

菇渣蚓粪部分替代草炭对番茄产量和品质的影响

刘杰, 张小兰, 吴国瑞, 徐阳, 孙周平, 范文丽* (设施园艺教育部重点实验室(沈阳农业大学), 辽宁省设施园艺重点实验室, 辽宁省设施蔬菜工程实验室, 沈阳农业大学园艺学院, 环渤海湾地区设施蔬菜优质高效生产协同创新中心, 辽宁沈阳 110866)

摘要 [目的] 实现杏鲍菇菇渣废弃物变废为宝, 探讨其基质化再利用效果。[方法] 以杏鲍菇菇渣蚓粪为基质原料, 分别与草炭按 1:0 (T1)、3:1 (T2)、1:1 (T3)、1:3 (T4)、0:1 (CK) 的体积比配成复合基质, 采用盆栽方式种植番茄, 研究菇渣蚓粪复合基质对番茄产量和品质的影响。[结果] 果实总产量随菇渣蚓粪基质所占比例的降低先增高后降低, 其中 T2、T3、T4 处理相较 CK 而言, 分别增产 31%、48%、26%, 故 T3 处理增产效果最好, 此外, T3 处理植株长势良好, 且果实中可溶性固形物和 V_C 含量较高。[结论] 建议菇渣蚓粪型基质选用 T3 配方(杏鲍菇菇渣蚓粪:草炭=1:1)为宜, 一方面提高产量, 可以增加收益, 另一方面部分替代草炭, 能降低基质成本, 二者则会大大提高种植者收入。

关键词 菇渣蚓粪; 草炭; 基质配方; 番茄; 产量

中图分类号 S641.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)09-0188-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.09.052



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Mushroom Residue Vermicompost Partially Replacing Peat on Yield and Quality of Tomato

LIU Jie, ZHANG Xiao-lan, WU Guo-rui et al (Key Laboratory of Protected Horticulture (Shenyang Agricultural University), Ministry of Education, Key Lab of Protected Horticulture of Liaoning Province, Key Lab of Protected Vegetables Engineering of Liaoning Province, College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Collaborative Innovation Center of Protected Vegetable Surround Bohai Gulf Region, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract [Objective] To realize the transformation of pleurotus eryngii residue into treasure, the effect of matrix reuse was discussed. [Method] The tomato was planted in a potted manner with the pleurotus eryngii residue vermicompost compounded with peat at the volume ratios of 1:0 (T1), 3:1 (T2), 1:1 (T3), 1:3 (T4), and 0:1 (CK). The effect of the compound matrix on yield and quality of the tomato was studied. [Result] The total fruit yield first increased and then decreased with the decrease of the proportion of pleurotus eryngii residue vermicompost. Compared with CK, T2, T3 and T4 treatment increased by 31%, 48% and 26%, respectively. Therefore, T3 treatment had the best yield increase effect. In addition, T3 treatment showed good growth and high soluble solids and V_C content in the fruit. [Conclusion] It is recommended to choose T3 formula (Pleurotus eryngii residue vermicompost:peat = 1:1), on the one hand, it can increase the yield and the profit, on the other hand, part of the replacement of peat can reduce the substrate cost, both will greatly increase the income of growers.

Key words Mushroom residue vermicompost; Peat; Substrate formula; Tomato; Yield

我国设施园艺呈现规模化、专业化、多层次和周年生产的特点,但高度的专业化、集约化种植,造成复种指数高,连作障碍问题突出,制约日光温室蔬菜产业的可持续发展^[1-2]。无土栽培是解决设施土壤连作障碍的有效途径之一,而国内外研究相对成熟的栽培基质材料,如草炭、岩棉等,存在成本高、不可再生、不可再降解的问题^[3],因此,寻找廉价优质的栽培基质具有重要意义。作为世界食用菌产业大国,我国每年都会产生至少 2 000 万 t 的食用菌栽培料废弃物即菇渣^[4]。如何将菇渣废弃物更好地资源化利用,国内学者进行了大量研究,结果表明将菇渣作为栽培基质,替代草炭种植番茄,能提高番茄产量及品质^[5-7]。目前,研究大多集中在堆制发酵的菇渣直接作为栽培基质方面,而菇渣的直接使用存在堆制时间不够,含有对植物生长有害的物质,如重金属有效态含量超标、病原菌滋生等问题^[8-9],鲜见对菇渣进行二次处理后再作为无土栽培基质的研究。研究表明,蚯蚓能更好地将废弃物分解,转化成更多对植物生长有利的物质,提高作物产量^[10-11]。基于此,笔者选取杏鲍菇菇渣作为试验材料,首先将其作为蚯蚓的食料,使其被蚯蚓分解为菇渣蚓粪

后,再作为基质原料与草炭按不同体积比配成复合基质,研究其对番茄生长的影响,旨在筛选适宜日光温室番茄菇渣蚓粪复合基质配方,为杏鲍菇菇渣的资源化利用开辟新的途径,一定程度上解决草炭基质替代的问题,促进日光温室蔬菜产业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料 试验在沈阳农业大学科研基地 21 号日光温室进行。供试材料为市售常规草炭、沈阳农业大学食用菌综合示范基地提供的杏鲍菇菇渣(40%玉米芯、20%木屑、20%麸皮、20%棉籽壳)。供试番茄品种为“DF09”,四叶一心。供试蚯蚓为大平 1 号品种。供试工具有底部透水的蚯蚓饲养槽(长 2.78 m,宽 2.60 m,高 0.18 m)、栽培盆(口径 20 cm、底径 18 cm,高 25 cm)。供试肥料为速溶型平衡复合肥,其 $N-P_2O_5-K_2O$ 养分比例为 22-12-16。

1.2 试验设计

1.2.1 杏鲍菇菇渣蚓粪的制取。将杏鲍菇菇渣作为饲养蚯蚓的食料,通过蚯蚓的消化作用分解为菇渣蚓粪。具体养殖过程:先在饲养槽底部放一层纱网将杏鲍菇菇渣装到饲养槽容积的 1/2 左右,后在菇渣内放入体重、大小基本一致、约 3.6 kg 的蚯蚓,然后补充剩余菇渣到饲养槽容积的 2/3,最后在饲养槽上方覆盖遮阳网,并保持阴暗通风的饲养环境,根据气温的不同,每隔 3~5 d 浇水 1 次,保持菇渣含水量在 70%左右,养殖过程持续进行 67 d。

基金项目 国家重点研发项目(2020YFD1000300);辽宁省教育厅科研项目(LXZX2020004)。

作者简介 刘杰(1995—),女,河南沈丘人,硕士,从事设施栽培与生理研究。*通信作者,副教授,博士,从事食用菌与野菜栽培研究。

收稿日期 2020-09-08;修回日期 2020-09-26

1.2.2 基质配方的设计。将制取的杏鲍菇菇渣蚓粪与草炭按不同体积比复合,共设置 5 个配方处理:T1(纯杏鲍菇菇渣蚓粪)、T2(杏鲍菇菇渣蚓粪:草炭=3:1)、T3(杏鲍菇菇渣蚓

粪:草炭=1:1)、T4(杏鲍菇菇渣蚓粪:草炭=1:3)、CK(纯草炭),每个配方处理配制 10 盆,每盆种植 1 株。不同配方基质理化性质见表 1。

表 1 不同配方基质理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of different substrate formulas

处理 Treatment	容重 Bulk density//g/cm ³	总孔隙度 Total porosity//%	气水比 Air-water ratio	pH	EC ms/cm
T1	0.34±0.02 a	76.90±0.58 a	0.27±0.01 b	6.89±0.05 a	0.85±0.03 b
T2	0.27±0.03 b	77.19±1.15 a	0.26±0.02 b	6.75±0.02 b	0.97±0.01 ab
T3	0.21±0.01 b	78.97±1.73 a	0.43±0.02 a	6.74±0.02 b	0.87±0.04 b
T4	0.22±0.01 b	79.09±1.44 a	0.22±0.01 b	6.21±0.06 c	0.94±0.02 ab
CK	0.15±0.02 c	80.43±1.15 a	0.46±0.03 a	5.08±0.18 d	1.00±0.06 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

1.2.3 栽培管理。采用盆栽,每个处理摆放 1 列,每列 10 盆,依次摆放。选择四叶一心长势一致的壮苗定植,后期单干整枝,吊蔓栽培,留三穗果。水肥管理:番茄生长中后期每 7 d 给每株添加 1~2 g 速溶型平衡复合肥,后期适度增加施肥频率,据基质干湿度状态进行定期浇水。

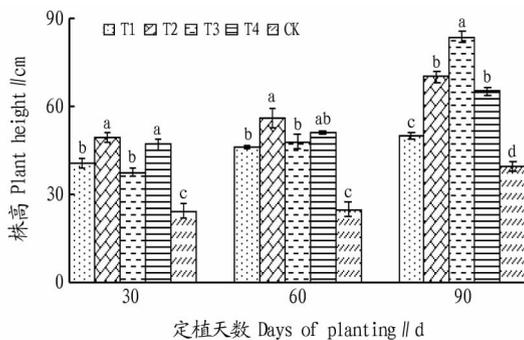
1.3 测量指标与方法 基质理化性质:容重、孔隙度、气水比(土壤三相测定仪)^[12];EC、pH(电导率仪、pH 计);定植 30、60、90 d 时,测定株高(用卷尺测量从茎基部最低位置到生长点的高度)、茎粗(用游标卡尺测定茎基部的粗度);植株干物质质量:分别取番茄植株的地上部与地下部,先称取鲜重,108 ℃杀青,80 ℃恒温烘干后称取干重;产量:每处理选取长势一致的 5 株,测定其每穗果产量,然后计算其总产量构成;果实中可溶性还原糖(蒽酮法);有机酸(酸碱滴定法);维生素 C 含量(草酸-EDTA 法);可溶性固形物(阿贝折射仪)。

1.4 数据处理与统计分析 采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析,多重比较采用 Duncan 新复极差法,试验数据采用 Excel 2010 进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对植株形态指标的影响 不同基质配方的植株株高、茎粗变化规律见图 1、2。从图 1、2 可以看出,T1、T2、T3、T4 处理的株高均显著高于 CK,且 CK 茎整个生育期内最细,可能是因为草炭单独作基质时,其弱酸性的根系环境,影响植株养分的吸收^[13]。此外,在定植后 60 d 内,T2 处理植株最高,其次是 T4 处理,而不同处理的茎粗十分接近,长势差异不显著,但在生长后期时,在株高方面,T3 处理植株最高,达 83.5 cm,显著高于其余处理;在茎粗方面,T4 处理茎粗最粗,达 0.975 cm,显著高于其余处理,其次是 T3 处理,这可能是由于不同配方的基质碳氮比不同,进而影响微生物活性,因而导致基质中养分转化、释放速率快慢不一^[14],从而影响了植株发育进程。

2.2 不同处理对植株生物量的影响 由表 2 可知,不同处理在在地上部鲜重方面差异显著,T1 处理生物量最少,而 T3 处理的植株地下部干鲜重与地上部干鲜重均显著高于其余处理,说明 T3 处理更有利于植株物质的积累。在根冠比方面,T1 处理与 CK 分别为 0.66、0.60,二者较为接近,显著高于其余处理,说明基质原料单独作为基质时,植株地上部长

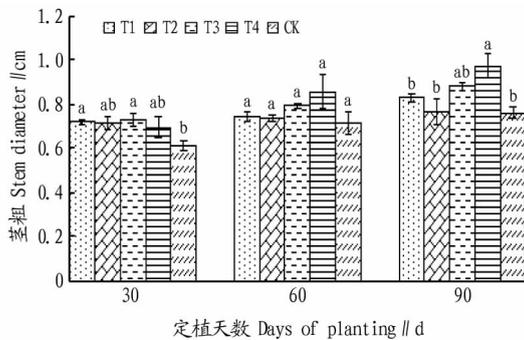


注:不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

图 1 不同基质配方的植株株高变化

Fig. 1 Changes of plant height in different substrate formulas



注:不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

图 2 不同基质配方的植株茎粗变化

Fig. 2 Changes of stem diameter in different substrate formulas

势较弱,而 T2、T3、T4 处理复合基质的根冠比在 0.26~0.41,比值适中,植株生长均衡。

2.3 不同处理对果实产量的影响 由表 3 可知,在总产量方面,不同处理间存在显著差异,除 T1 处理总产量低于 CK 外,T2、T3、T4 处理相较 CK 而言,分别增产 31%、48%、26%,对比之下,T3 处理增产效果最好。从不同穗果产量来看,各处理的二穗果产量普遍低于一、三穗果产量,说明该期间应该增加养分补给。

表2 不同基质配方的植株生物量

Table 2 Plant biomass of different substrate formulas

处理 Treatment	地下部鲜重 Underground fresh weight//g/株	地上部鲜重 Ground fresh weight//g/株	地下部干重 Underground dry weight//g/株	地上部干重 Ground dry weight//g/株	根冠比 Root/shoot
T1	33.10±4.60 c	80.00±3.20 e	26.68±2.90 a	40.52±5.40 b	0.66±0.02 a
T2	27.26±4.00 c	220.00±5.80 c	17.77±3.50 a	54.54±7.80 b	0.33±0.02 d
T3	75.66±2.90 a	640.00±8.70 a	28.80±4.60 a	111.86±25.50 a	0.26±0.02 e
T4	61.80±1.70 b	300.00±6.40 b	25.05±2.90 a	61.73±6.20 b	0.41±0.01 c
CK	31.97±2.30 c	110.00±9.20 d	20.01±4.00 a	33.10±5.20 b	0.60±0.03 b

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

表3 不同基质配方的果实产量

Table 3 Fruit yield of different substrate formulas

处理 Treatment	一穗果产量 The first panicle fruit yield	二穗果产量 The second panicle fruit yield	三穗果产量 The third panicle fruit yield	果实总产量 Total fruit yield
T1	150.5±22.0 b	43.9±11.0 c	25.0±3.0 e	219.4±30.0 d
T2	174.0±16.0 b	135.1±14.0 a	306.1±3.0 b	615.3±27.0 b
T3	179.2±5.0 b	143.7±6.0 a	372.4±17.0 a	695.3±17.0 a
T4	231.9±12.0 a	97.3±3.0 b	263.8±12.0 c	593.0±2.0 b
CK	174.5±3.0 b	94.5±6.0 b	200.3±16.0 d	469.4±25.0 c

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

2.4 不同处理对果实品质的影响 由表4可知,CK处理的
可溶性糖、有机酸含量、糖酸比显著高于其余处理,然而,在
含有菇渣蚓粪的配方中,T3处理的可溶性糖、有机酸、糖酸
比、 V_c 含量最高,仅次于CK,说明菇渣蚓粪型基质在改善番

茄果实品质方面还有待提高。CK处理的可溶性固形物和
 V_c 含量相对其余处理较低,说明菇渣蚓粪型基质可能有利
于提高果实 V_c 和可溶性固形物含量。

表4 不同基质配方的果实品质变化

Table 4 Fruit quality changes in different substrate formulas

处理 Treatment	可溶性糖 Soluble sugar//%	有机酸 Organic acid//%	糖酸比 Sugar-acid ratio	可溶性固形物 Soluble solids//%	V_c mg/kg
T1	0.012±0.010 d	0.261±0.060 b	0.046±0.030 d	5.50±0.17 a	80.00±1.15 c
T2	0.005±0.010 d	0.268±0.050 b	0.020±0.050 e	4.50±0.17 c	95.00±2.89 b
T3	0.146±0.030 b	0.302±0.010 a	0.483±0.020 b	5.00±0.12 b	107.00±1.15 a
T4	0.024±0.020 c	0.308±0.060 a	0.079±0.050 c	4.00±0.12 d	14.00±0.58 d
CK	0.391±0.060 a	0.310±0.060 a	1.261±0.060 a	4.00±0.06 d	19.00±1.73 d

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P<0.05$)

2.5 主成分分析及综合评价 利用主成分分析法对5种基
质配方的番茄指标进行综合评价,求得各主成分得分及综合
得分(表5),以综合得分值排序,确定不同基质配方的优劣。

由表5可知,T3综合得分最高,达3.98分,而T1得分最低,
为-3.39分。按综合得分对5种基质配方进行排序,其优劣
顺序为T3>T4>CK>T2>T1。

表5 不同基质配方主成分得分及排名

Table 5 Scores and rankings of principal components of different substrate formulas

处理 Treatment	第一主成分 Principal component 1 (F1)	第二主成分 Principal component 2 (F2)	第三主成分 Principal component 3 (F3)	第四主成分 Principal component 4(F4)	综合得分 Score(F)	综合排名 Ranking
T1	-2.30	-1.34	0.16	0.10	-3.39	5
T2	-0.01	-1.05	-0.25	-0.11	-1.42	4
T3	3.75	0.18	-0.07	0.12	3.98	1
T4	1.16	0.53	0.26	-0.17	1.79	2
CK	-2.61	1.69	-0.10	0.06	-0.96	3

3 结论与讨论

有机废弃物能否作为基质使用且如何使用,取决于其基
本理化性质是否符合作为基质的基本条件。该研究发现,菇

渣蚓粪型配方的基质容重、总孔隙度、气水比,pH、EC值都满
足0.1~0.8 g/cm³、54%~96%、0.25~0.50、5.0~7.5、0.5~
1.3 ms/cm的适宜范围,说明菇渣蚓粪替代草炭的策略具有

可行性。

此外,该试验结果表明,当菇渣蚓粪和草炭基质原料单独作为基质即 T1 和 CK 处理时,其植株长势弱于 T2、T3、T4 复合基质,说明复合基质总体上优于单一成分基质,这与多人研究结果相互验证,如高新昊等^[15]、余宏军等^[16]分别利用秸秆、纸泥工农有机废弃物,配制不同复合基质种植番茄,结果均指出混配基质的种植效果优于单一基质。

从各配方果实产量、品质综合来看,T2、T3、T4 处理相较于 CK 而言,分别增产 31%、48%、26%,T3 处理增产效果最佳,然而 CK 可溶性糖、有机酸、糖酸比方面略优于 T1、T2、T3、T4 处理,说明菇渣蚓粪型基质下的果实风味欠佳,有待后期试验完善提升,T1、T2、T3 处理的果实可溶性固形物和 V_c 含量显著高于 CK。总体上,菇渣蚓粪型基质可能有利于提高果实中可溶性固形物和 V_c 含量及产量,这与赵凤艳^[17] 研究结果相似,其机理有待进一步研究。

主成分分析法能够相对科学地评估和衡量每种处理的优缺点,客观地确定权重,可防止主观筛选的随意性。通过主成分分析综合评价可知,各配方的优劣顺序为 T3>T4>CK>T2>T1。综上可知,T3(杏鲍菇菇渣蚓粪:草炭=1:1)处理不仅在水气调节性能方面相似于草炭,还植株长势良好,提高产量,另外,果实品质略次于草炭,因而,综合评价中,T3 得分最高,总之,T3 处理一方面提高产量,可以增加收益,另一方面部分替代草炭,能降低基质成本,二者则会大大提高种植者的收入,因而,建议菇渣蚓粪型基质选用杏鲍菇菇渣蚓粪:草炭=1:1 配方为宜。

参考文献

[1] 孙锦,高洪波,田婧,等.我国设施园艺发展现状与趋势[J].南京农业

大学学报,2019,42(4):594-604.

- [2] 唐艳领,于迪,胡凤霞,等.黄瓜-玉米轮作对设施连作土壤性状的影响[J].北方园艺,2014(11):161-164.
- [3] GRUDA N S. Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems [J]. *Agronomy*, 2019, 9(6):1-24.
- [4] 朱留刚,孙君,张文锦.食用菌产业有机副产物综合利用研究进展[J].福建农业学报,2018,33(7):760-766.
- [5] 颀旭,王新右,赵帆,等.栽培基质配方对日光温室番茄生长及果实品质的影响[J].甘肃农业大学学报,2014,49(4):58-62.
- [6] 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,2016,44(5):211-213.
- [7] 吕晓惠,杨宁,李海燕,等.菌渣部分替代草炭对樱桃番茄生长及养分吸收的影响研究[J].中国农学通报,2016,32(4):63-67.
- [8] 徐凯,黄明勇,邳学杰.园林废弃有机物堆肥化处理的初步研究[J].天津农业科学,2008,14(3):40-42.
- [9] LAZCANO C, GÓMEZ-BRANDÓN M, DOMÍNGUEZ J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure [J]. *Chemosphere*, 2008, 72(7):1013-1019.
- [10] YANG L J, ZHAO F Y, CHANG Q, et al. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes [J]. *Agricultural water management*, 2015, 160:98-105.
- [11] DOAN T T, NGO P T, RUMPEL C, et al. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment [J]. *Scientia horticulturae*, 2013, 160:148-154.
- [12] 张金伟. 基质分层处理促进日光温室袋培番茄生长的因素分析 [D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2020.
- [13] 郭培国,陈建军,李荣华. pH 值对烤烟根系活力及烤后烟叶化学成分的影响[J].中国农学科学,2000,33(1):39-45.
- [14] 李天林,沈兵,李红霞. 无土栽培中基质培选料的参考因素与发展趋势(综述)[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1999, 3(3):250-258.
- [15] 高新昊,刘兆辉,李晓林,等. 秸秆基质的配比优化及在设施番茄栽培上的应用效果研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(5):1147-1150.
- [16] 余宏军,刘兴元,林小明,等. 纸泥复合基质对番茄栽培效果的影响[J]. 蔬菜, 2015(8):15-18.
- [17] 赵凤艳. 蚓粪改善设施番茄连作土壤质量和番茄品质的机理 [D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2018.

(上接第 187 页)

- [2] 董孔军,杨天育,何继红,等.西北旱作区不同地膜覆盖种植方式对谷子生长发育的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):36-40.
- [3] 陈亮,张肖凌,王翠丽,等.地膜不同覆盖方式对设施辣椒生长及产量的影响[J].河南农业科学,2020,49(4):107-113.
- [4] 李威,李可,魏长宾,等.露地覆膜对华南地区冬季茄子营养吸收的影响[J].中国瓜菜,2019,32(12):52-56.
- [5] 祝泗民,邓丙祥,宋喜军.寒地保护地棚室茄子主要栽培技术[J].中国园艺文摘,2010,26(11):136.
- [6] 董宝锦,刘孟雨,张正斌.不同灌水对冬小麦农艺性状与水分利用效率的影响研究[J].中国生态农业学报,2004,12(1):140-143.

- [7] 徐军用,姜俊.3种灌水方式对茄子生长、产量及品质的影响[J].河南农业科学,2014,43(8):110-112.
- [8] 王丽丽,余海龙,黄菊莹,等.不同覆盖措施的土壤生态环境效应和作物增产效应述评[J].江苏农业科学,2016,44(7):11-15.
- [9] 王晓娟,赵圆峰,王娟玲,等.不同覆盖方式对大棚滴灌番茄水分利用和经济效益的影响[J].作物杂志,2018(2):103-107.
- [10] 闫根海,杨晓军,王斌,等.地膜覆盖对玉米产量及其土壤状况的影响[J].安徽农业科学,2010,38(12):6405-6406,6413.
- [11] 周继华,贾松涛.不同灌溉施肥方式对春玉米产量和水分生产效率影响[J].中国农学通报,2013,29(36):224-227.
- [12] 刘明池,刘向莉.不同灌溉方式对番茄生长和产量的影响[J].华北农学报,2005,20(1):93-95.