果实 8 个(去掉两端植株),采用四分法留样,打成匀浆待测。测定指标包括可溶性固形物、 V_c 、可溶性糖、有机酸、番茄红素的含量。其中,可溶性固形物含量使用手持式测糖仪测定,可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定,可滴定酸(总酸)采用碱液滴定法测定, V_c 含量采用二氯酚靛酚滴定法测定,芳香成分含量采用质谱联用仪进行测定。

1.3 数据统计与分析 试验数据先用 Excel 软件进行处理,再使用 DPS 软件进行方差分析及显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度微咸水对番茄生长指标的影响 试验处理开始时间为 9 月 25 日,此时开始开花,通过浇水后每 5 d 株高生长量比较发现,在第一个 5 d 内,3 个处理番茄株高生长量为 13.9~14.3 cm,变幅不大;第 2 个 5 d 内, T_2 和 T_1 处理无明显变化,但 T_3 处理较 T_1 、 T_2 处理降低了 15%以上,此后随着胁迫时间的延长, T_2 、 T_3 处理株高生长量均低于 T_1 处理;处理 25 d 后, T_2 处理株高生长量有升高趋势;从打顶时植株高度来看,随着微咸水处理浓度的增加,番茄株高逐渐降低, T_1 、 T_2 处理间差异不显著,与 T_3 处理差异达显著水平(图 1)。

根系是植株直接吸收及供给水分及营养的器官,反映植株生长状况。从图 2 可以看出, T_2 、 T_3 处理根鲜重均明显低于 T_1 处理,分别较 T_1 处理低 26.8%和 34.8%,差异达显著水

平($P<0.05$); T_2 、 T_3 处理根干重也均低于 T_1 处理,分别较 T_1 处理低 22.1%和 27.6%,差异达显著水平, T_2 、 T_3 处理间差异不显著($P>0.05$)。

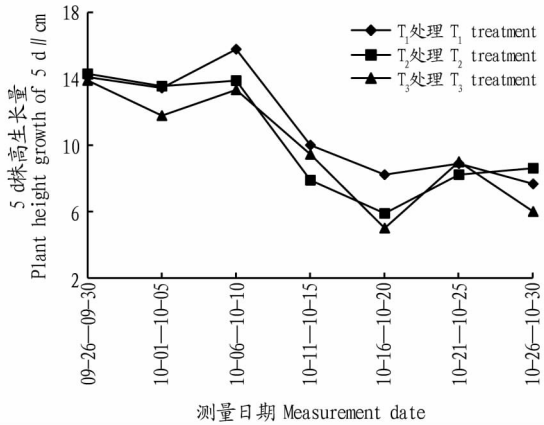
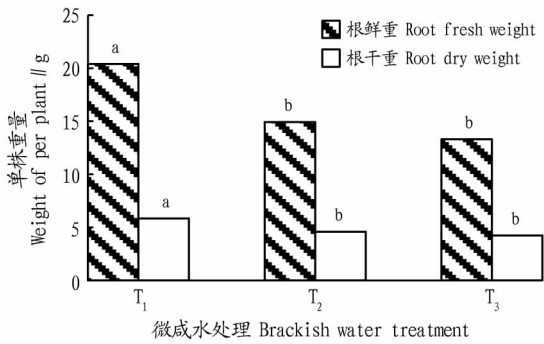


图 1 微咸水胁迫对番茄株高生长量的影响
Fig.1 The effects of brackish water stress on the plant height growth of tomato



注:同一指标不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different small letters among different treatments indicated significant difference of the same index($P<0.05$)

图 2 不同微咸水处理下根生物量的变化
Fig.2 The changes of root biomass under different brackish water treatments

2.2 不同浓度微咸水对番茄品质及产量的影响 从表 1 可以看出,不同浓度微咸水胁迫对番茄品质及产量具有较大影响,可溶性固形物、有机酸、番茄红素含量随着咸水浓度的增加而逐渐升高,其中可溶性固形物、有机酸含量的增加幅度较

表 1 不同浓度微咸水对番茄品质及产量的影响
Table 1 Effects of different concentrations of brackish water on the quality and yield of tomato

处理 Treatment	可溶性固形物 Soluble solids//%	维生素 C Vitamin C//mg/kg	有机酸 Organic acid//%	番茄红素 Lycopene//mg/kg	小区产量 Plot yield//kg
T_1	7.34±0.74 c	194.2±10.6 b	0.469±0.053 c	1.848 7±0.106 7 c	35.83±1.78 a
T_2	9.02±0.19 b	241.4±5.9 a	0.603±0.050 b	2.116 8±0.096 9 b	19.65±1.45 b
T_3	11.36±0.59 a	211.5±12.3 b	0.925±0.071 a	2.388 5±0.154 7 a	14.06±1.12 b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

大, T_2 、 T_3 处理分别较 T_1 处理增加 22.9%、54.8%和 28.6%、97.2%,3 个处理间差异均达到显著水平; T_2 、 T_3 处理 V_c 含量均高于 T_1 处理,其中以 T_2 处理最高,较 T_1 处理高 24.3%,差

异达显著水平, T_3 与 T_1 处理差异不显著。微咸水对番茄产量的影响明显,番茄产量随着微咸水浓度的增加而逐渐降低, T_2 、 T_3 处理分别较 T_1 处理降低 45.2%和 60.8%,差异达显

著水平。

2.3 不同浓度微咸水对番茄芳香物质的影响 蔬菜的风味是由其含有的不同芳香物质所决定的;蔬菜中的芳香物质是由不同挥发性物质组成的混合物,主要包括醇类、醛类、酮类、萜类和酯类以及含硫化合物等^[15]。由表 2 可知,不同咸水处理浓度下番茄的挥发性芳香物质的种类和含量有很大的差异。在所有处理中共检测出 51 种挥发性芳香成分,主要包括各种醇类、醛类、酯类等化合物;在 T₁、T₂、T₃ 3 个处理下,分别检测出 36、33 和 30 种,3 个处理均具有的共 19 种。

表 2 不同咸水处理芳香物质种类及相对含量的比较
Table 2 The comparison of the kinds and relative content of aromatic substances among different salt water treatments %

处理 Treatment	2,2-二 氟乙醇	乙醇	己醇	叶醇	正辛醇	1-壬醇	异戊醇	丙醇	乙醛	异戊醛	己醛	正辛醛	壬醛
T ₁	1.47	2.48	3.42	4.65	0.32	0.47	0.15		0.16	0.15	14.88	0.57	1.83
T ₂	1.33		4.94	7.41	0.24		0.23		0.20	0.48	12.45	0.51	1.18
T ₃			1.62	4.10	0.28			0.79	0.19	0.53	7.17	0.85	2.20
处理 Treatment	(E,E)- 2,4-己 二烯醛	反-2- 辛烯醛	(E,E)- 2,4-庚二 烯醛	癸醛	苯甲醛	2-壬 烯醛	BETA- 环柠檬醛	柠檬醛	2,4-癸 二烯醛	反式-2- 戊烯醛	2-己 烯醛	庚醛	2-乙基 丙烯醛
T ₁	0.16	0.58	0.23	0.71	0.25	0.18	0.31	1.42	0.31		24.33		
T ₂		0.75	0.35	0.64	0.43		0.36			0.57	26.60	0.31	
T ₃		0.30	0.20	1.14	0.46		0.28	0.90			25.67		0.66
处理 Treatment	(Z)-4- 癸烯醛	水杨酸 甲酯	乙酸叶 醇酯	氯甲酸酯	丙酮	1-戊烯- 3-酮	6-甲基 5-庚 烯酮	香叶基 丙酮	β-紫 罗兰酮	法尼基 丙酮	苯乙烯	1-硝 基戊烷	乙基 环己烷
T ₁		0.79				0.29	6.02	6.76	0.49	0.80	0.54	0.90	1.63
T ₂			0.20	0.14	0.28	0.56		5.18		0.73	0.62		
T ₃	0.36					0.73	5.53	3.29	0.38	0.60	1.08	1.69	
处理 Treatment	二氯 甲烷	萘	对二 甲苯	间二 甲苯	3-乙基- 3-己烯	柠檬烯	十七烷	2-乙基 呋喃	2-戊 基呋喃	2-异丁 基噻唑	愈创 木酚	丁酰胺	
T ₁		0.47									0.46		
T ₂	2.21	0.24	0.23	0.40	0.54			0.24	0.40	7.44		1.09	
T ₃	1.65			0.11		0.19	0.15		0.45	14.44 20.03			

3 结论与讨论

微咸水灌溉可以提升蔬菜品质,但同时蔬菜生长及产量也会产生一定的影响。冯棣等^[17]利用咸水进行基质栽培甜脆豌豆灌溉,研究发现甜脆豌豆的株高、地上部鲜/干物质质量均随灌溉水矿化度的增加而显著降低,可溶性蛋白量和可溶性糖量先增加后减少,得出灌溉水矿化度应不高于 2.6 g/L;江雪飞等^[18]通过不同生育期咸水灌溉砂培甜瓜发现,在不同生育时期 3 g/L 咸水处理对甜瓜产量均无显著影响,但 5、7、9 g/L 咸水处理的单果重均极显著低于对照,后期处理则能提高果实的品质;高若星等^[19]开展了灌溉水盐分对设施番茄的影响研究,结果表明盐分浓度 3.4 g/L 处理番茄生长指标有一定程度的增大,且品质好于其他处理,但产量有所降低。

该研究结果表明,在番茄开花至拉秧期间进行不同浓度咸水滴灌处理,5 g/L 咸水处理株高生长量明显减小,株高较对照显著降低,3 g/L 咸水处理较对照降低不显著;根系是番茄直接吸收水分器官,3、5 g/L 咸水处理均显著降低了根系生物量,这与随着灌溉次数的增加,咸水中的盐分在基质中累积有关。咸水利用的目的是不较大影响产量的情况下,提升蔬菜品质。该研究结果表明,随着咸水浓度的增加,可溶

所有 51 种化合物中以醛类为最多,达到 19 种,而 2-己烯醛在所有处理化合物中相对含量高。

从相对含量变化看,随着咸水浓度增加,乙醛、异戊醛、苯甲醛、2-己烯醛含量逐渐增加,但己醛含量变化正好相反;2-异丁基噻唑作为番茄的主要特殊风味赋予的关键香气化合物,相对含量较高,T₁、T₂、T₃ 处理分别为 7.44%、14.44%和 20.03%,其随着盐胁迫的加强,相对含量也显著增加,这与 Fallik 等^[16]番茄在 20 ℃及 99% N₂ 缺氧处理下该类物质研究结果相似。

性固形物、有机酸、番茄红素含量逐渐升高,V_c 含量呈现先增加后减小的变化趋势,有机酸、可溶性固形物含量较对照的增加幅度较大,尤其有机酸含量的增幅最大,T₂、T₃ 处理分别较 T₁ 处理增加 54.8%和 97.2%,这可能与酸作为植物重要代谢产物,应对各种胁迫起着重要作用,咸水浓度导致盐胁迫程度不同,从而影响番茄有机酸的代谢及累积有关。番茄的风味品质由其含有的不同芳香物质所决定,但果实的芳香特性是由几种特定的“特征效应化合物”所决定,随着处理浓度的增加,芳香化合物种类减少,而作为番茄的主要特殊风味赋予的香气化合物 2-异丁基噻唑,相对含量却随着咸水浓度升高而大幅增加,醛类作为 3 个处理中均具有最多的化合物物质,随着咸水浓度的升高,乙醛、异戊醛、苯甲醛、2-己烯醛含量均逐渐增加,但己醛含量变化正好相反,这可能与不同浓度微咸水胁迫影响了其形成的底物有关,微咸水胁迫对番茄芳香物质及其形成途径的影响有待深入研究。

该研究结果表明,微咸水灌溉可以提升番茄营养及口感品质,但由于基质较土壤的缓冲能力差,持续咸水灌溉后盐分更易累积,造成产量大幅度降低,在基质栽培中应注重较低浓度微咸水不同时期的利用,而咸淡水轮灌或混灌方式有

(下转第 213 页)

要从根本上解决这一问题,该研究认为需要县级政府出面规划和协调,从政策方面实现以下两点,以实现农牧跨区域融合发展:一是将繁育和育肥在时间和空间上分开,“繁育”和“育肥”分段、异地养殖。分别在草原面积大、撂荒地多的地区设置“牧区”,专门用于家畜的繁育;同时在城镇附近郊区,耕地面积较大的农区设置“育肥”场。利用局部地理位置的比较优势,在养殖生命周期内将其产业链人为分段:基础母牛在牧区繁育,待牛犊长成架子牛的时候运送到农区的育肥场育肥,实现两个生态系统的耦合,增加牲畜的出栏率,提高农牧民经济收入。二是大力调整种植业结构,将“粮-经”二元结构转变成“粮-经-饲”三元结构,实现粮草并重,藏粮于草,为先进养殖业的发展提供优质、充足、廉价的饲料资源保证。

参考文献

[1] 曾庆捷.从集中作战到常态推进:2020年后扶贫机制的长效化[J].中国农业大学学报(社会科学版),2020,37(3):101-109.

[2] 任智慧,刘俊盈,赵运良.基于乡村振兴目标导向的畜牧业发展模式探讨[J].家畜生态学报,2019,40(11):83-85.

[3] 杨凯丽,方热军.试论畜牧业在精准扶贫中的地位与作用[J].安徽农业科学,2017,45(30):215-217.

[4] 李新一,尹晓飞,李平,等.论畜牧业与乡村振兴战略的辩证关系[J].黑龙江畜牧兽医,2020(16):11-15.

[5] 王新友,王旭强,白美婷,等.林缘山区生态肉牛养殖扶贫的优势、困境

与对策:基于甘肃省3个村的精准扶贫调查[J].中国牛业科学,2018,44(4):61-64.

[6] 方精云,白永飞,李凌浩,等.我国草原牧区可持续发展的科学基础与实践[J].科学通报,2016,61(2):155-164,133.

[7] 白永飞,王扬.长期生态研究和试验示范为草原生态保护和畜牧业可持续发展提供科技支撑[J].中国科学院院刊,2017,32(8):910-916.

[8] WANG Z,DENG X Z,SONG W,et al.What is the main cause of grassland degradation? A case study of grassland ecosystem service in the middle-south Inner Mongolia[J].Catena,2017,150:100-107.

[9] 陆娜娜,熊康宁,杭红涛,等.我国草地畜牧业研究现状、问题及对策分析[J].中国饲料,2019(23):110-115.

[10] 任继周,梁天刚,林慧龙,等.草地对全球气候变化的响应及其碳汇潜势研究[J].草业学报,2011,20(2):1-22.

[11] MACE R.Overgrazing overstated[J].Nature,1991,349(6307):280-281.

[12] 白永飞,玉柱,杨青川,等.人工草地生产力和稳定性的调控机理研究:问题、进展与展望[J].科学通报,2018,63(21):511-520.

[13] LAGRANGE S,BEAUCHEMIN K A,MACADAM J,et al.Grazing diverse combinations of tanniferous and non-tanniferous legumes:Implications for beef cattle performance and environmental impact[J].Science of the total environment,2020,746:1-59.

[14] 于振田.改良撂荒地 播种老芒麦 建立人工草地试验[J].草与畜杂志,1986,6(5):8-11.

[15] 仇焕广,张崇尚,刘乐,等.我国草原管理制度演变及社区治理机制创新[J].经济社会体制比较,2020(3):48-56.

[16] 徐敏云,高立杰,李运起.草地载畜量研究进展:参数和计算方法[J].草业学报,2014,23(4):311-321.

[17] 刘延斌,张典业,张永超,等.不同管理措施下高寒退化草地恢复效果评估[J].农业工程学报,2016,32(24):268-275.

[18] 贾玉山,侯美玲,格根图.中国草产品加工技术展望[J].草业与畜牧,2016(1):1-6.

(上接第202页)

待进一步研究。

参考文献

[1] 马中昇,谭军利,魏童.中国微咸水利用的地区和作物适应性研究进展[J].灌溉排水学报,2019,38(3):70-75.

[2] 徐秉信,李如意,武东波,等.微咸水的利用现状和研究进展[J].安徽农业科学,2013,41(36):13914-13916,13981.

[3] 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.

[4] 赵俊杰,尹德兴,李英.设施水果黄瓜有机基质袋式栽培技术[J].长江蔬菜,2020(1):36-38.

[5] 王保平,周静,史向远,等.不同配比基质对设施甜瓜生长和产量的影响[J].山西农业科学,2019,47(12):2118-2121,2212.

[6] 李向泉.设施基质槽式栽培下不同有机肥及用量对番茄生长特性的影响[J].北方园艺,2018(4):91-95.

[7] 王辉.我国微咸水灌溉研究进展[J].节水灌溉,2016(6):59-63.

[8] 姚玉涛,张国新,刘雅辉,等.微咸水胁迫对松花菜生理品质指标及水分利用效率的影响[J].北方园艺,2019(3):55-59.

[9] 李荣,陈琳,费良军.微咸水膜下滴灌对温室乳瓜产量及品质的影响特性研究[J].地下水,2019,41(1):72-75.

[10] DE PASCALE S,MAGGIO A,ORSINI F,et al.Growth response and radiation use efficiency in tomato exposed to short-term and long-term salin-

ized soils[J].Scientia horticulturae,2015,189:139-149.

[11] VAN DE WAL B A E,VAN MEULEBROEK L,STEPPE K.Application of drought and salt stress can improve tomato fruit quality without jeopardising production[J].Acta horticulturae,2017,1170:729-736.

[12] 雷廷武,肖娟,王建平,等.地下咸水滴灌对内蒙古河套地区蜜瓜用水效率和产量品质影响的试验研究[J].农业工程学报,2003,19(2):80-84.

[13] 翟红梅,冯俊霞,韩伟,等.微咸水富氧灌溉对番茄生长、品质及土壤微生物的影响[J].江苏农业科学,2017,45(12):85-88.

[14] 吴蕴玉,金星,徐元,等.秸秆覆盖条件下微咸水灌溉对番茄生长和产量品质的影响[J].节水灌溉,2015(7):21-24.

[15] 刘春香,何启伟,付明清.番茄、黄瓜的风味物质及研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2003,34(2):193-198.

[16] FALLIK E,ALKALAI-TUVIA S,SHALOM Y,et al.Tomato flavor and aroma quality as affected by a short anoxia treatment[J].Acta horticulturae,2005,682:437-444.

[17] 冯隼,朱玉宁,周婷,等.咸水灌溉对基质栽培甜脆豌豆生长及营养品质的影响[J].灌溉排水学报,2020,39(2):27-31.

[18] 江雪飞,乔飞,邹志荣.不同生育期咸水灌溉对砂培甜瓜产量和品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(10):87-90.

[19] 高若星,郭文忠,韩启彪,等.灌溉水盐分对设施番茄生长、产量及品质的影响[J].北方园艺,2018(19):65-70.