

袋培模式对设施番茄光合特性及生长的影响

周杨¹, 李涛^{1,2*}, 王虹云², 夏秀波², 姚建刚², 曹守军², 张丽莉², 尹国香²

(1. 烟台大学生命科学院, 山东烟台 264005; 2. 山东省烟台市农业科学研究院, 山东烟台 265500)

摘要 [目的]研究袋培模式对设施番茄光合特性及生长的影响。[方法]以番茄品种“烟粉207”为供试材料, 土壤栽培为对照, 研究了基质袋培模式对番茄光合特性及生长的影响。[结果]袋培模式下番茄的光合速率显著高于土壤栽培; 番茄成熟期提前, 前期产量增加了45.7%, 且品质有明显的提升。袋培模式下番茄的株高、茎粗、叶片数等生长指标低于对照土壤栽培。[结论]该研究为在土壤遭到严重破坏和盐碱地等地区进行番茄生产提供理论指导和技术支撑。

关键词 袋培; 生长; 光合作用; 影响

中图分类号 S641.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)15-0046-03

Effects of Bag Cultivation Mode on Growth and Photosynthetic Traits of Facility Tomatoes

ZHOU Yang¹, LI Tao^{1,2}, WANG Hong-yun¹ et al (1. College of Life Sciences, Yantai University, Yantai, Shandong 264005; 2. Yantai Academy of Agricultural Science, Yantai, Shandong 265500)

Abstract [Objective] To research the effects of bag cultivation mode on the growth and photosynthetic traits of facility tomatoes. [Method] With tomato cultivar Yanfen 207 as the test materials and soil cultivation as the control, we researched the effects of matrix bag mode on tomato photosynthetic characteristics. [Result] Under the bag cultivation mode, the photosynthetic rate was significantly higher than the soil cultivation. The mature stage of tomato was advanced, the yield in early stage enhanced by 45.7% and the quality was improved significantly. Under the bag cultivation mode, the plant height, stem width and leaf number of tomato were all lower than those of soil cultivation. [Conclusion] This research provided theoretical guidance and technical support for tomato production in severely damaged soils and saline-alkali land.

Key words Bag cultivation; Growth; Photosynthesis; Effect

基质袋式栽培是一种简易的无土栽培方式,是将农业废弃物发酵后按一定比例配成的复合基质装进栽培袋,然后将作物种植在栽培袋中的新型种植模式。目前,我国设施生产结构以日光温室和拱棚为主,而且经过多年的连续种植,土壤结构遭到破坏,病虫害发生严重,很多土壤已经不宜继续种植,而基质栽培具有可以不用土壤进行生长,大幅延长栽培设施使用寿命,同时也可以盐碱地等不适于蔬菜生长的地方进行蔬菜生产的优点^[1]。作为基质栽培方式之一的袋式基质栽培,还具有操作简便、成本低等独特优势。作为设施栽培的主要蔬菜,番茄在我国蔬菜生产中具有重要的作用。鉴于此,笔者研究了基质袋培对设施番茄光合特性和生长的影响,为在土壤遭到严重破坏和盐碱地等地区进行番茄生产提供理论指导和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试番茄品种为“烟粉207”,由山东省烟台市农业科学研究院选育。

1.2 试验设计 试验于2016年5—8月在烟台市农科院蔬菜所温室大棚内进行。以土壤栽培为对照CK,基质袋式栽培为处理T,试验小区土壤和袋培的基本肥力情况见表1。番茄品种“烟粉207”采用随机区组设计,每个处理3次重复,苗龄三叶一心时定植,小区面积为7.8 m²(1.2 m×6.5 m),按株行距30 cm×50 cm定植,种植密度为36株。供试品种4穗果后打顶,浇水施肥采用水肥一体化方式。按每形成1 000 kg番茄果实,植株需吸收N 2.54 kg、P 0.75 kg、K

4.35 kg确定化肥施用量,按目标产量112 500 kg/hm²番茄计算施肥量,计算方法参照如下公式:

$$\text{化肥施用量} = (\text{1.5倍番茄目标产量所需养分量} - \text{有机基质中的速效养分量}) / \text{化肥中养分吸收率}$$

式中,N为60%,P为30%,K为60%。追肥视天气与植株生长情况分多次进行,2个处理田间管理保持一致^[2]。

1.3 试验方法 2016年5月1日将供试番茄南北向双行定植,番茄定植开花后每15 d进行生长指标的测定,测量指标包括株高、茎粗、叶片数,每处理测6株,取其平均值。株高(从地面到生长点)用卷尺测量,茎粗(第4节)用游标卡尺测量,番茄果实产量测定于2016年7月18日开始进行,小区产量和单果重在每次采摘时均进行测定,最后累积计算产量。参照王鹏勃等^[3]方法在第三穗番茄成熟期,分别在每小区的前、中、后3个等距离点取样,然后选取大小和色泽基本一致的果实1 kg进行品质测定。每小区定植前采取“S”形取样法进行土壤取样,混合均匀后进行养分含量测定:有机质用重铬酸钾容量法稀释热法;速效氮用碱解扩散法;速效磷用浸提碳酸氢钠—铝锑抗比色法;速效钾用醋酸按—火焰光度计法^[4];果实硬度采用GY-1型果实硬度计(牡丹江市机械研究所生产)测定;可溶性糖含量采用WYT-4型手持式糖量计(泉州中友光学仪器有限公司生产)测定;V_c含量采用2,6-二氯酚法;可滴定酸含量采用氢氧化钠滴定法。光合特性测定使用LI-6400XT便携式光合仪(美国LI-COR公司),测定前用1 500 μmol/(m²·s)的PAR对叶片进行光诱导,使叶片活化。采用Li-6400-2B光源,设定气体流速为500 μmol/s,控制叶温25℃,设置光合有效辐射强度(PAR)为1 000 μmol/(m²·s)。选择晴天

基金项目 国家重点研发计划支持项目(2016YFD0201000);国家大宗蔬菜产业技术体系建设专项资金项目(CARS-23-G12)。

作者简介 周杨(1985—),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向:蔬菜栽培。*通讯作者,高级农艺师,博士,从事蔬菜育种与栽培研究。

收稿日期 2018-03-02

09:00—11:00 对植株生长点下第 4 片功能叶进行测量,各处 理随机选取 3 株,每个处理重复 3 次。

表 1 土壤和袋培基质养分含量比较

Table 1 Comparison of substrate nutrient content in soil and bag cultivation modes

处理编号 Treatment code	有机质 Organic matter g/kg	速效氮 Rapidly available nitrogen mg/kg	速效磷 Rapidly available phosphorus (P) // mg/kg	速效钾 Rapidly available potassium (K) // mg/kg	pH
CK	24.8	59	333.9	337	6.1
T	293.1	459	112.1	3 007	5.8

2 结果与分析

2.1 基质袋式栽培对番茄生长的影响 由表 2 可知,番茄定植 30 d 后,CK 和 T 处理株高差异不显著。定植 45 d 后 T 处理株高生长量显著低于 CK。在番茄茎粗方面,定植后 CK

和 T 处理之间始终无显著差异;在番茄叶片数方面,除开花后 15 d 内 T 处理叶片数显著低于 CK 处理外,其余时间二者之间无显著差异。

表 2 不同处理对番茄生长的影响

Table 2 Effects of different treatments on tomato growth

序号 Serial No.	天数 Number of days	测定时间 Detection date	处理编号 Treatment code	株高 Plant height // cm	茎粗 Stem width // cm	叶片数 Leaf number // cm
1	15	05 - 15	CK	34.18 aA	9.06 aA	9.33 aA
2	15	05 - 15	T	34.34 aA	8.79 aA	7.00 bA
3	30	05 - 30	CK	75.29 aA	11.36 aA	14.67 aA
4	30	05 - 30	T	79.57 aA	10.09 aA	13.33 aA
5	45	06 - 14	CK	139.02 aA	14.98 aA	18.67 aA
6	45	06 - 14	T	117.74 bA	13.43 aA	18.33 aA
7	60	06 - 29	CK	165.63 aA	15.10 aA	19.00 aA
8	60	06 - 29	T	150.25 bA	13.27 aA	19.67 aA

注:数据采用 Duncan's 新复极差法分析;同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著;同列不同大写字母表示差异在 0.01 水平极显著

Note: Data were analyzed by Duncan's new multiple range method. Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

2 基质袋式栽培对番茄光合特性的影响

从表 3 可以看出,番茄坐果期 T 处理光合速率和气孔导度显著高于 CK 处理,其坐果期光合速率较对照 CK 高

12.5%;但其蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度与 CK 处理差异不显著。盛果期光合速率较对照高 16%;但其气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度与 CK 处理差异不显著。

表 3 不同处理对番茄光合特性的影响

Table 3 Effects of different treatments on the photosynthetic characters of tomato

测定时期 Detection stage	处理编号 Treatment code	光合速率 Photosynthetic rate	气孔导度 Stomatal conductance	胞间 CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration	蒸腾速率 Transpiration rate
坐果期 Setting stage	CK	31.30 bA	0.69 bB	251.86 aA	10.56 aA
	T	35.20 aA	0.82 aA	251.52 aA	10.45 aA
盛果期 Full bearing stage	CK	27.09 bA	0.65 aA	266.50 aA	10.04 aA
	T	32.10 aA	0.77 aA	254.50 aA	10.37 aA

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著;同列不同大写字母表示差异在 0.01 水平极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

2.3 基质袋式栽培对番茄产量的影响 由表 4 可知,番茄单果重方面,T 处理与 CK 处理之间差异不显著;在前期产量

方面,T 处理显著高于 CK 处理,增加了 45.7%;而总产量方面,T 处理则显著低于 CK 处理,减少了 19.8%。

表 4 不同处理对番茄产量的影响

Table 4 Effects of different treatments on the yield of tomato

处理编号 Treatment code	单果产量 Yield per fruit g	小区前期产量 Early yield per plot // kg	前期产量 Early yield kg/hm ²	前期增产 Early yield increase %	小区总产量 Total yield per plot // kg	总产量 Total yield kg/hm ²	增产 Yield increase %
CK	148.59 aA	17.92 bA	22 979.4 bA		70.29 aA	90 160.50 aA	
T	140.56 aA	26.11 aA	33 491.1 aA	45.7%	56.35 bA	72 279.75 bB	-19.8%

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著;同列不同大写字母表示差异在 0.01 水平极显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

2.4 基质袋式栽培对番茄品质的影响 由表 5 可知,T 处理

维生素 C 含量极显著高于对照,增加了 23.1%;硬度、可溶性

固形物含量、可滴定酸含量等方面,T和CK处理之间差异不显著。

表5 不同处理对番茄果实品质的影响

Table 5 Effects of different treatments on the fruit quality of tomato

处理编号 Treatment code	硬度 Hardness kg/cm ²	可溶性固形物 Soluble solid %	可滴定酸 Titratable acid %	维生素 C Vitamin C mg/kg
CK	2.7 aA	4.3 aA	0.18 aA	108 bB
T	2.7 aA	3.6 aA	0.16 aA	133 aA

注:同列不同小写字母表示差异在0.05水平显著;同列不同大写字母表示差异在0.01水平极显著

Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level;different capital letters in the same column indicated extremely significant differences at 0.01 level

在评价番茄品质时,某个单项品质指标很难判断番茄的综合品质,因而采用多目标综合评价方法来评价番茄的综合品质^[3]。因此选取硬度(X_1)、可溶性固形物(X_2)、可滴定酸(X_3)和维生素C(X_4)这4个品质因素作为评价因子。首先,对这4个指标进行同趋化(低优指标)和标准化,然后利用DPS数据处理系统进行主成分分析,并得到相关矩阵的特征根及特征向量累积贡献率(表6),前2项特征根的累积贡献率为89.7% > 85%。因此,可用第一主成分和第二主成分作为评价的综合指标,且评价的可信度为89.7%。

通过计算得出各指标与前2个主成分的关系为:

$$F_1 = 0.541 1X_1 - 0.349 3X_2 - 0.608 4X_3 + 0.463 7X_4$$

$$F_2 = -0.187 5X_1 + 0.767 7X_2 - 0.155 9X_3 + 0.592 6X_4$$

表6 主要主成分的特征值、贡献率和累积贡献率比较

Table 6 Comparison of eigenvalue, contribution rate and accumulative contribution rate of principal components

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate//%	累积贡献率 Accumulative contribution rate//%
1	2.633 798	65.845 0	65.845 0
2	0.952 786	23.819 7	89.664 7
3	0.413 415	10.335 3	100

综合评价值: $F = 0.658 450F_1 + 0.238 197F_2$,由第一主成分和第二主成分与客观权重之积,得到处理下番茄品质综合评判结果(表7):综合评价值越高,番茄品质越好。结果显示,处理的综合评价值明显高于对照,两者品质差异显著。

3 结论与讨论

袋培模式下番茄果实转色时间明显早于土壤栽培,番茄

表7 袋培和对照番茄品质综合评判

Table 7 Comprehensive evaluation of tomato quality between bag cultivation and the control

处理编号 Treatment code	F_1	F_2	F
CK	-0.354 7	1.001 6	0.005 026
T	1.640 2	0.778 2	1.265 355

植株提前开花,前期产量显著增加,这主要是因为袋培限制了番茄根系的生长,从而促进了植株提前开花,果实提前成熟^[5]。同时袋培模式下番茄植株光合速率和气孔导度显著提高,番茄可溶性固形物、维生素C等含量显著增加,品质得到提升,这与王敏等^[6]在樱桃番茄、王灿磊等^[7]在西瓜中的研究结果一致。

但袋式栽培也造成了番茄株高、茎粗明显下降,总产量降低,这主要是由于袋式栽培限制了番茄根系的生长,影响了根系对养分的吸收,从而对植株的生长造成了影响,总产量降低,这与樊怀福等^[8]、Tal等^[9]和Kharkina等^[10]的研究结果一致。

综上所述,在袋培模式下,番茄品质显著提高,成熟期提前。但需进一步研究袋培模式下番茄的肥水需求规律,以进一步增强番茄长势,提高总产量。

参考文献

- [1] 杨华,何伟,崔元珩,等.设施嫁接茄子基质与土壤栽培比较试验[J].新疆农业科学,2011,48(10):1860-1863.
- [2] 马栋,李清明,于贤昌.槽式有机基质栽培方式对番茄生长、光合特性及产量的影响[J].山东农业科学,2009(9):23-25.
- [3] 王鹏勃,李建明,丁娟娟,等.水肥耦合对温室袋培番茄品质、产量及水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2015,48(2):314-323.
- [4] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [5] NESMITH D S. Influence of root restriction on two cultivars of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) [J]. Journal of plant nutrition, 1993, 16(3):421-431.
- [6] 王敏,李建设,高艳明.限根栽培对番茄生长和品质的影响[J].湖北农业科学,2016(5):1199-1203.
- [7] 王灿磊,孙亮,冷平,等.无纺布限根栽培对西瓜根域温度、植株生长和果实品质的影响[J].中国农业大学学报,2011,16(3):81-86.
- [8] 樊怀福,杜长霞,朱祝军,等.限根栽培对大果型番茄浙杂204植株生长、果实品质和产量的影响[J].浙江农林大学学报,2011,28(3):343-348.
- [9] BAR-TAL A, FEIGIN A, SHEINFOLD S, et al. Root restriction and NO_3^- solution concentration effects on nutrient uptake, transpiration and dry matter production of tomato [J]. Scientia horticulturae, 1995, 63(3/4):195-208.
- [10] KHARKINA T G, OTTOSEN C O, ROSENQVIST E. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants [J]. Physiologia plantarum, 1999, 105(3):434-441.
- [11] 邵景安,李阳兵,魏朝富,等.区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J].地球科学进展,2007,22(8):798-809.
- [12] LUNETTA R S, KNIGHT J F, EDIRIWICKREMA J, et al. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data [J]. Remote sensing of environment, 2006, 105(2):142-154.
- [13] 崔颖.乌鲁木齐市土地利用变化及驱动力研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2009.
- [14] 滕宇思,夏维力.城市化进程中的西安市土地利用变化及其驱动力分析[J].测绘科学,2015,40(2):109-114.
- [15] 古琳,刘波,龚国堂,等.成都市近20年林地景观变化特征[J].应用生态学报,2010,21(5):1081-1089.

(上接第14页)

- [7] WENTZ E A, STEFANOV W L, GRIES C, et al. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments [J]. Computers environment & urban systems, 2006, 30(3):320-346.
- [8] 王圆圆,李京.遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究综述[J].遥感信息,2004(1):53-59.
- [9] 周旭,安裕伦,张斌,等. CBERS-CCD 数据土地利用/覆盖信息提取最佳波段选择:以贵州喀斯特山区为例[J].遥感技术与应用,2009,24(6):743-748.
- [10] 杨梅,张广录,侯永平.区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J].地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.