

基于农业废弃物的日光温室茄子栽培 基质配方筛选研究

吴科生^{1,2}, 车宗贤^{1,2}, 卢秉林^{1,2}, 张久东^{1,2}, 杨蕊菊^{1,2}, 崔恒^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 农业农村部
甘肃耕地保育与农业环境科学观测实验站, 甘肃 武威 733017)

摘要: 通过对河西地区玉米秸秆、牛粪堆肥处理复配成基质, 筛选适合当地日光温室茄子种植的最佳栽培基质配方, 为农业废弃物循环利用提供科学依据。以“长茄1号”为指示品种, 采用盆栽试验研究了不同配方基质下载培茄子的生长和产量效益。结果表明, 腐熟玉米秸秆、河沙、蛭石、腐熟牛粪、凹凸棒石粉、珍珠岩按体积比6:1:1:1:0.5:0.5复配成栽培基质配方, 茄子产量最高, 为1.29 kg/株, 净收益表现良好, 为1.39元/株, 茄子株高、茎粗、叶绿素含量、生物量、单株结果数等性状均为最优。该配方适宜在河西地区日光温室茄子基质栽培中应用推广。

关键词: 茄子; 栽培基质; 日光温室; 农业废弃物; 基质化利用

中图分类号: S641.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)07-0646-04

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.07.012

Study on Screening of Eggplant Cultivation Substrate Formula in Solar Greenhouse Based on Agricultural Waste

WU Kesheng^{1,2}, CHE Zongxian^{1,2}, LU Binglin^{1,2}, ZHANG Jiudong^{1,2}, YANG Ruiju^{1,2}, CUI Heng^{1,2}

(1. Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;
2. Gansu Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation and Agri-environment,
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuwei Gansu 733017, China)

Abstract: Through the composting of corn stover and cow dung in the Hexi region, the optimal cultivation substrate formulations suitable for local sunlight greenhouse eggplant cultivation were screened to provide a scientific basis for the recycling of agricultural wastes. The growth and yield benefits of eggplant cultivated under different formulations of substrates were studied in pot planting experiments with Changqie 1 as an indicator variety. The results showed that with the formulation of rotted corn stover: river sand: vermiculite: rotted cow dung: aconite powder: perlite compounded into the cultivation substrate according to the volume ratio of 6:1:1:1:0.5:0.5, the eggplant yield was the highest and benefit was ideal, which were 1.29 kg/plant, 1.39 Yuan/plant, respectively, and the eggplant plant height, stem thickness, chlorophyll content, biomass, and number of fruits per single plant were all the best. This formula is suitable for the application and promotion of eggplant substrate cultivation in solar greenhouse in the Hexi region.

Key words: Eggplant; Cultivation substrate; Sunlight greenhouse; Agricultural waste; Substrate utilization

近年来, 我国现代农业及农村经济飞速发展, 种植业和养殖业向集约化和规模化快速发展, 致使农业废弃物的利用发生了根本性变革, 农业废弃物的轻简化利用成为当前的重大挑战。目前, 我国农业废弃物产出量巨大, 农作物秸秆年产生量约7.0亿t, 其中玉米秸秆2.2亿t; 畜禽粪便年产出量为20.1亿t, 牛粪为10.9亿t^[1-2]。近年来, 农作物秸秆作为燃料和原料等用途被电、液化气、煤炭、化肥等替代, 造成65%农作物秸秆

被废弃^[2-3]。农业废弃物的随意丢弃、就地焚烧不仅会破坏生态环境, 焚烧过程产生的温室气体和有害物质还会造成环境污染及生态平衡的破坏^[4-5]。农业有机废弃物中含有丰富的有机质、磷、氮、钾等植物生长所需的营养元素, 其价格低廉并且理化性质较稳定, 作为有机功能性栽培基质原料潜力巨大^[6]。农业废弃物资源化循环利用技术, 已受到世界各国普遍关注。

传统的农业废弃物利用方式是作为堆肥原料

收稿日期: 2024-04-07

基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划(2022GAAS13); 国家重点研发计划(2018YFC1903700)。

作者简介: 吴科生(1978—), 男, 甘肃武威人, 高级农艺师, 博士, 主要从事土壤培肥及作物栽培研究工作。Email: wukesheng218@163.com。

堆制成肥料施入土壤, 起到提供作物生长养分、改善作物品质、培肥地力等作用^[7]。目前, 以不同农作物秸秆和畜禽粪便等为原料的基质配方筛选已有较多研究, 其中农作物秸秆和畜禽粪便的配比大多在 50% 以下, 基质成本依然较高^[2,8]。以农业废弃物为主要原料的低成本茄子栽培基质及栽培技术在生产中的应用研究报道尚少。为此, 我们以玉米秸秆和牛粪为主要原料, 研究不同配方栽培基质对茄子生长发育和产量效益的影响, 筛选茄子专用型低成本栽培基质配方, 以为农业废弃物基质化在茄子生产中的循环利用提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

盆栽试验于 2022 年 7 月至 2023 年 8 月在武威市凉州区永昌镇白云村智能日光温室进行。试验区海拔 1 504 m, 日照时数 3 028 h, 无霜期 150 d, 年平均气温 7.7 °C, 年均降水量 150 mm, 蒸发量 2 021 mm, 相对湿度 53%。年太阳辐射总量 588.0 ~ 663.6 KJ/cm², ≥10 °C 年有效积温 3 016 °C^[9]。

1.2 供试材料

指示茄子品种为长茄 1 号, 种苗购于武威先正达育苗公司。河沙来源于试验区河滩, 珍珠岩购买于廊坊新大众助滤剂有限公司, 玉米秸秆为试验区农户玉米收获后的秸秆经 40 ~ 50 d 条刺式发酵腐熟制成, 蛭石购买于甘肃省海鑫蛭石厂, 腐熟牛粪购于试验区散养型养殖牛场经 40 ~ 50 d 发酵腐熟制成, 凹凸棒石粉购买于临泽县地脉通凹凸棒石粘土厂。

1.3 试验设计

采用盆栽试验, 共设 6 个不同基质配方处理, 每盆定植茄子 2 株, 随机区组排列, 3 次重复。栽培基质配方见表 1。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 基质理化性状 采用环刀法测定基质容重, 用

表 1 栽培基质配方(体积比)

配方	玉米秸秆	牛粪	河沙	蛭石	珍珠岩	凹凸棒石粉
A	4.0	2.0	2.0	1.0	0.5	0.5
B	4.5	1.5	2.0	1.0	0.5	0.5
C	4.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.5
D	5.0	1.5	1.5	1.0	0.5	0.5
E	5.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
F	6.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5

烧杯法测定孔隙度、持水孔隙度、通气孔隙度, 用 pH 计测定 pH, 用电导率仪测定电导率(EC)^[10-12]。

1.4.2 生长指标测定 试验所有处理同时定植和收获。定植 30 d 后测定茄子株高、茎粗, 采用叶绿素仪 (SPAD 502) 测定叶绿素相对含量 (SPAD 值)。收获期测定茄子地上部分摘取果实后剩余秸秆的鲜重, 待风干后测定其干重。茄子产量为全生育期所有测产之和^[13]。

1.5 数据处理

试验数据使用 Excel 2010 和 SAS 8.0 软件进行统计与方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同配方栽培基质的理化性状

由表 2 可以看出, 不同配方栽培基质电导率间差异极显著 ($P < 0.01$), EC 值以配方 C 最高, 为 2 747 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 极显著高于其他处理 ($P < 0.01$); 配方 F 最低, 为 2 103 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。不同配方基质的 pH 差异极显著 ($P < 0.01$), 其中配方 C 最高, 为 8.00, 极显著高于其他处理 ($P < 0.01$); 配方 F 最低, 为 7.51。各处理基质容重间差异极显著 ($P < 0.01$), 其中配方 B 最高, 为 0.67 g/cm^3 , 极显著高于其他处理 ($P < 0.01$); 配方 F 最低, 为 0.45 g/cm^3 。不同处理总孔隙度间差异极显著 ($P < 0.01$), 其中配方 F 最高, 为 67.23%, 极显著高于其他处理 ($P < 0.01$); 配方 A 最小, 为 61.61%。配方 A 通气孔隙度最高, 为 20.78%, 显著高于配方 C、D、E、F ($P < 0.05$); 配方 C 最小, 为 18.68%。配方 F 持水孔隙度最高, 为 45.86%, 极显著高于配方 A、B、

表 2 不同配方栽培基质的理化性状^①

配方	电导率 (EC) /($\mu\text{s}/\text{cm}$)	pH	基质容重 /(g/cm^3)	总孔隙度 /%	通气孔隙度 /%	持水孔隙度 /%
A	2 544 B	7.82 B	0.64 B	61.61 F	20.78 a	43.11 C
B	2 212 E	7.77 C	0.67 A	62.39 E	19.90 ab	42.59 C
C	2 747 A	8.00 A	0.54 D	63.58 D	18.68 c	44.83 B
D	2 282 D	7.69 D	0.56 C	64.29 C	19.32 bc	45.39 AB
E	2 330 C	7.85 B	0.48 E	65.99 B	18.78 c	45.55 AB
F	2 103 F	7.51 E	0.45 F	67.23 A	18.89 bc	45.86 A

①表中同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著, 下同。

C($P<0.01$); 配方 B 最小, 为 42.59%。

2.2 不同配方栽培基质对茄子生育期的影响

从表 3 可以看出, 不同配方的茄子生育期基本一致。试验于 3 月 30 日定植, 苗期在 5 月初、开花在 5 月中、下旬、结果期在 6 月中旬, 盛果期在 7 月初。配方 C、F 的开花期较早, 较其他处理提前 1~5 d, 其他配方对茄子生育进程的影响较小。

表 3 不同配方栽培基质处理下茄子的生育期 日/月

配方	定植期	苗期	开花期	结果期	盛果期	拉秧期
A	30/3	6/5	20/5	15/6	4/7	8/8
B	30/3	8/5	23/5	16/6	7/7	8/8
C	30/3	3/5	18/5	15/6	3/7	8/8
D	30/3	5/5	20/5	13/6	5/7	8/8
E	30/3	5/5	21/5	12/6	5/7	8/8
F	30/3	3/5	19/5	12/6	5/7	8/8

2.3 不同配方栽培基质对茄子主要性状的影响

不同配方栽培基质对茄子农艺性状的影响见表 4。配方 F 茄子株高最高, 为 72.50 cm, 高于其他配方 1.40%~11.49%, 显著高于配方 A (65.03 cm) ($P<0.05$)。茎粗以配方 F 最大, 为 7.64 mm, 高于其他配方 4.80%~17.54%, 显著高于配方 E (6.50 mm) ($P<0.05$)。配方 F 的 SPAD 值最高, 为 62.73, 高于其他配方 4.39%~15.80%, 显著高于配方 D、A ($P<0.05$)。配方 B 的地上鲜重和干重均为最高, 分别为 340.47、58.91 g/株, 其中鲜重高于其他配方 3.64%~11.83%, 干重高于其他配方 8.67%~11.53%, 各处理间差异不显著。综合说明处理 F 的株高、茎粗、叶绿素含量均最高, 长势最好。

表 4 不同配方栽培基质处理下茄子的农艺性状

配方	株高 /cm	茎粗 /mm	SPAD值	地上鲜重 / (g/株)	地上干重 / (g/株)
A	65.03 b	7.16 ab	57.43 bc	309.62 a	52.82 a
B	71.50 ab	7.26 ab	60.09 ab	340.47 a	58.91 a
C	68.50 ab	7.29 ab	58.69 ab	318.78 a	53.95 a
D	71.17 ab	7.01 ab	54.17 c	328.50 a	54.21 a
E	70.83 ab	6.50 b	59.74 ab	314.19 a	54.02 a
F	72.50 a	7.64 a	62.73 a	304.45 a	53.32 a

2.4 不同配方栽培基质对单株茄子产量的影响

由表 5 可以看出, 单株结果数以配方 F 茄子最高, 为 7.67 个/株, 高于其他配方 21.17%~77.14%, 各处理间差异不显著。单株结果重以配方 D 茄子最高, 为 256.82 g/株, 高于其他配方 4.79%~52.76%, 各处理间差异不显著。配方 F 茄

表 5 不同配方栽培基质施肥处理下单株茄子的经济产量

配方	结果数 /个	结果重 /g	产量 /kg
A	6.00 a	210.05 a	1.26 a
B	5.00 a	208.80 a	1.04 b
C	5.00 a	245.09 a	1.23 ab
D	4.33 a	256.82 a	1.11 ab
E	6.33 a	197.22 a	1.25 a
F	7.67 a	168.12 a	1.29 a

子产量最高, 为 1.29 kg/株, 高于各配方 2.38%~24.04%, 显著高于配方 B ($P<0.05$)。说明配方 F 茄子单株结果数最多, 虽然单株结果重较低, 但总体产量最高。

2.5 不同配方栽培基质对茄子经济效益的影响

不同配方栽培基质茄子经济效益不同(表 6)。栽培基质生产成本基本相近, 为 2.51~2.58 元/株, 平均占总成本的 50.66%。种苗、人工费和基质 3 种成本占总投入的 82.49%, 是基质栽培生产成本的主要投入。配方 F 生产成本略高于其他处理, 生产收益为 6.45 元/株, 较其他配方提高 2.38%~24.04%; 净收益为 1.39 元/株, 较其他配方增加 6.11%~561.90%。

表 6 不同配方栽培基质处理下茄子的经济效益^① 元/株

配方	生产成本					生产收益	净收益
	肥料	灌水	基质	其他	合计		
A	0.43	0.45	2.51	1.60	4.99	6.30	1.31
B	0.43	0.45	2.51	1.60	4.99	5.20	0.21
C	0.43	0.45	2.55	1.60	5.03	6.15	1.12
D	0.43	0.45	2.55	1.60	5.03	5.55	0.52
E	0.43	0.45	2.58	1.60	5.06	6.25	1.19
F	0.43	0.45	2.58	1.60	5.06	6.45	1.39

①灌溉水为 2.8 元/m³, 硝酸铵钙 5.0 元/kg, 复合肥 8.2 元/kg; 茄子价格为 5.0 元/kg。

3 讨论与结论

作物秸秆、畜禽粪便、农产品加工废弃物等是现有最主要的农业废弃物, 其种类多、数量大、取材方便, 富含植物生长所需的多种养分^[10-17]。前人研究中, 农业废弃物占基质原料 50%以内, 其余为泥炭、椰糠等, 基质成本较高^[2,8]。本研究结果表明, 将玉米秸秆和牛粪总量提高至 70%, 不仅可以获得较高的茄子种植产量和效益, 更能提高农业废弃物的用量, 替代了部分泥炭、椰糠、蛭石等高成本原料, 降低了基质成本 20%以

上, 形成轻简化、低成本基质的栽培技术, 在农业生产上更易推广。建议腐熟玉米秸秆建议用量30%~60%, 腐熟牛粪10%~30%。

基质理化性状因研究材料的不同而差异较大, 不同研究者提出基质的最佳理化性状不尽相同。研究报道中, 栽培基质理化性状的适宜范围是: pH为6.5~7.5、EC<4 000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、容重0.1~0.8 g/cm^3 、总孔隙度60%~90%^[18-19]。本研究结果与前人研究相符, 不同基质配方的基质容重与河沙用量成正比, 电导率、pH、孔隙度等其他理化性状均在上述合理的范围之内。

蔬菜产量和经济效益是种植农户的主要追求目标。因此, 在筛选基质配方中, 产量和经济效益是评价基质配方的主要指标。有研究表明, 秸秆、牛粪、草炭、蛭石、河沙按体积比2:3.5:1:1:2.5配比, 茄子长势、产量最高^[20]。本研究表明, 腐熟玉米秸秆、河沙、蛭石、腐熟牛粪、凹凸棒、珍珠岩体积比为6:1:1:1:0.5:0.5的栽培基质配方理化性状最优, 茄子产量表现最好, 其单株结果数最多, 为7.67个, 产量最高, 为1.29 kg/株。可能是由于该配方的基质容重、总孔隙度、电导率等理化性状更适合茄子生长。

本研究筛选出的腐熟玉米秸秆、河沙、蛭石、腐熟牛粪、凹凸棒、珍珠岩体积比为6:1:1:1:0.5:0.5的栽培基质配方, 茄子生产收益、净收益均最高, 分别为6.45、1.39元/株, 且茄子茎粗、株高、叶片数、叶绿素含量等性状表现最好。该配方适宜在河西地区日光温室茄子基质栽培中推广应用。

参考文献:

- [1] 杜静. 利用农业有机废弃物进行大棚CO₂施肥的发酵条件及可行性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [2] 薛书浩. 以玉米秸秆为主要原料的番茄无土栽培基质配方筛选[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [3] 崔明, 赵立欣, 田宜水, 等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 291-296.
- [4] 杜蕙, 蒋晶晶, 漆永红. 农业废弃物基生物炭的应用效应研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(3): 203-207.
- [5] 孙振钧, 孙永明. 我国农业废弃物资源化与农村生物质能源利用的现状与发展[J]. 中国农业科技导报, 2006(1): 6-13.
- [6] 徐少奇, 陈文杰, 解林奇, 等. 我国有机废弃物资源总量及养分利用潜力[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(8): 1341-1352.
- [7] 顾骅珊. 农业废弃物循环利用模式探讨—以浙江嘉兴为例[J]. 生态经济, 2009(1): 82-84; 157.
- [8] 甘肃省质量技术监督局. 农业废弃物基质化利用栽培基质复配技术规程: DB62/T 2741—2016[S]. 兰州: 甘肃省质量技术监督局, 2016.
- [9] 吴科生, 车宗贤, 张久东, 等. 有机无机复混肥在河西绿洲灌区玉米生产中的应用效果初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(7): 15-18.
- [10] 张国森, 赵文怀, 殷学云, 等. 非耕地节本型日光温室蔬菜有机生态型无土栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2010(13): 46-48.
- [11] 陈智远, 石东伟, 王思学, 等. 农业废弃物资源化利用技术的应用进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(12): 112-116.
- [12] 吴科生, 车宗贤, 卢秉林, 等. 基于农业废弃物的日光温室番茄栽培基质配方筛选研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(3): 6-10.
- [13] 赵鹏, 宋明军, 王志伟. 戈壁荒漠通用空心砌块墙体日光温室建造技术[J]. 甘肃农业科技, 2018(6): 96-98.
- [14] 贾财芳, 刘力, 郭满平. 陇东旱作区小麦草谷比及秸秆可收集系数监测报告[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(6): 528-532.
- [15] 康恩祥, 王晓巍, 张玉鑫, 等. 戈壁日光温室基质栽培番茄新品种筛选初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(12): 48-52.
- [16] 蒯佳琳, 王晓巍, 张玉鑫, 等. 追肥量对戈壁日光温室基质槽培番茄产量及品质的影响[J]. 甘肃农业科技, 2020(8): 36-39.
- [17] 邓惠, 陈森, 刁晓平, 等. 蚯蚓处理甘蔗渣和牛粪混合废弃物的初步研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 329-331.
- [18] 刘振东, 李贵春, 杨晓梅, 等. 我国农业废弃物资源化利用现状与发展趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26): 13068-13070; 13076.
- [19] 田吉林, 奚振邦, 等. 无土栽培基质的质量参数(孔隙性)研究[J]. 上海农业学报, 2003(1): 46-49.
- [20] 赵帆, 颀建明, 冯致, 等. 酒泉市非耕地日光温室茄子栽培基质的筛选[J]. 甘肃农业大学学报, 2014, 49(5): 93-100.