魏然杰,池华聚,廉伟洪,等.添加不同来源养分对椰糠基质育苗效果的改良评价[J].山西农业大学学报(自然科学版),2025,45(1):103-113.
Wei R J, Chi H J, Lian W H, et al.Improved evaluation of seedling cultivation efficiency in cocopeat substrate through the addition of diverse nutrient sources[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2025,45(1):103-113.
doi: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202405022

添加不同来源养分对椰糠基质育苗效果的改良评价

魏然杰[1],池华聚[2],廉伟洪[3],刘铮[4*],刘欣宇[5,6*]

(1.山东省沂水县龙家圈街道农业综合服务中心,山东 沂水,276405;2.新疆理工学院 经济管理学院,新疆 阿克苏,843100;
3.长春大学 园林学院,吉林 长春,130000;4.辽宁省农业科学院 农村经济研究所,辽宁 沈阳,110161;
5.中国农业大学有机循环研究院(苏州),江苏 苏州,215100;6.苏州市上辽现代农业发展有限公司,江苏 苏州,215335)

摘　要:[目的]适宜基质对培育优质秧苗有重要意义,目前常用的泥炭为主的基质对生态环境造成了严重的压力,探寻适宜的泥炭替代材料迫在眉睫。椰糠被视为具有替代泥炭潜力的物料,但其自身养分较难满足作物幼苗生长需求,探索不同来源养分对椰糠的养分补充效果,有助于增加椰糠在基质中作用、降低泥炭在基质中的比重。[方法]将10%珍珠岩、30%泥炭、50%椰糠分别与10%的猪粪有机肥(T1)、腐熟稻壳(T2)或农用腐殖酸(T3)3种养分源配制形成3种育苗基质,以"90%泥炭+10%珍珠岩"(CK1)和"30%泥炭+60%椰糠+10%珍珠岩"(CK2)为2个对照组,分别开展黄瓜和水稻的育苗试验。通过测定黄瓜和水稻的生长状况、育苗基质的理化性质和育苗基质的配制成本,评价不同来源养分对椰糠基质育苗的改良效果。同时邀请10位长期从事农业实际生产的技术人员对基质和幼苗生长状况进行评价打分,从农业实际角度验证最佳优选配方。[结果]本研究所采用的3种基质配方在种子萌发方面均具有良好效果,各处理的发芽指数均超过了100%。3种养分原料对于育苗基质的物理性质影响有限,但显著影响了育苗基质的化学性质,其中添加腐熟稻壳处理的pH最高,比CK1的pH高15.79%,添加腐熟稻壳和添加农用腐殖酸处理的EC最高,比CK1的EC高7.41%。经过对幼苗生长的综合评价,在黄瓜幼苗的生长状况方面,3种养分原料相对于CK2处理均实现了显著的改良,其中T1处理在株高、茎粗、叶绿素含量和地上部干重指标方面相对于CK1处理分别显著高出了16.99%、30.06%、18.13%和28.57%。在水稻幼苗的生长状况方面,添加猪粪有机肥和农用腐殖酸处理相对于CK1和CK2处理均实现了显著的改良效果,添加腐熟稻壳处理同CK2处理之间无显著差异。添加猪粪有机肥处理能同时实现黄瓜和水稻幼苗的最佳生长,但其配制成本相比其它处理也最高为0.54元/L,比CK1处理配制成本(0.47元/L)高14.89%。经过农业技术人员评价打分,农户对CK1处理和添加猪粪有机肥处理所代表的基质配方在黄瓜和水稻的育苗过程中表现出了最强的使用意愿。[结论]配方为"10%猪粪有机肥+30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩"的基质能够同时满足黄瓜和水稻幼苗的生长需求。

关键词:椰糠;育苗基质;蔬菜;水稻;专家评分法
中图分类号:S476　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1671-8151(2025)01-0103-11

Improved evaluation of seedling cultivation efficiency in cocopeat substrate through the addition of diverse nutrient sources

Wei Ranjie[1], Chi Huaju[2], Lian Weihong[3], Liu Zheng[4*], Liu Xinyu[5,6*]

(*1.Agricultural Comprehensive Service Centre of Longjiahui sub-district of Yishui County in Shandong Province, Yishui*

收稿日期:2024-05-17　　**修回日期**:2024-09-12
基金项目:国家自然科学基金面上项目(32071552);城乡和住房建设部科技示范项目(S20220395);江苏省碳达峰碳中和科技创新专项(BM2022006);辽宁省社会科学规划基金项目(L21CJY016);新疆维吾尔自治区高校科研基本业务费科研项目(XJEDU2024J135)
作者简介:魏然杰(ORCID:0009-0003-4892-1837),高级农艺师,研究方向:有机废弃物资源化利用
*通信作者:刘铮(ORCID:0009-0006-8032-5404),博士,副研究员,从事资源利用与农业经济,E-mail:liuzheng@laas.cn;
刘欣宇(ORCID:0000-0001-5655-1301),硕士,助理研究员,研究方向:有机废弃物资源化利用,E-mail:liuxinyu@slaas.cn

276405, *China*; *2.College of Economics and Management*, *Xinjiang Institute of Technology*, *Aksu 843100*, *China*; *3.College of Landscape Architecture*, *Changchun University*, *Changchun 130000*, *China*; *4.Institute of Rural Economy*, *Liaoning Academy of Agricultural Sciences*, *Shenyang 110161*, *China*; *5.Organic Recycling Research Institute (Suzhou)*, *China Agricultural University*, *Suzhou 215100*, *China*; *6.Suzhou Shangliao Modern Agriculture Development Co.*, *Suzhou 215335*, *China*)

Abstract: [Objective] Suitable substrates are crucial for cultivating high-quality seedlings. Common peat-based substrates exert significant pressure on the ecological environment, necessitating the search for suitable alternatives. Coconut coir is a promising substitute for peat, but its limited nutrient content cannot fully meet crop seedling growth requirements. This study aimed to explore the effects of different nutrient sources on enhancing coconut coir-based substrate to reduce peat usage. [Methods] Three seedling substrates were formulated using 10% organic pig manure, fermented rice husks, or agricultural humic acid as nutrient sources, combined with 10% perlite, 30% peat, and 50% coconut coir. Two control groups, CK1 (90% peat+10% perlite) and CK2 (30% peat+60% coconut coir+10% perlite), were used in cucumber and rice seedling experiments. Measurements included seedling growth conditions, physical and chemical properties of the substrates, and formulation costs. Additionally, 10 agricultural technicians evaluated and scored the substrates and seedling growth to identify the optimal formula from an agricultural perspective. [Results] All three substrate formulations showed excellent seed germination performance, with germination indices exceeding 100%. While the nutrient sources had limited effects on the substrates' physical properties, they significantly impacted chemical properties. The substrate with fermented rice husks exhibited the highest pH, 15.79% higher than CK1, and the fermented rice husks and agricultural humic acid treatment achieved the highest EC, 7.41% higher than CK1. Comprehensive seedling growth evaluation showed that all three nutrient treatments significantly improved cucumber seedling growth compared to CK2. The T1 treatment (10% pig manure) led to increases of 16.99%, 30.06%, 18.13%, and 28.57% in plant height, stem diameter, chlorophyll content, and above-ground dry weight, respectively, compared to CK1. For rice seedlings, pig manure and agricultural humic acid treatments significantly outperformed CK1 and CK2, whereas the fermented rice husk treatment showed no significant difference compared to CK2. The pig manure treatment promoted optimal growth for both cucumber and rice seedlings, though its formulation cost was the highest at 0.54 yuan/L, 14.89% higher than CK1 (0.47 yuan/L). Farmer evaluations indicated a strong preference for CK1 and the pig manure treatments during seedling cultivation for both crops. [Conclusion] The substrate formulation "10% organic fertilizer from pig manure+30% peat+50% cocopeat+10% perlite" effectively meets the growth requirements of cucumber and rice seedlings.

Keywords: Cocopeat, Seedling substrate, Vegetables, Rice, Expert scoring method

秧苗质量对于作物的生长、产量及品质都具有重要的影响[1]。为培育出优质的秧苗,除了光照、温度及水分等环境因素之外,优良的种质资源和适宜的基质同样不可或缺[2]。其中,基质的选择对于从事农业生产的技术人员来说至关重要。在当前的基质市场中,以泥炭为主要成分的基质仍然占据相当大的比例[3]。从环境角度而言,泥炭作为一种不可再生资源,过度的开采对生态环境造成了严重的压力,同时也将泥炭中固定的碳再次释放至大气环境中[4]。从生产角度而言,国内泥炭的价格普遍在0.5元/L左右,市面上基质的价格大约在0.7元/L,在基质中大批量的使用泥炭无疑会增加基质的制备成本[5]。因此,寻找一种适宜代替泥炭进行基质配制的材料是众多学者长期以来重点关注的问题。基于前期关于中国蔬菜育苗基质发明专利的调研,我们发现在基质配方中出现频率最多且具有替代泥炭潜力的原料主要是畜禽粪便、秸秆和椰糠[6]。从生产程序的便捷角度来看,畜禽粪便和秸秆均需要经过腐熟发酵形成相应的有机肥才能够参与基质的配制,且为了符合基质相关的标准[7],酸碱度(pH)和电导率(EC)相对较高的有机肥难以大量的应用于基质的配制[8]。椰糠经过脱盐处理,能够极大的降低其EC值,免除对作物的盐胁迫,且椰糠自身的物理性质如容重和孔隙度等也更加符合作物幼苗生长的需求[9]。因此,在基质的相关研究中,椰糠越来越多的被视为具有替代泥炭潜力的物料[10-12]。

然而,椰糠在基质的配制过程中也存在着其自身的缺陷。最为主要的问题在于椰糠经过脱盐处理后,其自身的养分含量难以满足作物幼苗正常的生长需求,而外源养分的添加是一种较易实现的解决办法。基于前期的相关研究,并结合关于育苗基质的实地调研结果,我们发现农户在自制育苗基质时添加频率较高的原料包括腐熟稻

壳、猪粪有机肥和农用腐殖酸,或许上述3种材料具有解决椰糠基质中作物幼苗因养分不足而生长状况不佳这一问题的可能。为了综合评判补充不同来源养分后椰糠基质对不同作物的适宜性,同时也为了贴合基质在农业生产过程中的实际应用途径,本研究选取了黄瓜和水稻作为培育对象,旨在提供一种能够满足不同培育形式下作物幼苗生长需求的综合性基质,为进一步降低泥炭在基质中的比重提供更为全面的研究思路和技术依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试泥炭购自丹麦Pindstrup公司,供试珍珠岩购自广东辰兴农业有限公司,供试椰糠购自厦门仙兔园艺科技有限公司,供试猪粪有机肥购自杭州萧山汇仁复合有机肥料有限公司,供试农用腐殖酸购自唐山市汉沽管理区大辰苗木培育中心,供试腐熟稻壳为中国农业大学有机循环研究院(苏州)自制。供试黄瓜品种为'申青1号',供试水稻品种为'南粳46号'。供试材料的基本理化性质详见表1。

1.2　研究方法

试验于2023年10月9日在中国农业大学有机循环研究院(苏州)人工气候与植物培养中心进行,并于2023年11月20日获得试验所需全部数据。在预实验基础上,本试验以"30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%养分源"为基质配方,仅养分来源不同,分别为猪粪有机肥、腐熟稻壳、农用腐殖酸,即30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%猪粪有机肥(T1)、30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%腐熟稻壳(T2)和30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%农用腐殖酸(T3)共3个处理。同时,以"90%泥炭+10%珍珠岩"和"30%泥炭+60%椰糠+10%珍珠岩"为对照处理,分别记为CK1和CK2。本研究共选取黄瓜和水稻2种栽培作物进行育苗试验。

1.2.1　试验材料预处理

供试椰糠按照每公斤添加6.67 L清水的比例进行30 min泡发,最终获得含水率为86.96%的松散椰糠。其余供试原料均经过自然风干后保存备用。黄瓜种子利用10%次氯酸钠溶液进行5 min消毒,水稻种子置于30 ℃的环境中经24 h浸种和48 h催芽后开展试验,其中水稻浸种液为10 g/L的杀螟·乙蒜素。

1.2.2　萌发特征测定

依据行业标准《NY/T 525-2021 有机肥料》中规定的方法[13],并结合王国英等的相关研究[14],以清水(CKW)为对照,选用萝卜种子对基质的萌发特征进行测定。相关指标的计算如下:

$$\text{相对发芽率}(\%)=\frac{\text{清水对照组发芽种子个数}}{\text{试验材料组发芽种子个数}}\times 100$$

$$\text{相对根长}(\%)=\frac{\text{清水对照组种子总根长}}{\text{试验材料组种子总根长}}\times 100$$

$$\text{发芽指数}(\%)=\frac{\text{相对发芽率}\times\text{相对根长}}{100}$$

表1　供试原料的理化性质

Table 1　Physical and chemical properties of the test material

指标 Indices	泥炭 Peat	珍珠岩 Perlite	椰糠 Cocopeat	猪粪有机肥 Pig manure organic fertilizer	腐熟稻壳 Fermented rice husk	农用腐殖酸 Agricultural humic acid
pH	5.62	6.91	5.56	7.21	7.45	5.58
电导率/(μS/cm) EC	490.56	90.50	505.37	849.56	659.67	756.47
碱解氮/(g/kg) AN	0.59	0.09	0.09	3.83	0.78	2.02
有效磷/(g/kg) AP	0.13	0.08	0.05	2.53	0.93	0.99
速效钾/(g/kg) AK	0.41	0.03	0.02	7.51	0.41	120.98
有机质/% OM	71.32	0.00	64.37	49.96	20.32	50.64
容重/(g/cm^3) Bulk density	0.27	0.05	0.04	0.52	0.15	0.62
总孔隙度/% Total porosity	81.35	72.15	84.73	52.31	67.18	40.16

1.2.3 黄瓜育苗基质试验

参考刘欣宇等[15]的方法开展黄瓜育苗试验。每穴放置1粒黄瓜种子,每育苗盘50穴。每处理设置3次重复,每穴盘为1次重复。将穴盘置于25 ℃、80% 湿度人工气候室中培育15 d,每穴盘等量浇灌1.5 L清水,试验期间每48 h补水500 mL。

1.2.4 水稻育秧基质试验

参考Ge等[16]的方法开展水稻育苗试验。将水稻种子点播于距离基质表层0.2 cm处,每盘点播水稻种子50粒。每处理设置3次重复,每盘为1次重复。将育秧盘置于30 ℃、80% 湿度的人工气候室中培育28 d,每育秧盘均匀浇水1 L,试验期间每24 h浇水1 L。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 基质理化性质测定

参考行业标准《NY/T 2118-2012 蔬菜育苗基质》[7]中的规定对基质的容重、通气孔隙度、持水孔隙度、总孔隙度进行测定:选取体积为200 mL的带底盖环刀,称取环刀质量记为M_0;将新鲜基质样品以育苗时的紧实状态均匀装入环刀中,称取环刀和基质质量记为M_1;将环刀与基质在105 ℃下烘干4 h,干燥器中自然冷却4 h后称取环刀和基质质量,记为M_2;将风干基质样品以育苗时的基质紧实状态装入环刀并扣上带孔的顶盖,称取质量记为M_3;将环刀置于清水中浸泡24 h,称取质量记为M_4;将环刀置于铺有滤纸的漏斗上自然沥干3 h,称取质量记为M_5。测定指标具体计算方式如下:

$$容重=(M_1-M_0)\times\left(1-\frac{M_1-M_2}{M_1-M_0}\right)$$

$$总孔隙度=(M_4-M_3)/200$$

$$通气孔隙度=(M_4-M_5)/200$$

$$持水孔隙度=总孔隙度-通气孔隙度$$

参考鲍士旦[17]的方法,测定不同处理的pH、EC、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量和速效钾含量。

1.3.2 黄瓜幼苗生长指标测定

培养15 d后,记录每穴盘的出苗数。每穴盘于非边界区域随机选取15株,利用钢尺测量黄瓜幼苗株高,通过叶绿素含量测定仪测定黄瓜幼苗完全展开叶的叶绿素相对含量。采用长宽系数法测定黄瓜幼苗最大叶叶面积,以游标卡尺测定黄瓜幼苗茎粗。清水洗净根系后通过根系扫描仪测定黄瓜幼苗根长、根面积。用滤纸将植株表面水分吸干后分别进行地上部和地下部鲜重的测定,随后放入烘箱在105 ℃下杀青1 h,之后在80 ℃下烘干至恒重,通过电子分析天平进行干重的测定并计算壮苗指数。壮苗指数计算方式如下所示:

$$壮苗指数=\left(\frac{茎粗}{株高}+\frac{根干重}{地上部干重}\right)\times(地上部干重+根干重)$$

1.3.3 水稻幼苗生长指标测定

培养5 d后,统计水稻种子出苗数,计算出苗率。培养28 d后,每育秧盘于育秧盘非边界区域随机选取15株测定水稻幼苗的株高、茎粗、根长、地上(下)部鲜(干)重和壮苗指数。测定方法同本文1.3.2节。

1.3.4 育苗效果评价调研

邀请10位长期从事农业实际生产的技术人员分别对基质和幼苗生长状况进行评价打分,评价指标包括幼苗观感、根系发育、基质触感、经济成本和使用意愿。分数设定标准分别为0(差)、1(一般)、3(良好)、5(优秀)。

1.4 数据处理与分析

利用Excel 2019软件对原始数据进行统计,采用DPS18.1软件通过Duncan's新复极差法对数据进行单因素方差分析,图片绘制使用Origin 2021 Pro软件。

2 结果与分析

2.1 不同处理基质中种子萌发特征

从表2中可以看出,所有处理的发芽率都达到了100%,这表明椰糠基质对于促进种子萌发具有较好的效果。从根长方面来看,所有基质处理相对于清水(CKW)均有所增加。其中,T2和T3处理之间的根长差异不显著,但均显著高于T1处理。具体来看,与CKW相比,CK1根长增加了13.89%,CK2根长增加了13.24%,T1根长增加了18.49%,T2根长增加了29.03%,T3根长增加

表2　不同处理基质的发芽状况

Table 2　Germination status of different treatment substrates

处理 Treatments	相对发芽率/% Germination rate	相对根长/cm Root length	发芽指数/% Germination index
CKW	100a	33.32c	—
CK1	100a	45.20a	136.01a
CK2	100a	45.05a	135.48a
T1	100a	39.47b	118.87b
T2	100a	43.30ab	130.41ab
T3	100a	43.17ab	130.24ab

注:同一列不同小写字母代表显著性差异($P<0.05$)。CKW代表清水,CK1代表90%泥炭+10%珍珠岩,CK2代表30%泥炭+60%椰糠+10%珍珠岩,T1~T3分别代表30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%猪粪有机肥、30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%腐熟稻壳、30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%农用腐殖酸。表3~表7同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$). CKW: water, CK1: 90% peat+10% perlite; CK2: 30% peat+60% coir+10% perlite; T1: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% organic manure from pig manure; T2: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% rotted rice husk, and T3: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% agricultural humic acid. The same as Table 3 to Table 7.

了28.60%。最后,从发芽指数来看,添加不同来源养分的处理(T1、T2、T3)相对于CK1和CK2均有所下降,T2、T3和对照之间差异不显著。

2.2　不同处理基质物理性质

从表3中可以看出,在容重方面,T1、T2、T3处理均显著高于CK1和CK2。其中,T3处理容重最高,达到0.26 g/cm^3,比CK1容重(0.19 g/cm^3)高36.84%,比CK2的容重(0.22 g/cm^3)高18.18%。在通气孔隙度方面,T1、T2、T3处理均显著低于CK1和CK2。其中,CK1的通气孔隙度最高,达到43.45%,而T3处理的通气孔隙度最低,仅为27.33%。与CK1相比,T1、T2、T3处理分别下降了15.64%、16.09%、16.16%。在持水孔隙度方面,T1、T2、T3处理均显著高于CK1,但显著低于CK2。与CK1相比,T1、T2、T3处理分别提高了16.78%、18.48%、9.68%。在总孔隙度方面,CK2的总孔隙度最高,达到83.49%,而T3处理的总孔隙度为78.65%,显著低于其余处理。与CK1相比,T1、T2、T3处理分别高7.00%、9.09%、7.56%。

表3　不同处理基质的物理性质

Table 3　Physical properties of different treatments substrates

处理 Treatments	容重/(g/cm^3) Bulk density	通气孔隙度/% Aeration porosity	持水孔隙度/% Water-holding porosity	总孔隙度/% Total porosity
CK1	0.19c	43.45a	37.13d	80.58b
CK2	0.22b	24.72c	58.76a	83.49a
T1	0.25a	27.27b	54.53b	81.80ab
T2	0.21b	26.90b	56.06b	82.95a
T3	0.26a	27.33b	51.32c	78.65c

2.3　不同处理基质化学性质

从表4中可以看出,在pH方面,T1、T2、T3处理均显著高于CK1和CK2。其中,T2处理的pH最高,达到6.47,比CK1的pH(5.60)高15.79%,比CK2的pH(5.53)高21.58%。在EC方面,T1、T2、T3处理均显著高于CK1。其中,T2和T3处理的EC最高,达到0.58 mS/cm,比CK1的EC高7.41%,比CK2的EC高3.57%。在碱解氮含量方面,T2处理均显著高于CK1和CK2,是所有处理中的最高值,达到0.60 g/kg。在有效磷含量方面,T1、T2和T3处理同CK2处理之间无显著差异,而T2和T3处理显著低于CK1。在速效钾含量方面,T2、T3处理均显著高于CK1和CK2。其中,T3处理的速效钾含量最高,达到10.43 g/kg。在有机质含量方面,T1、T2、T3处理均显著低于CK1和CK2。其中,T1处理的有机质含量最低,为55.66%。

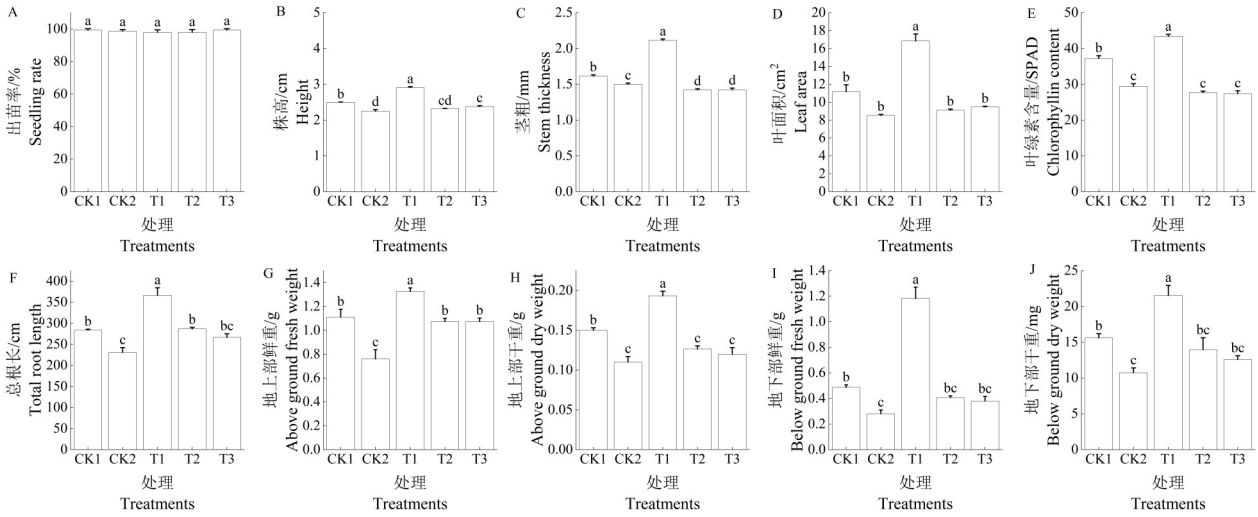
2.4　黄瓜幼苗生长状况

通过黄瓜幼苗的各项生长指标(图1),可以看出各基质上黄瓜的出苗率并未出现显著差异(图1A),各处理的出苗率均在98.00%以上。然而在株高(图1B)、茎粗(图1C)、叶绿素含量(图1D)和地上部干重(图1H)指标上,除了T1处理之外,其余处理的表现均显著低于CK1处理。T1处理在上述指标方面相对于CK1处理分别显著高出了16.99%、30.06%、18.13%和28.57%。而在其余生长指标方面,T1处理也同样显著高于其余处理。T2和T3处理在叶面积、叶绿素含量、地上部干重和地下部生物量方面则与CK2处理无显著差异,而在茎粗指标上显著低于CK2处理,T3处理仅在株高指标上显著高出了CK2处理5.78%。

表4 不同处理基质的化学性质

Table 4 Chemical properties of different treatments substrates

处理 Treatments	pH	EC/(mS/cm)	碱解氮含量/(g/kg) Alkaline nitrogen	有效磷含量/(g/kg) Available phosphorus	速效钾含量/(g/kg) Available potassium	有机质含量/% Organic matter
CK1	5.60c	0.54c	0.49b	0.63a	0.38c	64.07a
CK2	5.53c	0.56bc	0.25e	0.12b	0.31c	61.40b
T1	5.90b	0.59a	0.31d	0.36ab	0.32c	55.66d
T2	6.47a	0.58ab	0.60a	0.18b	1.04b	57.92c
T3	5.93b	0.58ab	0.43c	0.18b	10.43a	57.83c



不同小写字母代表差异显著($P<0.05$)。CK1代表90%泥炭+10%珍珠岩,CK2代表30%泥炭+60%椰糠+10%珍珠岩,T1~T3分别代表30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%猪粪有机肥、30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%腐熟稻壳和30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%农用腐殖酸

Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$). CK1: 90% peat+10% perlite; CK2: 30% peat+60% coir+10% perlite; T1: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% organic manure from pig manure; T2: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% rotted rice husk; T3: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% agricultural humic acid

图1 黄瓜幼苗生长指标

Fig.1 Cucumber seedling growth indices

2.5 水稻幼苗生长状况

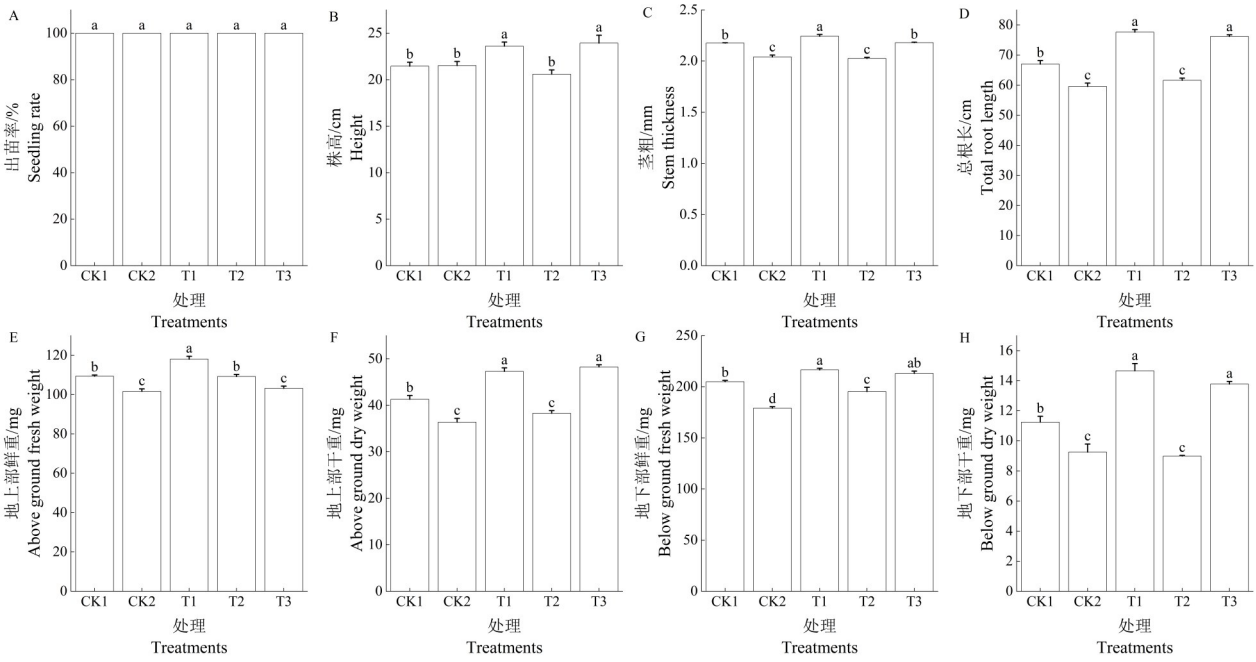
从水稻幼苗的生长情况可以看出(图2),类似于黄瓜幼苗的出苗率,各基质上水稻幼苗的出苗率无显著差异,各处理水稻幼苗出苗率均达到了100%(图2A)。T1和T3处理水稻幼苗的株高(图2B)、总根长(图2D)、地上部干重(图2F)和地下部干重(图2H)均达到了相对最高的水平,且二者之间无显著差异,而CK2处理总根长、地上部干重、地下部干重均显著低于CK1处理。T1和T3处理相对于CK1处理株高、总根长、地上部干重、地下部干重分别最多提升了10.00%、15.79%、14.49%和30.42%。T2处理除了在地上部鲜重和地下部鲜重这2项指标显著高于CK2处理外,出苗率、株高、茎粗等其余指标均与CK2处理无显著差异。

2.6 黄瓜和水稻幼苗的壮苗指数

从表5中可以看出,在黄瓜的壮苗指数方面,T1处理最高,达到1.01,比CK1的壮苗指数(0.74)高36.49%,比CK2的壮苗指数(0.53)高86.32%。在水稻的壮苗指数方面,T1和T3处理均显著高于CK1和CK2。其中,T1处理的水稻壮苗指数最高,达到23.84,比CK1的水稻壮苗指数(17.81)高33.75%,比CK2的水稻壮苗指数(15.15)高57.89%。T1处理使得黄瓜育苗基质和水稻育秧基质上幼苗壮苗指数均达到最大值。

2.7 不同处理基质配制成本

从表6中可以看出,不同处理之间的配制成本存在差异。其中,T1处理的配制成本最高,为



不同小写字母代表差异显著($P<0.05$)。CK1代表90%泥炭+10%珍珠岩,CK2代表30%泥炭+60%椰糠+10%珍珠岩,T1~T3分别代表30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%猪粪有机肥、30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%腐熟稻壳和30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩+10%农用腐殖酸

Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$). CK1: 90% peat+10% perlite; CK2: 30% peat+60% coir+10% perlite; T1: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% organic manure from pig manure; T2: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% rotted rice husk; T3: 30% peat+50% coir+10% perlite+10% agricultural humic acid

图2　水稻幼苗生长指标

Fig. 2　Rice seedling growth indicators

0.54元/L,比CK1的配制成本(0.47元/L)高14.89%,比CK2的配制成本(0.38元/L)高42.11%。这是因为T1处理添加了猪粪有机肥,而猪粪有机肥的价格一般较高。T2处理的配制成本为0.38元/L,比CK1的配制成本(0.47元/L)低19.15%,比CK2的配制成本(0.38元/L)低0.53%。这是因为T2处理添加了腐熟稻壳,而腐熟稻壳的价格相对较低。T3处理的配制成本为0.37元/L,比CK1的配制成本(0.47元/L)低21.28%,比CK2的配制成本(0.38元/L)低2.63%。这是因为T3处理添加了农用腐殖酸,而农用腐殖酸的价格也相对较低。

2.8　不同处理基质育苗效果调研评价

从表7中可以看出,在基质触感方面,CK1和T1处理的平均得分较高,均为4.6,表明它们的基质质地较为易于操作和混合。T2和T3处理的基质触感平均得分较低,分别为3.8和4.4,这可能是因为添加的腐熟稻壳和农用腐殖酸影响了基质的质地和混合效果。在黄瓜的外部观感和根系发育方面,T1处理平均得分最高,分别为4.6和4.8,表明其黄瓜植株生长健壮、叶片颜色鲜艳,根系发育良好;其次是CK1处理,平均得分为4.2和4.4;T2和T3处理在这方面的平均得分较低,分别为0.7和0.7、2.3和2.4,表明黄瓜植株的生长受到了一定的限制。在水稻的外部观感和根系发育方面,T1处理平均得分最高,分别为4.6和4.6,其次是CK1处理,平均得分为4.2和4.2;T2和T3处理在这方面的平均得分较低,分别为0.7和0.7、3.6和3.6。在使用意愿方面,CK1和T1处理的平均得分均为5.00,表明农业技术人员非常愿意使用这2

表5　不同处理基质上黄瓜和水稻幼苗的壮苗指数

Table 5　Strength index of cucumber and rice seedlings in different substrates

处理 Treatments	黄瓜 Cucumber	水稻 Rice
CK1	0.74b	17.81b
CK2	0.53c	15.15c
T1	1.01a	23.84a
T2	0.68b	14.63c
T3	0.66b	21.61a

表6 不同处理基质的配制成本

Table 6 Cost of formulation of different substrates 元/L

处理 Treatments	泥炭 Peat	椰糠 Cocopeat	珍珠岩 Perlite	猪粪有机肥 Pig manure organic fertilizer	腐熟稻壳 Rice husk fertilizer	农用腐殖酸 Agricultural humid acid	总价 Cost
CK1	0.43	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.47
CK2	0.14	0.19	0.04	0.00	0.00	0.00	0.37
T1	0.14	0.16	0.04	0.20	0.00	0.00	0.54
T2	0.14	0.16	0.04	0.00	0.04	0.00	0.38
T3	0.14	0.16	0.04	0.00	0.00	0.03	0.37

表7 农业技术人员对不同处理基质育苗效果的评价

Table 7 Evaluation of the effectiveness of substrate nurseries by agricultural technicians

处理 Treatments	基质触感 Substrate tactility	黄瓜 Cucumber			水稻 Rice		
		外部观感 External impression	根系发育 Root development	使用意愿 Willingness to use	外部观感 External impression	根系发育 Root development	使用意愿 Willingness to use
CK1	4.6	4.2	4.4	5.00	4.2	4.2	5.00
CK2	4.8	0.6	2.0	0.60	3.4	3.4	4.20
T1	4.6	4.6	4.8	5.00	4.6	4.6	5.00
T2	3.8	0.7	2.3	0.30	3.6	3.6	3.60
T3	4.4	0.7	2.4	0.50	4.8	4.8	5.00

种基质进行黄瓜育苗或水稻育秧。T3处理虽在水稻育秧基质方面获得了最高平均分5.00,但在黄瓜育苗基质方面获得了较低的平均分数,仅0.50。

3 讨论

利用基质进行作物幼苗的培育是实现作物壮苗增产的有效手段,基质的实际应用价值也带动了相关行业市场的发展,在2023年的中央一号文件中进一步明确提出加快发展蔬菜集约化育苗中心的意见[18]。传统的作物基质仍主要以泥炭为主要原料,随着行业技术的不断发展,众多有机废弃物直接或间接的参与到了基质的配制中[19-20]。椰糠对于基质配制的适宜性主要在于其优良的物理性质较为符合作物种子萌发和幼苗生长阶段的需求。在淋溶过程中,椰糠的物理性质虽然未遭到破坏,但其中所包含的速效养分基本也随着盐分一同消失。这导致基质中椰糠占比过高、容易出现作物幼苗生长状况不佳的现象,这一点在本研究中CK2处理对黄瓜幼苗的培育方面表现的尤为明显。因此对以椰糠为主的基质进行外源养分的补充必不可少,而在补充养分的同时又不能破坏基质对作物种子萌发和幼苗生长的适宜性。在关于育苗基质的现有相关研究中,较少涉及到关于基质养分补充的报道。这是因为当前大多的研究仍将寻找泥炭替代物作为首要的研究方向,而众多学者也倾向于利用有机堆肥进行泥炭的替代[3,5-6]。在有机堆肥大量使用的情况下,育苗基质很难出现养分供应不足的情况,反而往往会出现养分含量过高的现象。例如,有学者利用牛粪堆肥替代50%的泥炭后所形成的基质对3种茄科作物的出苗率呈现出了最佳的促进效果,但该基质的速效养分总量已经达到了3 956.95 mg/kg[21],远高于关于行业标准《NY/T 2118-2012 蔬菜育苗基质》中的速效养分总量推荐值1200 mg/kg。同时,有机堆肥的理化性质具有一定的不稳定性,不同产地甚至不同批次的同类有机堆肥可能理化性质均有所不同。故而利用有机堆肥对泥炭进行大比例的替代未必是最好的方式,而将其作为养分的补充来源在基质配制过程中进行使用,则具备一定的可行性。

蔬菜育苗基质和水稻育秧基质的技术指标,在农业行业标准《NY/T 2118-2012 蔬菜育苗基

质》和《NY/T 3838-2021 机插水稻无土基质育秧技术规范》[22]中已经列出了相应的推荐值。在我们前期的研究过程中,发现猪粪有机肥[5]和腐熟稻壳[20]分别在水稻和黄瓜的育苗试验中起到了良好的效果,在农业实际生产过程中我们发现部分农户利用农用腐殖酸来促进秧苗时期作物的生长。故而本研究利用上述3种材料作为椰糠基质的养分补充来源,经过与2项农业行业标准的对比,利用猪粪有机肥作为养分来源的基质与标准中的规定指标最为接近。其中作为水稻育秧基质的理化性质完全符合相关要求,且作为黄瓜育苗基质仅在有效磷含量方面高于《NY/T 2118-2012 蔬菜育苗基质》的最高限值。可见,利用猪粪有机肥作为椰糠基质的养分补充来源在理化性质指标方面是具备相当的可行性的。这一点在其他学者的研究中也可得到一定的印证,如华中农业大学曾以腐熟猪粪、塘土、棉籽绒等废弃物为育苗基质材料,最终形成了腐熟猪粪占比20%的具有良好育苗效果的黄瓜育苗基质[23]。江西省农业科学院利用猪粪沼渣在玉米、黄瓜和水稻等作物上实现了良好的育苗效果[24]。前一项研究与本研究不同的是在利用腐熟猪粪的同时添加了塘土和棉籽绒等具有养分含量的有机废弃物,后一项研究则在黄瓜和水稻育苗基质配制中猪粪沼渣推荐用量方面与本研究十分接近。此外,本研究借鉴有机肥料农业行业标准NY/T 525-2021中发芽指数的测定方法,对各处理基质的发芽指数进行了测定。对于有机肥而言,发芽指数超过70%(以无菌水为对照)则可以在技术层面上认定其对作物种子完全没有毒害效果[25]。但对于基质而言,其使用目的在于提升种子萌发并促进作物的幼苗生长,因此只有当发芽指数超过100%才能证明该基质可能具备一定的促生效果[26]。本研究中的结果显示,各个处理的发芽指数均超过了100%,其中添加猪粪有机肥的基质的发芽指数最低,为118.87%。这主要是由于猪粪有机肥的种子发芽指数相对较低,在我们之前的预实验中已经验证了猪粪有机肥的种子发芽指数为72.35%,虽然符合有机肥的种子发芽指数标准,但对于基质改良所需的100%以上的发芽指数而言仍有较大的差距。对于大多数有机废弃物堆肥而言,自身的种子发芽指数是限制其在基质中应用占比不宜过高的原因之一。

发芽指数所反映的基质对于作物的适宜性相对而言仍较为有限,因为发芽指数测定所需的时间仅为48 h,基质对作物生长的总体适宜性仍需通过后续的幼苗生长状况进行判断。在本研究中,同一处理的基质分别应用于黄瓜育苗和水稻育秧。这主要是考虑到农业实际生产过程中出现的状况,即本作为蔬菜育苗的基质被农业从业人员应用于水稻育秧。为避免出现因使用方法不当而造成农业经济损失的问题,本研究分别对同一基质在黄瓜和水稻的幼苗生长阶段的表现进行了测定和评价。此类方法在"牛粪:泥炭=1:1"的育苗基质研究中也曾有过应用[21],但与本研究不同的是,前者所针对的3种育苗作物均为茄科,且只描述了基质对作物出苗的影响。本研究则是分别选取了葫芦科中的黄瓜和禾本科中的水稻进行试验,且对2种作物整个育苗期的生长指标进行了测定。最终结果显示,猪粪有机肥参与配制的基质能够同时满足2种作物幼苗的生长需求,猪粪有机肥对水稻的适宜性也符合我们前期的相关研究[5]。农用腐殖酸参与配制的基质能够满足水稻幼苗的生长需求,但并不适用于黄瓜幼苗的培育。分析其原因大概在于农用腐殖酸的速效养分含量较大,对黄瓜幼苗的生长存在一定的胁迫,而水稻育秧基质由于其育秧盘的特殊性,农用腐殖酸中的大量养分可能会随着淋溶而流出基质,进而避免了对水稻幼苗的胁迫。除了试验人员对2种作物幼苗生长指标的测定,本研究还邀请了长期从事农业实际生产的技术人员对基质的育苗效果进行了评价。作为接触并使用基质的一线人员,农业技术人员对基质育苗效果的判定至关重要。结果显示,农业技术人员对于基质育苗效果的评价同试验人员的测定结果较为贴切,均认为利用10%体积份数的猪粪有机肥所配制的基质最适宜在黄瓜和水稻的幼苗培育过程中进行使用。这为后续基质相关的研究提供了极为重要的参考意见。

除了育苗效果之外,基质本身的经济性也是决定其能否大规模应用于农业实际生产的重要因素。为此本研究对各处理基质的配制成本进行了相应的核算,核算结果表明各处理基质的价格在0.37~0.54元/L之间,其中猪粪有机肥参与配制的基质的价格最高,为0.54元/L。这主要是因为猪粪有机肥相对其它养分来源价格较高的缘故。

经过前期调研得知,当前市场上基质的零售价约为0.70元/L,而猪粪有机肥参与配制的基质在此零售价下则显得利润空间不足。结合基质养分含量的表现,我们认为可以在本研究的基础之上对猪粪有机肥的使用体量进行进一步的压缩,使之在保障作物良好生长的前提下,其理化性质指标和经济性更加符合农业生产中的实际需求。

4 结论

本研究利用3种农业生产过程中常见的养分来源对椰糠复合基质育苗的改良效果进行评价。结果表明,基质配方为"10%猪粪有机肥+30%泥炭+50%椰糠+10%珍珠岩"时能同时满足黄瓜和水稻幼苗的生长需求,相对于"90%泥炭+10%珍珠岩"的基质配方,实现了作物幼苗最佳促进效果,同时也获得了农业技术人员相对更高的评价。

参 考 文 献

[1]Li Y X, Liu Y, Wang Y H, et al. Effects of seedling age on the growth stage and yield formation of hydroponically grown long-mat rice seedlings[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 19(7):1755-1767.

[2]Lei W S, Ding Y F, Li G H, et al. Effects of soilless substrates on seedling quality and the growth of transplanted super Japonica rice[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(5):1053-1063.

[3]刘欣宇,宋鹏,林永锋,等.餐厨堆肥与泥炭配比用于黄瓜育苗基质的研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2022,42(1):35-42.
Liu X Y, Song P, Lin Y F, et al. Study on the ratio of food waste compost and peat to cucumber seedling substrate[J]. Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2022, 42(1):35-42.

[4]Wang Z L, Li M, Shen L F, et al. Incorporating clay as a natural and enviro-friendly partial replacement for cement to reduce carbon emissions in peat stabilisation: an experimental investigation [J]. Construction and Building Materials, 2022, 353:128901.

[5]曹盼,敖晖,韩奇航,等.餐厨堆肥配制基质对水稻的育苗效果及应用成本分析[J].山东农业科学,2023,55(5):62-68.
Cao P, Ao H, Han Q H, et al. Analysis of effect and application cost of kitchen compost formulated substrates on raising rice seedlings[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(5): 62-68.

[6]宋鹏,卢江,曹盼,等.基于专利数据挖掘的中国蔬菜育苗基质配方用料分析[J].中南农业科技,2023,44(4):221-225.
Song P, Lu J, Cao P, et al. Analysis of materials used in vegetable seedling substrate formulations in China based on patent data mining[J]. South-Central Agricultural Science and Technology, 2023, 44(4):221-225.

[7]中华人民共和国农业部.蔬菜育苗基质:NY/T 2118-2012[S].北京:中国农业出版社,2012:1-10.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Plug seedling substrate of vegetables: NY/T 2118-2012 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2012:1-10.

[8]Liu Z, Ge L Q, Li S, et al. Study on the effect of kitchen waste compost substrate on the cultivation of *Brassica chinensis* L[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2023, 32(5): 4139-4146.

[9]刘聪,宫彬彬,高洪波,等.基于蒸发皿蒸发量的椰糠盆栽番茄适宜灌溉量估算与试验[J].农业工程学报,2022,38(11):117-124.
Liu C, Gong B B, Gao H B, et al. Estimation and experiment of the suitable irrigation amount of potted tomatoes with coconut bran using pan evaporation [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(11):117-124.

[10]彭丹丹,陈大刚,徐开未,等.椰糠复合基质对猕猴桃砧木幼苗生长及根系特征的影响[J].浙江农业学报,2023,35(10):2364-2377.
Peng D D, Chen D G, Xu K W, et al. Effects of coconut-bran compound substrate on the growth and root characteristics of kiwifruit rootstock seedlings [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2023, 35(10):2364-2377.

[11]王跃华,张明科,惠麦侠,等.不同椰糠配比基质对白菜幼苗生长的影响[J].南方农业学报,2019,50(12):2749-2754.
Wang Y H, Zhang M K, Hui M X, et al. Effects of coconut peat substrate with different proportions on seedling growth of Chinese cabbage[J]. Journal of Southern Agriculture, 2019, 50(12):2749-2754.

[12]曾斌,何科佳,龚碧涯,等.栽培基质添加椰糠和锯末对盆栽蓝莓生长的影响[J].中国南方果树,2019,48(4):87-90.
Zeng B, He K J, Gong B Y, et al. Effects of adding coir and saw dust to culture medium on growth of 'Legacy' blueberry in pot[J]. South China Fruits, 2019, 48(4):87-90.

[13]中华人民共和国农业农村部.有机肥料:NY/T 525-2021[S].
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Organic fertilizer: NY/T 525-2021[S].

[14]王国英,袁京,孔艺霖,等.堆肥种子发芽指数测定方法与敏感性种子筛选[J].农业工程学报,2021,37(19):220-227.
Wang G Y, Yuan J, Kong Y L, et al. Determination of seed germination index and selection of sensitive seeds for phytotoxicity evaluation of composting[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(19): 220-227.

[15]李英,王文婷,陈润泽,等.餐厨堆肥配制基质中添加不同芽孢杆菌对黄瓜育苗效果的影响[J].山东农业科学,2024,56(2):70-76.
Li Y, Wang W T, Chen R Z, et al. Effects of different Bacillus species in substrates prepared with kitchen waste compost on culture of cucumber seedlings [J]. Shandong Agricultural

Sciences,2024,56(2):70-76.

[16]Ge L Q, Liu Z, Liu X Y, et al. Suitability analysis of kitchen waste compost for rice seedling substrate preparation [J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2024, 33(3): 3115-3122.

[17]鲍士旦.土壤农化分析3版[M].北京:中国农业出版社,2000:22-113.
Bao S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis 3rd[M]. Beijing:China Agriculture Press,2000:22-113.

[18]刘彬,唐承丽,周国华,等.乡村创新政策演进特征及对乡村发展的启示——基于2004—2023年中央一号文件分析[J].经济地理,2024,44(3):147-159.
Liu B, Tang C L, Zhou G H, et al. Evolution characteristics of rural innovation policy and its implications for rural development: based on analysis of No. 1 central document (2004-2023)[J].Economic Geography,2024,44(3):147-159.

[19]王文婷,陈润泽,王淳钰,等.低量添加太湖淤泥促进高羊茅出苗及生长[J].山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(2):32-40.
Wang W T, Chen R Z, Wang C Y, et al. Promotion of tall fescue seedling gemination and growth by adding low levels of Taihu sediment[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition),2024,44(2):32-40.

[20]刘欣宇,卢江,解帅帅,等.餐厨堆肥配制基质对黄瓜育苗的应用效果[J].北方园艺,2022(20):10-17.
Liu X Y, Lu J, Xie S S, et al. Application effect of food waste compost substrate on cucumber seedling [J]. Northern Horticulture,2022(20):10-17.

[21]殷泽欣,张璐,郝丹,等.牛粪堆肥替代泥炭用于3种茄科植物育苗的可行性[J].浙江农业学报,2021,33(9):1700-1709.
Yin Z X, Zhang L, Hao D, et al. Feasibility of cow dung compost substituting peat in seedling nursery of three Solanaceae plants[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(9):1700-1709.

[22]中华人民共和国农业农村部.机插水稻无土基质育秧技术规范:NY/T 3838-2021[S].北京:中国农业出版社,2021:1-7.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical specification for soil-less substrate seedling transplanting of mechanically inserted rice: NY/T 3838-2021 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2021:1-7.

[23]魏一苗,李佑蓉,魏玉杰,等.基于黄瓜育苗基质化利用的几种农业废弃物适宜配比[J].华中农业大学学报,2023,42(6):147-153.
Wei Y M, Li Y R, Wei Y J, et al. Suitable proportions of several agricultural wastes based on utilization of substrate in cucumber seedlings [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2023,42(6):147-153.

[24]伍梦起,秦文婧,陈晓芬,等.猪粪沼渣用作育苗基质的效果研究[J].中国土壤与肥料,2022(3):119-125.
Wu M Q, Qin W J, Chen X F, et al. Application effect of pig biogas residue as seedling substrate [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China,2022(3):119-125.

[25]欧雄波.浅析种子发芽指数(GI)的测定[J].中国标准化,2023(17):209-212.
Ou X B. Analysis on the determination of seed germination index (GI) [J]. China Standardization,2023(17):209-212.

[26]Chang R X, Guo Q Y, Pandey P, et al. Pretreatment by composting increased the utilization proportion of pig manure biogas digestate and improved the seedling substrate quality [J]. Waste Management,2021,129:47-53.

(编辑:郭玥微)