

中图分类号: S532; S567 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2024)01-0030-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2024.01.004

黄芪秸秆基质优化应用对马铃薯原原种产量效益的影响

李亚杰^{1,2}, 范奕^{1,2}, 孔乐辉^{1,2}, 谭伟军^{1,2}, 张娟宁^{1,2},姚攀峰³, 李小舟⁴, 张明^{1,2*}, 韩傲仁^{1,2*}

(1. 定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743000; 2. 甘肃省马铃薯产业技术创新中心, 甘肃 定西 743000;

3. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070; 4. 甘肃省定西理工中等专业学校, 甘肃 定西 743000)

摘要: 农业废弃物资源化再利用是现代绿色农业发展的重要部分。为筛选适宜陇中地区马铃薯原原种生长的新型栽培基质, 以黄芪秸秆与草炭土、蛭石、椰糠基质的不同配制比为基础设置9个处理组, 对不同复配基质基础理化性质进行检测, 同时测定复配基质对马铃薯脱毒苗株高、茎粗及结薯数量的影响。10%黄芪秸秆+50%草炭土+40%椰糠处理下, 脱毒苗平均株高和茎粗在生育期内最高, 结薯数最多为605.00个/0.6 m², 较蛭石和椰糠分别高62.63%和34.05%, 与对照处理(蛭石和椰糠处理)差异达到显著水平($P<0.05$), 2~<5、5~<10、10~20 g级别块茎数量最多, 产投比较纯蛭石组增加58.91%。生产中建议采用10%黄芪秸秆+50%草炭土+40%椰糠作为新型栽培基质以提高马铃薯原原种产量及经济效益。

关键词: 栽培基质; 黄芪秸秆; 原原种; 产量

Influence of Astragalus Straw Substrate Optimization on the Yield and Benefit in Mini-tuber Production

LI Yajie^{1,2}, FAN Yi^{1,2}, KONG Lehui^{1,2}, TAN Weijun^{1,2}, ZHANG Juanning^{1,2},YAO Panfeng³, LI Xiaozhou⁴, ZHANG Ming^{1,2*}, HAN Jingren^{1,2*}

(1. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi, Gansu 743000, China;

2. Gansu Potato Industry Technology Innovation Center, Dingxi, Gansu 743000, China;

3. Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

4. Dingxi College of Science and Technology, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: The reuse of agricultural waste resources has become an important part of the development of modern green agriculture. In order to select a new type of culture substrate suitable for the production of mini-tuber in Longzhong region, the experiment involved the establishment of nine treatment groups based on varying proportions of *Astragalus* straw, turfy soil, vermiculite, and coconut bran matrix. The physicochemical properties of the different compound

收稿日期: 2024-02-01

基金项目: 甘肃省技术创新引导计划-农业类(22CX8NJ153); 定西市重点技术攻关专项(DX2022BZ38); 甘肃省自然科学基金(23JRRA1414); 甘肃省陇原青年英才专项资金; 甘肃省重点研发计划项目(23YFJN0005); 定西市科技计划资助项目(DX2023AY06); 甘肃省科技重大专项(23ZDNA006); 科技特派员(基地)专项(23CXNJ0017)。

作者简介: 李亚杰(1986-), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种及栽培技术研究。

***通信作者(Corresponding author):** 张明, 研究员, 主要从事马铃薯高效栽培技术研究, E-mail: zming1968@163.com; 韩傲仁, 研究员, 主要从事马铃薯脱毒种薯扩繁技术研究, E-mail: 409885682@qq.com。

matrices were analyzed, and their impact on plant height, stem diameter, and mini-tuber yield was evaluated. The plant height and stem diameter of virus-free seedlings cultured on a mixture containing 10% *Astragalus* straw, 50% turfy soil, and 40% coconut bran exhibited the highest value throughout the entire growth period, and the number of mini-tuber reached 605.00/0.6 m², which increased by 62.63% and 34.05% compared to the two controls, vermiculite and coconut bran, respectively. These differences were statistically significant when compared to the control treatments ($P<0.05$). In this treatment, the highest number of mini-tuber was observed in the weight ranges of 2- < 5 g, 5- < 10 g, and 10-20 g. Compared to vermiculite used only, this treatment resulted in an increase in input-output ratio by 58.91%. Therefore, a mixture containing 10% *Astragalus* straw, 50% turfy soil and 40% coconut bran could be used as a new cultivation substrate to improve the yield and economic benefit in mini-tuber production.

Key Words: cultivation substrate; *Astragalus* straw; mini-tuber; yield

“十四五”全国农业绿色发展规划指出, 推进农业绿色发展是农业发展观的一场深刻革命。随着农业生产发展, 中国粮食产量连续7年超过6亿t, 全国农作物秸秆总产量超过10亿t^[1]。推进农作物秸秆综合利用, 提升秸秆附加值成为关注点。目前, 中国秸秆资源化利用率较低, 秸秆大量丢弃或焚烧, 严重污染大气及农村环境^[2]。同时秸秆基质化利用研究起步晚, 研究技术落后, 未充分利用而造成秸秆资源浪费。因此, 利用秸秆作为生产栽培基质成为无土栽培基质研究热点^[3]。国外利用秸秆种植蔬菜已有50多年历史, 秸秆栽培基质在欧洲和加拿大应用较为普遍^[4,5]。

中国农作物秸秆主要来源于粮食作物^[6]、油料作物、麻类、糖料作物^[7]和蔬菜^[8]。秸秆作为栽培基质最初用于食用菌^[9-11]、蔬菜^[12]等大棚设施作物生产。蒋卫杰等^[12]首次开发出有机生态型无土栽培技术, 利用有机废弃物与草炭、炉渣、菌渣等混合作为栽培基质进行黄瓜(*Cucumis sativus*)无土栽培, 取得较好栽培效果。汪树生等^[6]采用淀粉糊为黏合剂与玉米秸秆粉混合制作栽培基质用于辣椒苗培育, 筛选出最优基质混配组合。

在甘肃省中部地区, 马铃薯种薯生产为特色优势主导产业, 原原种生产主要以蛭石为栽培基质, 但马铃薯原原种传统生产过程中存在蛭石基质成本高、污染环境, 不可再生、可利用资源有限等问题。本研究以中药材黄芪[*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge]秸秆、蛭石、草炭土、椰糠为主

要原料混配制成9种不同基质, 筛选适宜马铃薯脱毒苗生长发育的栽培基质, 为脱毒种薯高效繁育生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试马铃薯品种为‘陇薯7号’(晚熟), 材料类型为脱毒苗, 由定西市农业科学研究院马铃薯研究所提供。

栽培基质原料选用黄芪秸秆(定西市农业科学研究院中药材研究所)、蛭石(规格为2~4 mm, 灵寿县永顺矿产品加工厂)、椰糠(石家庄米宁科技有限公司)、草炭土(菏泽盛展生物科技有限公司)。基质理化性质如表1所示。

黄芪秸秆利用粉碎机处理为1~2 cm节段, 堆放于定西市农业科学研究院中药材晾晒场, 自然风干。将风干后的秸秆喷洒有机物料秸秆腐熟剂(洛阳欧克生物科技有限公司), 利用棚膜密封80~100 d, 使其充分发酵腐熟。用手揉搓, 秸秆易成碎末状态视为已完全腐熟。利用孔径0.8 cm的筛处理草炭土, 去除结块草炭。

1.2 试验设计

试验所用苗盘规格为0.45 m(长)×0.45 m(宽)×0.07 m(高)。试验设在网棚内采用离地栽培模式进行种植, 采用随机区组设计, 9个处理, 3次重复, 小区面积0.6 m², 定植密度为132株/0.6 m²。蛭石基质和椰糠基质作为对照CK1和CK2; 基质

原料配比详情如表2所示。基质混配均匀后测定其理化性质, 使用50%多菌灵(安徽广信农化有限公司)兑水10 kg喷洒16 m²基质表面继续杀虫灭菌。每个苗盘种植5排, 每排移植10个脱毒苗, 每隔20 d浇一次营养液(尿素5 g、磷酸二氢钾3 g、硫酸

钙1 g、硫酸镁0.5 g、硫酸锌0.001 g、硫酸铁0.003 g、硫酸铜0.001 g、硫酸锰0.003 g、硼酸粉0.002 g, 加水10 L溶解), 施用量为500 mL, 并及时防治病虫害。‘陇薯7号’脱毒苗于5月24日栽植, 9月18日收获。

表1 基质材料主要理化性质

Table 1 Main physical and chemical properties of different substrates

基质 Substrate	容重 (g/m ³) Bulk density	总孔 隙度(%) Total porosity	通气孔 隙度(%) Aeration porosity	持水孔隙度 (%) Water-holding porosity	水气比 Water-air ratio	pH	有机质 (%) Organic matter	水解性氮 (mg/kg) Hydrolyzed nitrogen	速效磷(mg/kg) Rapid available phosphorus	速效钾(g/kg) Rapidly available potassium
黄芪秸秆 <i>Astragalus</i> straw	0.15	120.20	82.69	37.51	0.45	9.51	77.40	1 560.00	800.00	44.50
蛭石 Vermiculite	0.23	92.81	3.08	89.74	29.18	7.18	8.87	6.45	4.52	0.17
椰糠 Coconut bran	0.12	110.15	36.90	73.25	1.99	5.78	69.20	277.00	549.00	15.10
草炭土 Turfy soil	0.82	85.60	13.72	71.82	2.57	6.82	80.42	523.80	1 200.00	65.21

表2 不同栽培基质原料复配体积比

Table 2 Composite volume ratio of raw materials for different cultivation substrates

基质类型 Substrate	黄芪秸秆(%) <i>Astragalus</i> straw	草炭土(%) Turfy soil	蛭石(%) Vermiculite	椰糠(%) Coconut bran
CK1	0	0	100	0
CK2	0	0	0	100
HT1	10	60	30	0
HT2	30	40	30	0
HT3	50	20	30	0
HT4	70	0	30	0
HT5	100	0	0	0
HT6	10	50	0	40
HT7	30	30	0	40
HT8	50	10	0	40
HT9	60	0	0	40

1.3 测定指标及方法

1.3.1 基质理化性质测定

取200 mL烧杯, 测其质量(m₁), 装自然风干待测基质到刻度线, 测其质量(m₂), 用多层纱布将装有基质的烧杯封口, 浸泡水中24 h, 将烧杯中基质上方水倒出, 取下纱布, 测其质量(m₃), 沥出烧杯内自由水, 测其质量(m₄), 按以下公式进

行计算:

容重(Bulk density, BD)(g/cm³) = (m₂ - m₁)/200

总孔隙度(Total porosity, TP) = (m₃ - m₂)/200 × 100%

通气孔隙度(Aeration porosity, AP) = (m₃ - m₄)/200 × 100%

持水孔隙度(Water-holding porosity, WHP) = 总孔隙度 - 通气孔隙度

水气比(WHP/AP) = 持水孔隙度/通气孔隙度

采用LY/T 1237—1999《森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算》^[13]测定基质有机质含量, LY/T 1228—2015《森林土壤氮的测定》^[14]测定基质水解性氮含量, LY/T 1232—2015《森林土壤磷的测定》(比色法)^[15]测定基质速效磷含量, LY/T 1234—2015《森林土壤钾的测定》^[16]测定基质速效钾含量。

采用pH计(希玛PH848, 希玛仪器仪表有限公司)测定基质酸碱度。

1.3.2 植株形态及生理指标测定

株高: 采用直尺测量, 从茎基部到植株最高点的垂直高度。

茎粗: 采用游标卡尺测定, 植株基部最粗处纵横两个方向直径的平均值。

1.3.3 结薯数

植株达到成熟期后, 拔除地上部枯叶, 以苗盘为单位进行人工收获并分级统计。

原原种级别共分为5级, 分别为<2 g、2~<5 g、5~<10 g、10~20 g与>20 g。

1.4 数据统计及分析

采用Microsoft Excel 2007软件进行数据处理, 采用Duncan's新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同复配基质基础理化性质

不同复配型基质理化性质差异较大(表3)。本试验所选基质容重均<1 g/cm³, 黄芪秸秆和椰糠有机质含量分别为77.40%和69.20%, 蛭石有机质含量最低, 为8.87%。在HT1~HT4中, 随黄芪秸秆含量增加, 混合基质容重呈下降趋势, pH、有机质、水解性氮、速效磷和速效钾均呈上升趋势, HT1、HT2、HT3、HT4总孔隙度在76.22%~87.38%, 通气孔隙度在11.31%~19.10%, 持水孔隙度在57.62%~76.08%, pH显碱性, 有机质在21.40%~45.90%, 水解性氮在656~1 120 mg/kg, 速效磷在227~506 mg/kg, 速效钾在2.41~28.40 g/kg。

表3 不同复配基质基础理化性质

Table 3 Basic physical and chemical properties of different compound substrates

处理 Treatment	容重 (g/cm ³) Bulk density	总孔 隙度(%) Total porosity	通气孔 隙度(%) Aeration porosity	持水孔隙度(%) Water-holding porosity	pH	有机质(%) Organic matter	水解性氮 (mg/kg) Hydrolyzed nitrogen	速效磷(mg/kg) Rapid available phosphorus	速效钾(g/kg) Rapidly available potassium
CK1	0.23	92.81	3.08	89.74	7.18	8.87	6.45	4.52	0.17
CK2	0.12	110.15	36.90	73.25	5.78	69.20	277	549	15.10
HT1	0.46	76.22	12.81	63.42	7.18	21.40	656	227	2.41
HT2	0.37	87.38	11.31	76.08	7.86	23.10	689	272	5.35
HT3	0.26	78.38	13.55	64.84	8.18	35.90	960	338	14.70
HT4	0.15	76.71	19.10	57.62	9.19	45.90	1 120	506	28.40
HT5	0.15	120.20	82.69	37.51	9.51	77.40	1 560	800	44.50
HT6	0.31	82.01	34.21	47.81	7.28	30.70	599	306	7.40
HT7	0.18	80.20	34.75	45.46	7.64	43.20	805	270	10.10
HT8	0.17	87.59	44.04	43.55	7.99	43.70	1 030	498	22.50
HT9	0.14	99.28	56.89	42.39	8.13	56.40	1 320	631	29.20

将蛭石替换为椰糠后, 随着黄芪秸秆含量增加, 混合基质容重和持水孔隙度均呈下降趋势,

pH、有机质、水解性氮和速效钾均呈上升趋势, HT6、HT7、HT8、HT9总孔隙度在80.20%~99.28%,

通气孔隙度在34.21%~56.89%, 持水孔隙度在42.39%~47.81%, pH显碱性, 有机质在30.70%~56.40%, 水解性氮在599~1 320 mg/kg, 速效磷在270~631 mg/kg, 速效钾在7.40~29.20 g/kg。

2.2 不同复配基质对马铃薯脱毒苗株高的影响

不同复配基质对脱毒苗株高产生不同的影响(表4)。在苗期, 与CK相比, HT6处理下株高最高, 与对照差异性达到显著水平($P < 0.05$), HT5处理下脱毒苗生长速度最慢, 株高最低, 仅为1.75 cm。

在块茎形成期, 平均株高表现为HT6 > HT1 > HT2 > HT8 > HT3 > HT7 > HT9 > CK2 > HT4 > CK1 > HT5, HT6处理较CK1和CK2显著增加56.72%和35.78%, 纯黄芪秸秆(HT5)处理下的脱毒苗株高依然最低, 脱毒苗生长缓慢, 平均株高仅有1.88 cm。在块茎膨大期, HT3处理下平均株高最高为45.62 cm, 较CK1和CK2显著增加58.07%和58.79%; 在淀粉积累期, 相对前期株高生长缓慢, 平均株高最高值和块茎膨大期保持一致水平。

表4 不同复配基质对马铃薯脱毒苗株高的影响

Table 4 Effect of different compound substrates on the height of potato virus-free seedlings

处理 Treatment	株高(cm) Plant height			
	苗期 Seedling	块茎形成期 Tuber formation	块茎膨大期 Tuber bulking	淀粉积累期 Starch accumulation
CK1	9.47±0.25bc	16.73±1.89f	28.86±0.88e	31.13±3.46d
CK2	8.70±1.20cd	19.31±1.33def	28.73±1.21e	29.03±1.37d
HT1	11.66±2.89ab	25.64±2.90ab	34.10±2.23cd	39.34±4.98abc
HT2	11.89±1.82a	25.27±5.03abc	38.51±3.89bc	39.21±1.90abc
HT3	9.49±1.31bc	22.78±0.85abcd	45.62±1.67a	46.01±1.51a
HT4	5.90±1.12e	17.52±1.99ef	41.49±4.04ab	41.87±0.39ab
HT5	1.75±0.28f	1.88±0.29g	39.42±0.31b	41.63±3.30abc
HT6	12.85±0.68a	26.22±1.99a	40.18±3.30b	40.18±0.77abc
HT7	9.60±1.08bc	21.98±2.89bcd	32.38±2.54de	34.98±4.37cd
HT8	7.26±0.88de	24.63±4.13abc	37.16±0.90bcd	40.89±6.21abc
HT9	6.17±2.25e	21.28±3.39cde	28.62±3.73e	35.12±3.54bcd

注: 同列不同小写字母表示不同处理差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P < 0.05$). The same below.

2.3 不同复配基质对马铃薯脱毒苗茎粗的影响

脱毒苗茎粗在块茎形成期和块茎膨大期呈上升趋势(表5), 在淀粉积累期保持稳定或略微下降。在苗期, 植株茎粗大小排序为HT6 > HT2 > HT1 > HT3 > HT7 > HT8 > HT9 > HT4 > HT5, 在块茎形成期, 茎粗大小排序为HT2 > HT3 > HT6 > HT1 > HT7 > HT8 > HT9 > HT4 > HT5, 处理HT5的植株茎粗值最低, 仅为1.61 mm, 与其他处理差异达到显著水平($P < 0.05$)。处理HT3在苗期表现一般, 仅为4.37 mm, 与对照处理差异不显著, 但在

块茎形成期、块茎膨大期及淀粉积累期, 茎粗超过5.79 mm, 尤其在淀粉积累期, 与对照处理差异达到显著水平($P < 0.05$)。处理HT2与HT6的茎粗在苗期、块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期表现稳定, 处理HT6的茎粗在马铃薯淀粉积累期最高, 而HT4和HT5处理在生长期表现较差。

2.4 不同复配基质对马铃薯原原种数量的影响

不同复配基质对原原种数量产生不同影响(表6)。10%黄芪秸秆+50%草炭土+40%椰糠(HT6)处理下的结薯数量最多, 达到605个/0.6 m², 较CK1和

CK2 分别高 62.63% 和 34.05%, 与对照处理差异达到显著水平($P < 0.05$)。HT6 处理下, 在 $2 \sim < 5$ 、 $5 \sim < 10$ 、 $10 \sim 20$ g 级别范围内块茎数量最多。在 > 20 g 级别中, HT1、HT2、HT3、HT6 及 HT9 原原种数量高于对照处理, 与对照差异性达到显著水平($P < 0.05$), 其中 HT3 处理下大于 20 g 的原原种数量最多。在 100% 黄芪秸秆作为基质时 (HT5), 原原种数量显著低于 CK 及其他处理, 结薯数仅有 56.67 个/ 0.6 m^2 。

2.5 不同复配基质对马铃薯原原种经济效益的影响

马铃薯原原种常规生产中, 采用纯蛭石和椰糠作为生产基质, 原原种所需总投入为 76.72 和 81.72 元/ m^2 , 其中基质费用分别为 13.00 和 18.00 元/ m^2 。马铃薯原原种按照重量 > 20 g/粒、 $10 \sim 20$ g/粒、 $5 \sim < 10$ g/粒、 $2 \sim < 5$ g/粒、 < 2 g/粒分级, 单价分别以 0.50 元/粒、0.45 元/粒、0.40 元/粒、0.35 元/粒、50.00 元/kg 计算。

表 5 不同复配基质对马铃薯脱毒苗茎粗的影响

Table 5 Effect of different compound substrates on stem diameter of potato virus-free seedlings

处理 Treatment	茎粗(mm) Stem diameter			
	苗期 Seedling	块茎形成期 Tuber formation	块茎膨大期 Tuber bulking	淀粉积累期 Starch accumulation
CK1	4.06±0.13cde	4.80±0.22b	5.53±0.29bc	5.58±0.06c
CK2	4.20±0.90cd	5.50±0.73ab	5.66±0.92abc	5.81±0.13bc
HT1	5.01±0.44abc	5.63±1.59ab	5.92±0.03abc	6.18±0.13a
HT2	5.27±0.03ab	6.02±1.03a	6.33±0.15ab	6.37±0.06a
HT3	4.37±0.59bcd	5.79±0.38ab	6.43±0.20a	6.43±0.16a
HT4	2.09±0.58g	4.35±0.95b	5.57±0.66abc	5.87±0.30bc
HT5	0.52±0.05h	1.61±0.09c	5.34±0.05c	5.51±0.28c
HT6	5.63±0.73a	5.75±0.22ab	6.43±0.72a	6.49±0.11a
HT7	3.82±0.48de	5.45±0.62ab	5.56±0.69abc	5.67±0.47bc
HT8	3.21±0.46ef	5.45±0.39ab	6.03±0.90abc	6.09±0.35ab
HT9	2.84±0.13fg	5.19±1.24ab	5.82±0.27abc	5.88±0.12bc

表 6 不同复配基质对马铃薯脱毒苗结薯数量的影响

Table 6 Effect of different compound substrates on tuber number of mini-tuber

处理 Treatment	结薯数(个/ 0.6 m^2)	结薯数(个/ 0.6 m^2)				
	Number of mini-tuber (No./ 0.6 m^2)	Number of mini-tuber (No./ 0.6 m^2)				
		> 20 g	$10 \sim 20$ g	$5 \sim < 10$ g	$2 \sim < 5$ g	< 2 g
CK1	372.00±3.46e	22.67±2.08de	63.00±6.79c	87.33±6.66bc	88.33±6.81c	110.67±4.73c
CK2	451.33±12.66cd	16.00±4.00e	71.67±4.34c	85.67±12.66c	118.67±11.93b	159.33±19.35a
HT1	495.67±46.76bc	50.00±13.53ab	90.67±11.68b	106.00±13.53b	148.00±5.20a	101.00±8.00cd
HT2	502.67±25.58b	58.67±13.58a	78.00±11.61bc	128.33±14.19a	122.33±8.50b	115.33±10.21bc
HT3	466.00±26.15bc	59.33±7.64a	94.33±10.67b	89.33±4.73bc	115.33±10.26b	107.67±7.51c
HT4	213.00±33.05g	33.33±8.96cd	44.33±19.90d	56.00±8.89d	32.33±12.66e	47.00±3.46f
HT5	56.67±21.20h	9.67±2.08e	6.67±26.47e	5.33±4.73e	18.67±10.69e	16.33±5.86g
HT6	605.00±14.18a	44.00±4.58bc	120.00±6.39a	144.00±11.79a	166.00±21.93a	131.00±11.14b
HT7	419.00±24.56d	16.00±6.08e	77.00±5.23bc	94.33±8.62bc	122.33±12.06b	109.33±10.41c
HT8	319.67±24.13f	23.67±8.74de	68.00±4.78c	79.00±8.89c	59.67±2.52d	89.33±8.74de
HT9	336.33±13.05ef	40.00±4.36bc	62.67±13.80c	85.33±12.01c	73.67±14.01cd	74.67±8.96e

HT6处理下经济效益为187.89元/m², 总投入为85.02元/m², 产出为272.90元/m², 产投比达到3.21, 产投比较纯蛭石(CK1)增加58.91%, 较

纯椰糠(CK2)增加49.30%。100%纯黄芪处理(HT5)下, 产出、经济效益最低, 产投比小于1(表7)。

表7 不同复配基质对马铃薯原原种经济效益的影响

Table 7 Effect of different compound substrates on economic benefit of mini-tuber

处理 Treatment	投入(元/m ²) Input (Yuan/m ²)			产出(元/m ²) Output (Yuan/m ²)		产投比 Input-output ratio
	基质 Substrate	其他 Others	总投入 Total input	总产出 Total output	经济效益 Economic benefit	
CK1	13.00	63.72	76.72	155.33	78.61	2.02
CK2	18.00	63.72	81.72	175.78	94.06	2.15
HT1	20.40	63.72	84.12	226.68	142.56	2.69
HT2	19.80	63.72	83.52	226.68	143.16	2.71
HT3	19.20	63.72	82.92	211.84	128.93	2.55
HT4	18.60	63.72	82.32	99.99	17.67	1.21
HT5	21.00	63.72	84.72	24.16	-60.56	0.29
HT6	21.30	63.72	85.02	272.90	187.89	3.21
HT7	20.70	63.72	84.42	178.71	94.29	2.12
HT8	20.10	63.72	83.82	138.35	54.53	1.65
HT9	19.80	63.72	83.52	154.01	70.49	1.84

3 讨论

农作物秸秆资源化利用是践行绿色发展理念的重要举措。甘肃省为中国重要中药材种植省份之一, 甘肃省陇中地区是典型温带大陆性季风气候, 当地日照充足, 气候温和, 降水量年际差异大, 气候特点与黄芪生长发育规律相吻合。随着中药材种植面积增加及产业发展, 中药材生产及深加工产业化过程中产生的秸秆等废弃物及副产品产量每年可达几十吨, 但尚未得到有效利用, 不仅造成资源浪费, 而且导致生态环境污染。本研究根据资源可开发性、重复利用性及理化性质, 选用中药材黄芪秸秆为基质复配原料, 旨在实现中药材秸秆高附加值绿色循环利用, 挖掘中药材秸秆资源价值, 实现中药资源产业化过程中废弃物有效利用, 促进产业链延伸, 对提高中药材全产业链条的经济效益、社会效益、生态环境效益和安全效益具有重要意义。

基质理化性质及性能指标影响植株生长^[17]。

NY/T2118—2012《蔬菜育苗基质》^[18]规定, 基质容重在0.20~0.60 g/cm³, 总孔隙度>60%, 通气孔隙度>15%, 持水孔隙度>45%, pH为5.5~7.5, 水解性氮50~500 mg/kg, 速效磷10~100 mg/kg, 速效钾50~60 g/kg。本研究基质容重为0.14~0.46 g/cm³, 所选基质容重均小于1 g/cm³, HT1~HT9所有处理总孔隙度均大于60%, HT1~HT3的通气孔隙度<15%, HT4~HT9的通气孔隙度>15%, HT5持水孔隙度为37.51%, HT5处理下基质总孔隙度、通气孔隙度、有机质、pH、水解性氮、速效钾、速效磷的含量均高于复配型基质, 且达到最高值, 总容重较低, 持水孔隙度值最低。HT8与HT9持水孔隙度<45%, HT6与HT1 pH分别为7.28和7.18, 其余处理pH均大于7.5。本研究中所测定的水解性氮在599~1 560 mg/kg, 速效磷在227~800 mg/kg, 高于标准范围, 速效钾在2.41~44.50 g/kg, 复配基质速效钾含量不符合标准规定。

在本研究对蛭石理化性质测定发现总孔隙度、有机质含量、水解性氮、速效磷等各项指标

均低于椰糠, 由蛭石作为单一基质对脱毒苗生长效果不明显, 卞春松等^[19]得出蛭石和草炭组成的基质最适宜微型薯生产, 单株块数和总块数最多, 单块重和单株块重最重, 可能是蛭石与其他原料形成的复配型基质可优化基质理化性质, 改善生长环境从而增加农作物产量。通过检测发现黄芪秸秆的总孔隙度达到120.20%, 有机质含量77.40%、水解性氮为1 560 mg/kg、速效磷为800 mg/kg、速效钾为44.50 g/kg, 椰糠总孔隙度为110.15%、有机质含量为69.20%、水解性氮为277 mg/kg、速效磷为549 mg/kg、速效钾为15.10 g/kg。基质原料中加入草炭土可固定植株根系, 保证根系不断吸收土壤中营养元素, 椰糠起到疏松、通气、排水作用, 防止基质聚水导致根系腐烂, pH 7.28 为植株正常生长提供良好的中性生长环境条件。综上, 本研究表明10%黄芪秸秆+50%草炭土+40%椰糠处理下的脱毒苗株高和茎粗在生育期内较高, 结薯数量最多, 与对照处理差异达到显著水平($P<0.05$)。该处理下总产出、经济效益和产投比表现最好, 此基质复配组合可在生产中推广应用。

此外, 通过研究发现不同原料基质复配后各项理化指标如容重、孔隙度、pH、电导率和养分含量等往往不能同时达到理想的标准范围, 各项物料的添加在改善一部分性状的同时, 对其他指标产生一定程度负作用, 因此最佳配方的选择和评价应通过多年基质栽培试验验证, 以作物生长状况优劣作为重要参考标准。同时, 在重复利用方面增加基质循环利用率, 用于马铃薯脱毒种薯生产基质通过人工杀菌消毒, 可做园艺产品的生产基质, 通过二次利用增加基质附加值。

[参 考 文 献]

[1] 李宇翔, 孙杰, 丛裕霖, 等. 秸秆类农作物利用现状及新发展方向[J]. 山东化工, 2023, 52(8): 120-122.
[2] 苏继峰, 朱彬, 周韬, 等. 秸秆焚烧导致南京及周边地区2次空气污染事件的成因比较[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(1):

37-41.

[3] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 515-519.
[4] Ghehsareh M A, Hematian M, Kalbasi M. Comparison of date-palm wastes and perlite as culture substrates on growing indices in greenhouse cucumber [J]. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2012, 1(1): 1-4.
[5] Zenebe G, Weldesemayat G, Getachew B, et al. Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates [J]. AMB Express, 2016, 6(1): 87.
[6] 汪树生, 高双娜, 冯晨, 等. 玉米秸秆栽培基质对辣椒育苗效果的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2019, 41(4): 414-418.
[7] 李昕竺, 曾先富, 沈鹰, 等. 秸秆栽培食用菌的现状与发展趋势(综述)[J]. 食药菌, 2015, 23(4): 222-224.
[8] 杨晓磊, 朱恩, 王站付, 等. 蔬菜秸秆基质对黄瓜生长和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(22): 155-156.
[9] 郭正霞, 刘丹红. 农作物秸秆基质化栽培食用菌高产技术[J]. 农业工程技术, 2020, 40(35): 70-71.
[10] 崔永峰, 赵培强. 四种农作物秸秆基质化栽培平菇的研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2022, 53(3): 368-373.
[11] 马银鹏, 周舒扬, 马庆芳, 等. 玉米秸秆基质对黑木耳栽培的影响[J]. 北方园艺, 2022(19): 122-128.
[12] 蒋卫杰, 郑光华, 汪浩, 等. 有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础[J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 139-144.
[13] 国家林业局. LY/T 1237—1999 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算[S]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
[14] 国家林业局. LY/T 1228—2015 森林土壤氮的测定[S]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
[15] 国家林业局. LY/T 1232—2015 森林土壤磷的测定[S]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
[16] 国家林业局. LY/T 1234—2015 森林土壤钾的测定[S]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
[17] 范如芹, 罗佳, 严少华, 等. 农作物秸秆基质化利用技术研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(3): 410-416.
[18] 中华人民共和国农业部. NY/T 2118—2012 蔬菜育苗基质[S]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
[19] 卞春松, 金黎平, 谢开云, 等. 不同基质对马铃薯微型高效生产的影响[J]. 种子, 2003(5): 104-106.