

复混基质理化特性及其对南疆日光温室番茄生长的影响

杨海俊, 姚文英, 彭翠兰, 王应梅, 杜红斌*

(塔里木大学植物科学学院, 南疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室, 新疆阿拉尔 843300)

摘要 为了探究一种适宜南疆日光温室蔬菜栽培的复混基质。以蛭石、粗砂、树叶、菇渣、锯末 5 种材料为试材, 按不同体积比设置 10 种配方, 以粗砂基质为对照, 进行番茄栽培试验, 通过对基质的理化性质、根区环境参数(温度、湿度)和番茄生长、生物量指标的测定。结果表明, 与 CK 相比, 10 个复混处理基质的理化性质均优于 CK, T4 与 T6 处理表现最佳; 根区温度 T6 表现最优, 较 CK 提高了 2.38 °C; T8 保水能力最好, 平均含水量较 CK 提高了 11.58%; 植株生物量综合表现最好的为 T6。综合对比认为, 复混基质因其相对理想的理化性质, 改善了根际生长环境, 有利于番茄根系的扩展延伸, 对番茄的生长有一定的促进作用。

关键词 基质栽培; 复混基质; 根区温度; 根区含水率

中图分类号 S626 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)10-0031-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.10.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Physicochemical Properties of Mixed Matrix and Its Effect on Tomato Growth in Solar Greenhouse in Southern Xinjiang

YANG Hai-jun, YAO Wen-ying, PENG Cui-lan et al (School of Plant Science, Tarim University, National and Local Joint Engineering Laboratory of High Efficiency and High Quality Cultivation and Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract In order to explore a compound matrix suitable for vegetable cultivation in solar greenhouse in Southern Xinjiang, vermiculite, coarse sand, leaves, mushroom residue and sawdust were used as test materials, 10 formulations were set according to different volume ratios, and the coarse sand matrix was used as control for tomato cultivation experiments. The physicochemical properties of the matrix, the environmental parameters (temperature and humidity) of the root zone, and the indexes of tomato growth and biomass were determined. The result showed that compared with CK, the physical and chemical properties of the 10 complex mixing matrices were superior to CK, and the T4 and T6 treatments had the best performance. The temperature in the root region was T6, which was 2.38 °C higher than that of CK. T8 had the best water retention capacity, and the average water content was 11.58% higher than CK. The best comprehensive performance of plant biomass was T6. The comprehensive comparison showed that the remixed matrix, due to its relatively ideal physical and chemical properties, improved the rhizosphere growth environment, facilitated the extension of tomato roots, and promoted the growth of tomato to some extent.

Key words Substrate culture; Mixed substrate; Root zone temperature; Root zone moisture content

基质栽培(substrate culture)是无土栽培的一种模式, 通过人工选取非土壤材料在隔绝土壤的条件下通过水肥一体化措施进行作物栽培^[1]。目前用农业废弃物(玉米秆、玉米芯、向日葵秆、菇渣、锯末、花生壳、椰子壳等)作为草炭、蛭石和珍珠岩等基质的替代物用作无土栽培基质已进入生产实用阶段, 从而大大降低了无土栽培基质的成本^[2], 这使基质栽培向自然条件恶劣的偏远地区推广成了可能, 尤其南疆地处天山山脉以南, 昆仑山以北, 地域面积广, 年平均降水量 100.8 mm, 年平均气温 13.2 °C, 平均日照时数 2 689.5 h^[3], 主要农事活动以环塔里木盆地绿洲开展农业为主, 独特的自然区位优势极有利于发展设施农业, 但该地区由于水资源匮乏、土壤盐碱普遍偏重, 尤其在多茬次种植后的土壤问题导致的减产现象严重, 因此日光温室基质栽培成为南疆设施农业长远发展的趋势。

目前关于复混基质栽培研究较多, 其中杨敬华等^[4]利用沼渣-沼液进行茄子栽培, 发现其能够促进茄子幼苗的生长发育, 提高茄子产量, 改善果实品质; 边三根等^[5]在老蔬菜基地大棚中用中药渣作基质进行番茄无土栽培, 发现其与常规

栽培比较, 番茄根系发达, 生长青秀, 无杂草, 病虫害发生轻, 果穗多, 结果多, 果型好, 产量高和效益好; 焦娟等^[6]利用稻壳、牛粪等配成的基质可以为番茄苗期生长提供丰富的养分, 栽培中结合滴灌进行水肥一体化供给技术, 节省了劳动力并减少了肥料的使用量; 姜玲^[7]使用椰糠基质栽培番茄, 表明椰糠基质对植株的生长发育有良好的影响, 在株高、茎粗、叶长、叶宽、叶片数和单果重量等方面, 椰糠基质栽培均优于蛭石基质栽培; 朱普生等^[8]研究发现腐熟甘草渣基质能显著提高番茄果实总糖、蛋白质和类黄酮的含量; 张云舒等^[9]研究表明蘑菇渣复合基质的容重、总孔隙度都在育苗基质适宜的范围之内, 蘑菇渣复合基质速效磷、速效钾的含量均明显高于传统基质, 速效氮含量也处于较高水平。综上所述, 有机材料配比的栽培基质优势突出, 有一定现实意义, 但就使用面积广、取材相对困难的区域使用单一基质会受到原材料体量限制, 因此使用多种材料复混形成的复混基质, 对单一材料的依赖性降低, 能通过改变不同配比满足不同作物对根系环境的需求, 还能在满足生产需求的情况下通过及时改变配比解决某一材料不足的问题。因此复混基质栽培生产所需的成本低、便于操作、稳定性好, 也可改善作物生长状况, 提高生产效率, 对南疆贫困地区发展设施农业有积极意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试番茄为山东泽汶种子有限公司生产品种“欧曼”。试验于 2019 年 3 月 5 日在新疆兵团第一师十团

基金项目 兵团重大科技计划资助项目(2016AA02)。

作者简介 杨海俊(1993—), 男, 新疆阿拉尔人, 硕士研究生, 研究方向: 设施果蔬高效生产与调控。* 通信作者, 副教授, 博士生导师, 从事无公害蔬菜及设施农业高效生产的教学与研究。

收稿日期 2019-10-31

七连温室基地进行,温室长 192 m,跨度 12 m,脊高 5 m;番茄 4 叶 1 心定植,单行种植,单干整枝,株间距 20 cm,各处理栽培过程中水肥管理及农艺措施均一致。

1.2 试验方法 采用随机区组设计,设 3 次重复,栽培槽采用下挖式,北高南低。槽长 11 m,底宽 0.3 m,槽口宽 0.35 m,北部深 0.2 m,中部深 0.25 m,南部深 0.3 m,槽心的间距为 1.4 m,底部槽心线开 0.1 m 深沟,以供排除积水;在开好槽内平铺 0.1 mm 塑料薄膜,(膜规格:11.3 m×1.0 m),均匀填充复配基质,铺平基质,使基质略高于地平面;在填充好的基质槽中心线 2 m 间隔打孔,孔直径 1 cm,大水均匀浇透基质后以备定植。

将所选基质原材料按照表 1 进行均匀复配,填充于栽培槽内,一切准备工作就绪后,按照株距 20 cm 定植 4 叶 1 心番茄苗。

表 1 供试基质配比
Table 1 Test matrix ratio

处理 Treatment	基质组分 Matrix components	体积比 Volume ratio
CK	粗砂	10
T1	粗砂:菇渣:树叶:锯末	5:1:2:2
T2	粗砂:菇渣:树叶:锯末	5:1:3:1
T3	粗砂:菇渣:树叶:锯末	5:1:1:3
T4	粗砂:菇渣:树叶:锯末	5:2:2:1
T5	粗砂:菇渣:树叶:锯末	5:2:1:2
T6	粗砂:蛭石:菇渣:树叶:锯末	2.5:2.5:1:2:2
T7	粗砂:蛭石:菇渣:树叶:锯末	2.5:2.5:1:3:1
T8	粗砂:蛭石:菇渣:树叶:锯末	2.5:2.5:1:1:3
T9	粗砂:蛭石:菇渣:树叶:锯末	2.5:2.5:2:2:1
T10	粗砂:蛭石:菇渣:树叶:锯末	2.5:2.5:2:1:2

1.3 测定指标与方法

1.3.1 基质理化性质及根区环境指标。基质理化性质分别在定植 0 d、定植 120 d 2 次测定。原材料及复配后基质容重、总孔隙度按照郭世荣等^[10]原理,参照颌旭等^[11]的测定方法:取已知容积(V)的容器,称得质量为 W_1 ,将试材加入到容器中,加满水称重 W_2 ,并用纱布皮筋封口,置于水中一昼夜(24 h),取出后称重 W_3 ,并将纱布与皮筋称重 W_4 。并按如下公式计算:

$$\text{容重(BD)}(\text{g}/\text{cm}^3) = (W_2 - W_1) / V$$

$$\text{总孔隙度(TP)}(\%) = (W_3 - W_2 - W_4) \times 100 / V$$

基质(EC)采用雷磁 DDS-307 仪器测定,pH 采用雷磁 METLER TOLEO320 仪器测定。

根区温度、湿度使用北京凯安达仪器仪表有限公司生产多通道环境监测仪器进行监测,测点位于每处理行中部与栽培槽中线结合点,传感器探针插入根基 15 cm 范围 10 cm 深,监测间隔为 1 h,主要对 6 月 16 日 07:00—6 月 19 日 07:00 3 个灌溉周期进行截取分析。

1.3.2 番茄植株生长及生物量。使用卷尺测定株高,游标卡尺测定茎粗,分别在定植后 20、30、40、50、60 d 测定。在番茄进入采收期,每处理选取 9 株,把地上部与地下部分开,测定鲜重;在烘箱 105 °C 杀青 10 min,80 °C 恒温烘至恒重,测定

干重。

根幅宽度为根系自然展开平铺后的宽度,用卷尺测定。

$$\text{根冠比} = (\text{根部鲜重} / \text{地上部鲜重}) \times 100\%$$

1.4 数据处理 利用 Excel 2007 和 DPS 7.05 版软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同复混基质理化性质的变化

2.1.1 物理性质。容重和总孔隙度是基质满足栽培条件的重要性能指标。由表 2 可知,定植 0 d,所有处理容重均显著小于 CK,其中 T6 容重最小;所有处理总孔隙度均显著大于 CK,其中 T6 总孔隙度最大。定植 120 d,所有处理容重均显著小于 CK,其中 T6、T9 容重最小;所有处理总孔隙度均显著大于 CK,其中 T1、T6 总孔隙度最大。综合比较发现,CK、T1、T2 处理容重减小,其他处理容重均增加,T8 和 T10 变化最大,T2 变化最小,说明 T2 在所有处理中容重最稳定;所有处理总孔隙度都不同程度降低。

表 2 定植 120 d 内基质容重、总孔隙度的变化

Table 2 Changes of matrix bulk density and total porosity within 120 d of colonization

处理 Treatment	定植 0 d Engraftment 0 d		定植 120 d Engraftment 120 d	
	容重 Bulk density g/cm ³	总孔隙度 Total porosity %	容重 Bulk density g/cm ³	总孔隙度 Total porosity %
CK	1.81 a	38.78 e	1.48 a	29.67 f
T1	1.33 b	50.27 cd	1.11 e	46.33 a
T2	1.35 b	42.84 de	1.23 d	38.67 cd
T3	1.14 c	56.08 abc	1.29 c	39.33 c
T4	1.11 c	56.61 abc	1.38 b	34.47 e
T5	1.01 d	52.55 bcd	1.21 d	37.35 d
T6	0.63 g	68.36 a	1.04 f	46.64 a
T7	0.82 e	58.62 abc	1.15 e	39.33 c
T8	0.65 fg	63.09 ab	1.19 d	42.28 b
T9	0.71 f	60.59 abc	1.08 ef	38.33 cd
T10	0.67 fg	61.59 abc	1.21 d	37.67 cd

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

2.1.2 化学性质。由表 3 可知,定植 0 d,所有处理均呈弱碱性,与 CK 相比,除 T4 和 T9 外,其余处理均有显著性差异,其中 T10 处理的 pH 最高;所有处理的 EC 值均显著高于 CK,其中 T6 表现最好,比 CK 高 931 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。定植 120 d,基质仍呈弱碱性,T4、T5、T7、T9 与 CK 有显著性差异,其中 T7 处理 pH 最低;所有处理的 EC 值除 T9 外,其余处理均与 CK 呈显著性差异,其中 T6 的 EC 值最高。综合分析可得,定植 120 d 内基质 pH 均降低,其中 T7 变化幅度最大,超过了 CK 变化幅度 0.61,T4、T6 变化最小,2 次测量值相差仅为 0.33;所有处理和 CK 定植 120 d 时 EC 值较定植 0 d 时均升高,T4、T6 增量最多。

2.2 不同复混基质对番茄根区环境的影响

2.2.1 根区温度。不同复混基质对番茄根区温度影响较大,由图 1 和图 2 可知,6 月 17 日 07:00—10 月 19 日 07:00,不

表 3 定植 120 d 内基质 pH、电导率 (EC 值) 的变化

Table 3 Changes of pH and electrical conductivity (EC value) of the substrate within 120 d of colonization

处理 Treatment	定植 0 d Engraftment 0 d		定植 120 d Engraftment 120 d	
	pH	EC 值 μS/cm	pH	EC 值 μS/cm
CK	8.56 ef	25.75 h	8.03 cd	456.21 e
T1	8.76 d	74.35 f	8.03 cd	866.35 c
T2	8.90 c	112.35 d	8.08 bcd	797.57 c
T3	8.83 cd	66.22 g	8.13 bc	659.56 cde
T4	8.50 fg	125.65 c	8.16 b	1 120.52 b
T5	8.99 b	111.13 d	8.29 a	833.25 c
T6	8.44 g	157.15 a	8.11 bcd	1 369.45 a
T7	9.01 b	120.98 c	7.48 e	779.21 c
T8	8.89 c	88.87 e	7.99 d	688.59 cd
T9	8.59 e	145.47 b	8.33 a	505.53 de
T10	9.13 a	107.75 d	7.99 d	854.57 c

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

同处理番茄最低根区温度均出现在 10:30 左右, 最高根区温度均出现在 19:00 左右, T9 部分时段低于 CK, 其他所有处理的根区温度均高于 CK, 其中以 T6、T8 和处理的根区温度最高。综合分析, 复混基质能不同程度地提高番茄的根区温度, 配方为粗砂: 蛭石: 菇渣: 树叶: 锯末 = 2.52.5:1:2:2 时表现最好, 配方为粗砂: 蛭石: 菇渣: 树叶: 锯末 = 2.52.5:2:2:1 表现最差, 最高日平均温度较 CK 高 2.38 °C, 说明试验处理复混基质对根区温度有较大影响。

2.2.2 根区湿度。 根区含水率随时间变化是研究基质蓄水能力的关键因素。由图 3 可知, 基质含水率受灌水影响较大, 在 6 月 17 日 07:00—10 月 19 日 07:00 这段时间内含水率呈波峰状变化, 在 10:00 左右达到最小值, 12:00 左右达到最大值, 所有处理含水率均在所有时段高于 CK, T8、T10 表现最好, 比 CK 增加了 11.58%、6.56%, 说明复混基质吸水及保水能力强于 CK。

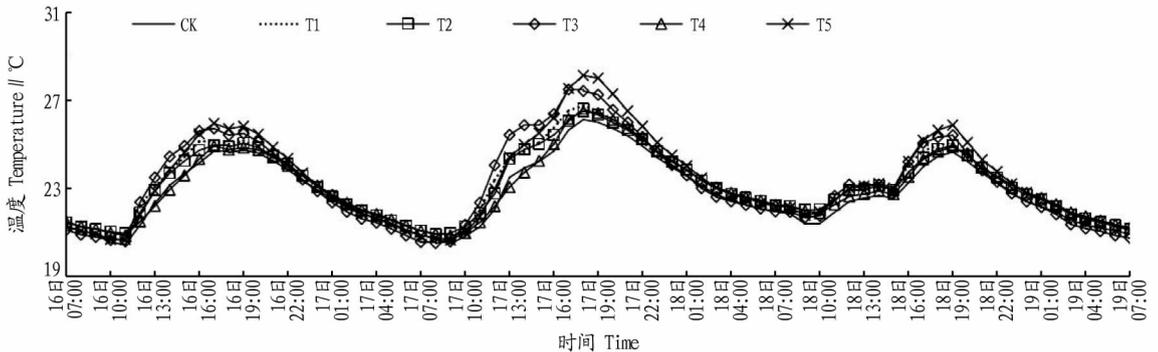


图 1 不同复混基质对番茄根区温度的影响 (T1~T5)

Fig.1 Effects of different complex mixtures on temperature in tomato root zone (T1~T5)

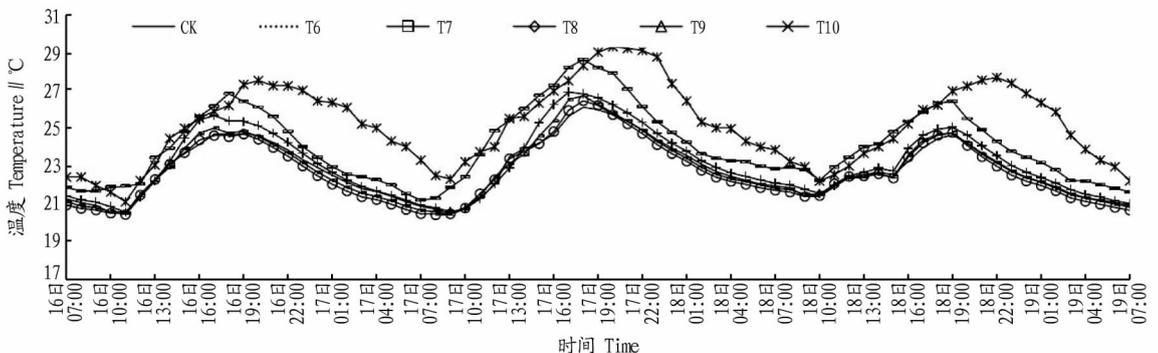


图 2 不同复混基质对番茄根区温度的影响 (T6~T10)

Fig.2 Effects of different mixed substrates on temperature in tomato root zone (T6~T10)

2.3 不同复混基质对番茄生长的影响

2.3.1 株高和茎粗。 由图 4 可知, 不同复混基质对番茄植株的生长影响差异较大, 所有处理中, 定植 60 d 内不同复混基质株高均随定植时间的延长而升高, 表现为“先快后慢”, 其中 CK 表现最为突出, 在定植 20~40 d CK 株高显著高于其他处理, 且长势优于其他处理, 但 50 d 后 CK 长势变缓, 并在 60 d 低于其他处理, 各处理在 30~50 d 差异很大, 由此可见, 复混基质对番茄定植 30~50 d 生长作用大。由图 5 可知, 茎粗随定植时间的延长不断变化, 0~30 d 时 CK 茎粗显著高于其他处理, 当定植 30 d 后茎粗增长势头明显变弱, 到定植

40 d 时 CK 茎粗小于除 T1、T10 其他处理, 到定植 60 d 时, 茎粗差异明显, T4、T9 表现最好。综上所述, 复混基质对株高、茎粗的影响相较于 CK 在 20~40 d 影响较小, 甚至弱于 CK, 40 d 后对茎粗影响较大。说明复混基质对番茄生长相对滞后。

2.3.2 番茄植株生物量。 由图 6 可知, 不同复混基质对番茄各器官生物量累积影响显著, T4、T6 处理番茄植株总鲜物质质量均显著高于 CK, 分别较 CK 提高了 29.37%、34.77%。其余处理高于 CK, 但与 CK 无显著差异。说明复混基质能促进作物对养分的吸收和转化。

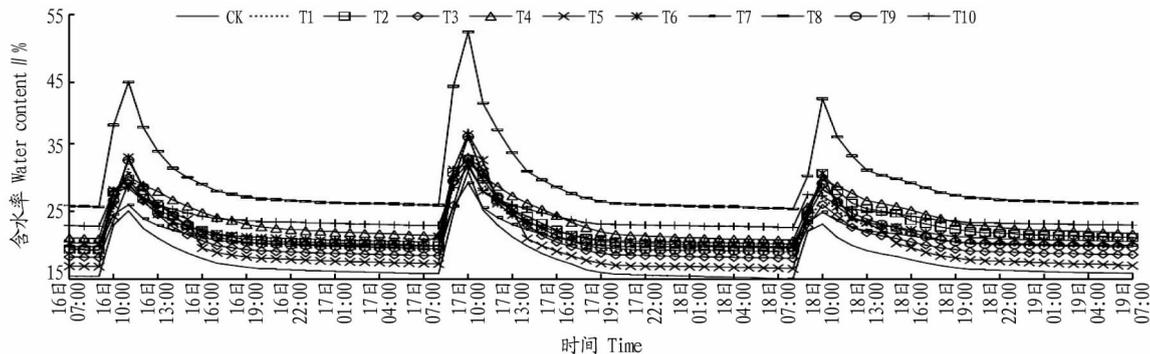


图3 不同复混基质对番茄根区含水率的影响

Fig.3 Effects of different mixed substrates on moisture content in tomato root region

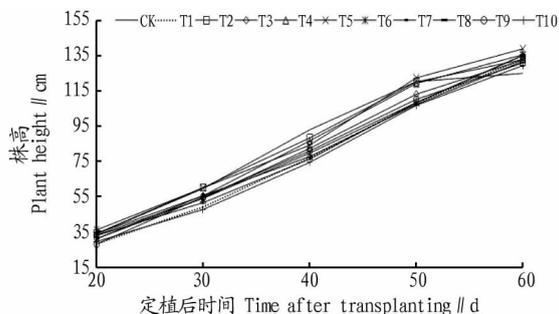


图4 不同复混基质对番茄株高的影响

Fig.4 Effects of different mixed substrates on plant height of tomato

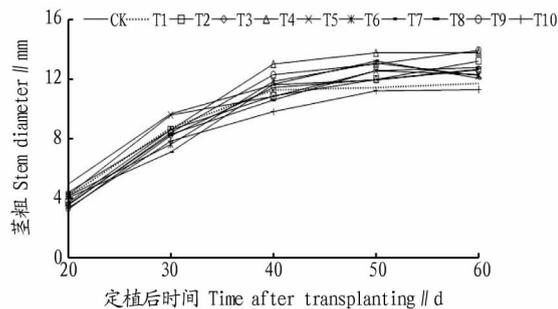
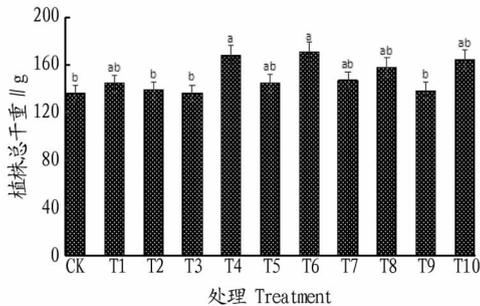


图5 不同复混基质对番茄茎粗的影响

Fig.5 Effects of different mixed substrates on stem diameter of tomato



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

图6 不同复混基质对番茄植株总干重的影响

Fig.6 Effects of different mixed substrates on total dry weight of tomato plants

2.3.3 番茄根幅、根冠比。根幅代表着根系在基质中的生长情况^[12],根冠比则表示植株整体生长的相关性^[13]。由表4可知,根幅宽度中CK除与T10无显著差异,与其他各处理差异均显著,且处于最低水平,表明复混基质通过改善根系环境,促进侧根扩散,从而提高根幅宽度。在根冠比中,不同处理复混基质与CK均有显著差异,具体表现为 $T5>CK>T2>T1>T6>T3>T4>T10>T7>T9>T8$,研究表明,根冠比一般受根区水分影响较大,水分含量高,促进地上部生长,而导致根冠比偏低,反之则会使根冠比偏高。结合图5,表明T8湿度高导致根冠比偏低,CK与T5湿度低而根冠比偏大。

表4 不同复混基质对番茄根幅和根冠比的影响

Table 4 Effects of different mixed substrates on root width and root shoot ratio of tomato

处理 Treatment	根幅 Root width//cm	根冠比 Root-shoot ratio//%
CK	54.23 c	5.30 b
T1	67.67 a	4.87 cd
T2	66.66 a	5.14 c
T3	62.74 abc	4.49 de
T4	66.83 a	4.41 e
T5	70.17 a	5.73 a
T6	68.55 a	4.53 de
T7	66.65 a	4.16 e
T8	63.83 ab	3.05 f
T9	62.33 abc	4.15 e
T10	57.11 bc	4.23 e

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

3 结论与讨论

南疆日光温室蔬菜生产中,以粗砂为基质进行栽培番茄,虽能有效隔绝土壤避免土壤盐碱危害,但粗砂容重大,孔隙度小,蓄水保肥能力弱,造成水资源的严重浪费,大大提高了生产经营成本。该研究针对粗砂基质的诸多问题,进行基质复混,对番茄定植0、120 d的理化性质、根区温度、含水率和番茄植株生长进行研究,结果显示复混基质能降低基质容重,提高孔隙度,T4、T6理化性质表现最好,主要表现在降低容重,增加孔隙度,pH前后变化最理想,EC变化最大;T4、T6根区温度最高,平均温度较CK提高了2.38℃,T8吸水及保水能力最好,平均含水量较CK提高了11.58%;T4、T6处理为植株根系提供较理想的生长环境以促进生长植株,主要表

现在提高番茄株高与茎粗,提高番茄植株总鲜重,根幅与根冠比表现也相对较好,尤其根冠比低于最高值,高于最低值,说明此配比复混基质能够使番茄地上部与地下部共同生长,利于植株养分吸收转化。

目前,复混基质在生产上应用较多,基质理化性状直接影响作物的生长发育。王娟等^[14]认为基质是决定作物根系生长环境的最主要因素,稳定良好的根际环境主要决定于基质理化性质。随着定植时间的延长复混基质容重变大、总孔隙度变小,pH 变小,EC 值变大,此研究与李斗争等^[15]的研究结果一致,刘晚荷等^[16]研究表明,土壤容重可反映土壤的紧实程度和孔隙状况,其大小可影响土壤机械阻力、含水量、通气性以及植物对水肥的利用率。复混基质由不同的原料混合而成,因此在温度、水、气、肥的协调方面要比单一基质强很多。根区环境作为验证基质栽培番茄根区环境的指标研究较少,李宗耕等^[17]研究表明,不同配比混合基质的持水能力存在较大差异,而含水量对温度变化具有较大影响。白登忠^[18]认为番茄根系为了尽可能供给冠层水分,根系不断的延伸生长以寻求利用更多的土壤空间,以增加根系总体积来应对水分亏缺对植物根系吸水能力的减弱。综上所述,该试验通过对根区环境的测定,对比根区温度、湿度差异,基质湿度高的处理温度变化差异相对较小,且最低温度明显高于湿度低的处理;根区湿度对根冠比也有较大影响。

参考文献

[1] 郑光华,罗斌.绿色食品蔬菜 21 世纪设施农业的主导产品[J].中国蔬

菜,1999(1):1-3.

- [2] 蒋卫杰,余宏军,刘伟.有机生态型无土栽培技术在我国迅猛发展[J].中国蔬菜,2000(S1):35-39.
- [3] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴 2017[M].北京:中国统计出版社,2017:185-190.
- [4] 杨敬华.沼渣、沼液在茄子无土栽培中的应用研究[D].保定:河北农业大学,2013.
- [5] 边三根,谢彦,龙秋生,等.药渣基质栽培番茄试验[J].安徽农学通报,2015,21(2):44-45.
- [6] 焦娟,谷端银,张艳艳,等.以稻壳为主要原料的早春茬番茄基质栽培技术研究[J].安徽农业科学,2018,46(8):68-69.
- [7] 姜玲.椰糠基质栽培番茄高产特性研究[D].福州:福建农林大学,2016.
- [8] 朱普生,崔金霞,孟岳,等.甘草渣基质栽培对番茄品质和类黄酮含量的影响[J].中国蔬菜,2018(5):48-50.
- [9] 张云舒,张殿宇,徐万里,等.蘑菇渣复合基质特性及对番茄幼苗生长的影响[J].西北农业学报,2008,17(3):242-245.
- [10] 郭世荣.无土栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:202-214,423-425.
- [11] 颜旭.日光温室番茄栽培基质配方筛选研究[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [12] 徐琨,李芳兰,苟水燕,等.岷江干旱河谷 25 种植物一年生植株根系功能性状及相互关系[J].生态学报,2012,32(1):215-225.
- [13] 龙安四,于分弟,陈勇,等.半免耕栽培对番茄生长的影响[J].中国蔬菜,2015(4):45-48.
- [14] 王娟,陈立新,刘力勇,等.不同复合基质理化性质对草莓产量的影响及其主成分分析[J].北方园艺,2018(20):52-57.
- [15] 李斗争,张志国.颗粒粒径对育苗基质孔隙特性的影响研究[J].北方园艺,2006(2):1-3.
- [16] 刘晚荷,何泳怡,谢海容,等.设施砂壤土容重对番茄幼苗生长和根系构型的影响[J].园艺学报,2015,42(7):1313-1320.
- [17] 李宗耕,杨其长,刘文科,等.日光温室起垄内嵌式栽培基质配比对甜椒根区温度和植株生长及产量的影响[J].中国农业大学学报,2019,24(1):100-107.
- [18] 白登忠.水分亏缺下番茄水分传输途径和根冠大小对蒸腾和 WUE 的调控[D].杨凌:西北农林科技大学,2003.

(上接第 20 页)

- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015:196.
- [3] 南京中医药大学.中药大辞典[M].上海:上海科学技术出版社,2006.
- [4] 王琦.郁金香的品种品质研究[D].成都:成都中医药大学,2005.
- [5] 张娜.郁金香种质资源初步评价及川郁金香优良种系初步筛选研究[D].成都:成都中医药大学,2008.
- [6] 翁金月,张春椿,陈茜茜,等.GC-MS 分析比较不同产地温郁金挥发油的化学组分[J].中华中医药学刊,2015,33(4):981-985.
- [7] 张娜,翁伟锋,黄淳,等.基于灰色关联度模型的引种郁金香质量评价[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(15):174-184.
- [8] 郑福勃,孙秀芹,金秀娟.浙南地区温郁金不同产区的物候期与品质比较[J].浙江农业科学,2019,60(5):823-824.
- [9] 陈康,刘德军,李敏,等.温郁金传统种植中存在的问题与分析[J].时珍国医国药,2007,18(11):2689-2691.
- [10] 陶正明,姜武,郑福勃,等.“温郁金 1 号”新品种选育[J].中国中药杂志,2014,39(20):3910-3914.
- [11] 任江剑,俞旭平,王志安.温郁金新品种“温郁金 2 号”的选育及品种特性[J].中国现代中药,2017,19(3):323-326,331.
- [12] 杨小多.温郁金组培快繁体系的建立及质量初步评价研究[D].成都:成都中医药大学,2011.
- [13] 吕德任,潘梅,戚华莎,等.温郁金组培苗移栽技术[J].中国园艺文摘,2013,29(9):155-156.
- [14] 吕德任,戚华莎,潘梅,等.温郁金茎尖离体培养研究[J].中国园艺文摘,2014,30(8):36-37,72.

- [15] 汪洪,蔡小军,于晓敏,等.温郁金脱毒组织培养技术研究[J].药物生物技术,2009,16(6):565-567.
- [16] 何寻阳,曹建华,卢玖桂.不同土壤环境对温郁金栽培的影响研究[J].中国生态农学报,2007,15(5):98-101.
- [17] 何寻阳,曹建华,李小芳,等.温郁金的石灰土栽培及其营养元素动态变化初步研究[J].中国岩溶,2007,26(1):49-54.
- [18] 叶佳,姜幸,程婷婷,等.土壤-温郁金体系中重金属的吸收富集研究[J].广东微量元素科学,2011,18(7):45-49.
- [19] 刘德军,李敏,李校盈,等.温郁金氮磷钾吸收和分配规律研究[J].现代中药研究与实践,2008(3):13-16.
- [20] 金进海,吴志刚,吴建克,等.温郁金配方施肥试验[J].农业科技通讯,2010(4):58-59.
- [21] 冷春鸿,徐杰,姜程曦,等传统产区温郁金连作的水肥管理技术研究[J].现代农业科学,2009,16(2):36-37.
- [22] 李茜.温郁金和蓬莪术的化感作用研究[D].福州:福建农林大学,2010.
- [23] 张钰苓,刘德军,李敏,等.温郁金不同药用部位的最佳采收期研究[J].现代中药研究与实践,2010,24(1):9-11.
- [24] 杨俊杰,李平,郝敏,等.中药材产地加工与炮制一体化的现代研究进展[J].中草药,2018,49(20):4726-4730.
- [25] 姜程曦,王晓慧,赵秋月,等.温莪术贮藏过程中质量稳定性研究[J].北方园艺,2009(11):208-211.
- [26] 李敏,卫莹芳.中药材 GAP 与栽培学[M].北京:中国中医药出版社,2006.
- [27] 吴志刚,陶正明,徐杰.温郁金 GAP 栽培技术标准操作规程[J].浙江农业科学,2008(2):165-167.