利用 EM 菌发酵海鲜菇菌糠制备番茄育苗基质

冯庆玲,林继辉,陈小芳 (闽南科技学院,福建南安 362332)

摘要 添加 EM 菌液对海鲜菇菌糠进行发酵,再用发酵菌糠及河砂、草炭按照不同配比制成复合基质,进行番茄育苗试验。对各组复合基质进行理化性质及番茄幼苗形态指标、理化指标检测。结果表明,最适合番茄幼苗生长的复合基质是菌糠、河沙、草炭占比为 55%、30%、15%,该复合基质处理组番茄幼苗长势好,且光合作用强度、叶绿素含量、丙二醛含量均与标准育苗基质间差异不显著,有较好的抗逆性,受寒冷天气的影响较轻。

关键词 EM 菌;海鲜菇菌糠;番茄;育苗基质
中图分类号 S641.2 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2021)03-0049-04
doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.014
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Preparation of Tomato Seedling Substrate from Seafood Mushroom Fermented by EM

FENG Qing-ling, LIN Ji-hui, CHEN Xiao-fang (Minnan Science and Technology University, Nan'an, Fujian 362332)

Abstract The mushroom bran of seafood was fermented by adding EM bacteria liquid, and then the composite substrate was made of fermented mushroom bran, river sand and peat according to different proportions, and tomato seedling experiment was conducted. The physical and chemical properties, morphological and physical and chemical indicators of tomato seedlings were tested for each group of composite substrates. The results showed that the most suitable composite substrate for the growth of tomato seedlings was bacterial bran, river sand, and peat with a proportion of 55%, 30%, and 15%. The growth of tomato seedlings in the composite substrate treatment group was good, and there was no significant difference in photosynthetic intensity, chlorophyll content and malondialdehyde content between the treatment group and the standard seedling substrate. It had better stress resistance and was less affected by cold weather.

Key words EM bacteria; Seafood mushroom bran; Tomato; Seedling substrate

海鲜菇学名斑玉蕈,因其具有蟹香味而得名,生产上主要采用锯木屑、甘蔗渣、玉米粉、棉籽壳、秸秆等多种农业副产品为培养原料,其出菇后废弃的下脚料为菌糠。随着海鲜菇栽培规模扩大,废弃海鲜菇菌糠的处理也成了亟待解决的问题。研究表明,食用菌菌糠由于经过多种微生物的发酵作用,纤维素、半纤维素和木质素等均已被不同程度的降解,粗蛋白、粗脂肪均比未发酵前有明显提高,粗纤维素明显降低,并含有较丰富氨基酸、菌类多糖及 Fe、Ca、Zn、Mg 等微量元素[1]。目前,对于食用菌菌糠资源化利用主要集中于农业方向,例如在转化生物有机肥、无土栽培基质、乙醇、沼气和菌糠饲料等方面有一定的应用[2-3]。很多研究表明,菌糠在有些植物(番茄、黄瓜、棉花等)上的育苗效果比草炭更优,在育苗基质方面,菌糠成为草炭替代物的重要选择之一[4-8]。

EM 菌为 Effective Microorganisms 的英文缩写,即有益微生物群,由光合细菌群、乳酸菌群、酵母菌群、放线菌群、丝状菌群等为主的 10 个属 80 余种微生物组成,主要用于种植业、畜牧业、水产养殖业等。如种植业上,用 EM 菌对土壤进行处理,可以增加其速效养分含量和微生物总量,提高土壤生物活性。另外,余水静等[9]研究结果表明,EM 菌可有效促进秀珍菇菌糠堆肥腐熟。郑丹等[10]研究表明,添加高温发酵腐熟的杏鲍菇菌糠对育秧基质的容重、总孔隙度、通气孔隙和持水孔隙具有改善作用,经适当发酵处理和营养配比可开发为水稻育秧基质。因此,利用 EM 菌液发酵菌糠用于种植业具有积极意义。

基金项目 福建省教育厅中青年科技项目($JT_1$80825)。
作者简介 冯庆玲(1986—),女,山东临沂人,讲师,硕士,从事植物生理学方面研究。
收稿日期 2020-06-28

该研究以海鲜菇菌糠为主要原料进行番茄育苗基质的制备试验,在海鲜菇菌糠建堆过程中添加 EM 菌液进行发酵,通过微生物的分解作用将海鲜菇菌糠的养分释放出来,再与河沙、草炭按照不同的比例制备成复合基质进行番茄育苗,探寻最适合番茄育苗的海鲜菇菌糠基质,以期提高海鲜菇菌糠再利用的价值,解决当地工厂菌糠堆积造成资源浪费及环境污染问题。

1 材料与方法

1.1 材料 供试基质:海鲜菇菌糠(南安绿兴食用菌有限公司),测定其营养成分,结果如下:含水量 54.60%,脂肪含量 8.00%,蛋白质含量 0.20%,粗灰分含量 21.00%,钙离子含量 2.46%,磷含量 0.48%,pH 为 6.0,与其他食用菌菌糠的营养成分含量有一定差距,这可能是由不同地区的气候状况及不同菌种对营养物质的利用不同导致的。用同批海鲜菇菌糠制备复合基质。河沙取自康美河畔,草炭购买于市场。

1.2 试验方法

1.2.1 海鲜菇菌糠 EM 菌液发酵。试验于 2019 年 6 月在闽南科技学院食用菌实训基地进行。将从南安绿兴食用菌有限公司收集的海鲜菇菌糠在阳光下暴晒至干燥,进行传统建堆发酵,使基质预腐,完成菌糠预发酵。后取海鲜菇菌糠 20 kg,添加 10 kg EM 菌液(EM 菌原液与红糖比为 1∶1,用蒸馏水稀释成 500 倍液,密闭存放 24 h),混合搅拌均匀,使菌糠含水量达到 40%左右,建堆发酵(长×宽×高 = 50 cm×40 cm×40 cm)。发酵 3 d 后开始记录温度,当发酵至第 15 天时,进行翻堆,将上下、内外的菌糠互换位置,再发酵 15 d,记录温度,温度达 50℃以上并维持稳定,即发酵完成。

1.2.2 设计不同配比的海鲜菇菌糠复合基质。将发酵腐熟的海鲜菇菌糠、河沙、草炭按不同比例制备成复合基质,设置

T_1~T_7 共 7 个处理,配比见表 1。对照组 CK 为番茄标准育苗基质[11],草炭∶珍珠岩∶蛭石为60%∶20%∶20%。

表 1 复合基质配比

Table 1 Ratio of composite matrix %

基质处理 Substrate treatment	菌糠 Mushroom bran	河沙 River sand	草炭 Peat
T_1	100	0	0
T_2	85	10	5
T_3	70	20	10
T_4	55	30	15
T_5	40	50	10
T_6	25	65	10
T_7	10	80	10

1.2.3 发酵菌糠及复合基质理化性质测定。菌糠建堆发酵过程中测定其温度、含水量变化及复合基质理化性质,包括容重、总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度、大小孔隙比、pH、电导率(EC 值,采用电导率仪测量,方法参照文献[12])。

1.2.4 番茄育苗栽培。市售的番茄种子播种前进行催芽处理,选萌动发芽的种子分别播种到装有不同基质的营养钵中,每个处理 3 次重复,播种后浇透水。每日 07∶00、17∶00 各浇一次水,番茄播种第 4 天统计出苗率。每天观察幼苗生长情况,并保持复合基质湿润以维持幼苗正常生长。

1.3 番茄幼苗生长状态测定

1.3.1 番茄幼苗生长指标的测定。当番茄幼苗的嫩叶完全展开时,用配制好的营养液代替清水浇灌番茄幼苗,以加快番茄幼苗生长。幼苗培养至 30 d 后随机选取各试验组的 10 株植株,测定株高、茎粗、叶面积,并观察是否有第 3 片叶片生成、叶片是否发黄等形态特征。同时测定番茄幼苗地上鲜重及地上干重。地上鲜重测量方法:取幼苗地上部分,用精度为 0.001 的电子天平分别称量取平均值。地上干重测量方法:将测量完鲜重的植株放入鼓风干燥箱烘干至恒重,用电子天平分别称取重量,求平均值。同样方法测量地下鲜重与干重。

1.3.2 生理指标测定。采用改良半叶法[13]测定番茄叶片光合作用强度,测定时间选在 08∶00—10∶00,取样及处理方法参照文献[14]。叶绿素含量采用分光光度计测量,具体方法参照文献[15]。丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸法[16]。

2 结果与分析

2.1 菌糠发酵过程中温度的变化 发酵是指菌糠在高温、高湿条件下经微生物繁殖生长腐熟的过程。因此,温度是反映建堆发酵状况的重要参数。试验在 7 月进行,环境温度基本维持在 30~35 ℃,由图 1 可见,整个发酵腐熟过程分为高温阶段、中温阶段和冷却阶段。高温阶段为前 10 d,中温阶段为第 11 到第 22 天,所以选取第 20 天为腐熟发酵的结束期,传统建堆发酵一般要持续 45 d。这说明 EM 菌液能够快速提高发酵温度,缩短发酵时间。

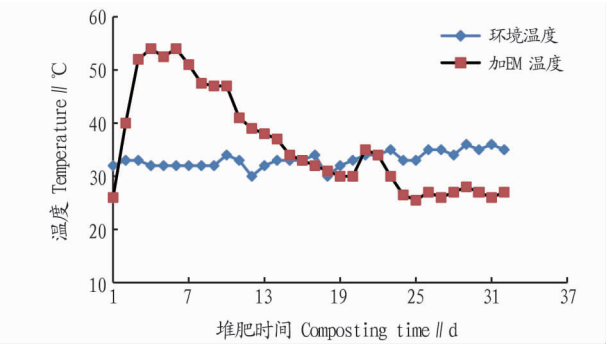


图 1 菌糠堆肥过程中温度的变化

Fig. 1 Temperature change during composting of mushroom bran

2.2 不同配比的海鲜菇菌糠复合基质理化性质分析 用菌糠作栽培基质,需具有良好的持水和透气能力。在发酵成熟之后测量菌糠的含水量为 73.6%,而未发酵之前含水量为 64.0%,说明 EM 菌液发酵后菌糠持水能力增强。不同配比的复合基质理化性质测定结果如表 2 所示。

表 2 EM 菌液发酵菌糠复合基质理化性质的比较

Table 2 Comparison of physicochemical properties of composite substrates of fermentation broth of EM

处理 Treatment	容重 Bulk density g/cm³	总孔隙度 Total porosity//%	通气孔隙度 Aeration porosity//%	持水孔隙度 Water holding porosity//%	大小孔隙比 Size void ratio	EC mS/cm	pH
T_1	0.266 d	87.44 a	21.86 a	65.58 a	0.33 b	3.8 a	6.03 b
T_2	0.440 b	78.38 ab	11.64 d	66.74 a	0.17 c	3.4 a	6.26 b
T_3	0.361 bc	83.59 a	17.93 b	65.66 a	0.27 bc	2.6 b	6.68 ab
T_4	0.342 bc	89.37 a	20.90 a	68.47 a	0.30 b	2.2 b	6.89 ab
T_5	0.446 ab	79.47 ab	16.99 b	62.42 a	0.27 bc	1.7 c	6.90 ab
T_6	0.524 a	74.09 b	15.54 c	58.55 b	0.26 bc	2.0 b	7.04 a
T_7	0.531 a	63.11 c	18.11 ab	45.00 c	0.42 a	0.4 d	7.44 a
CK	0.380 c	85.38 a	23.63 a	61.75 a	0.38 ab	2.4 b	6.82 ab

注:同一列数据不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column of data indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level

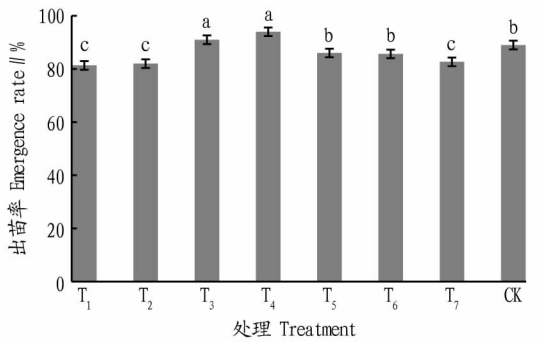
根据《中华人民共和国农业行业标准》中关于蔬菜育苗基质的标准,各项目的指标如下:容重 0.2~0.6,pH 5.5~7.5,1.0 mS/cm<EC<2.6 mS/cm,通气孔隙度>15%,持水孔隙度>45%,总孔隙度>60%,气水比 0.25~0.50[12]。由表 2 可看出,在添加 EM 菌发酵的各组菌糠复合基质中,T_1~T_7 组的容重均处于正常范围之内。理论上讲,容重高说明基质紧实,孔隙数量少,其水分、空气、热量状况较差。T_7 组的总孔隙度、持水孔隙度、EC 值、pH 均不符合要求,故 T_7 组(菌糠∶河沙∶草炭=10∶80∶10)不适合番茄幼苗栽培。从 T_1~T_7 组,总孔隙度随着菌糠添加比减少而降低,说明菌糠孔隙度

较大,可为基质提供较多的气、水空间。另外,试验组 T_7 值的 EC 值明显低于标准值,而 T_1 组的 EC 值显著高于标准值,这说明基质中可溶性盐分含量过高,高浓度的可溶性盐类会使植物受到损伤或造成植株根系的死亡,不适合作育苗基质。T_4 组各项指标更接近对照组,表明继续优化 T_4 组的配方比例,可以得到优于对照组的番茄育苗基质。

2.3　不同配比的海鲜菇菌糠复合基质对番茄幼苗生长指标的影响

2.3.1　海鲜菇菌糠复合基质对番茄幼苗出苗率的影响。在栽培后的第 4 天番茄开始出苗,在栽培后第 10 天对每个处理的出苗情况进行统计,出苗率如图 2 所示。

由图 2 可看出,T_4 组的出苗率为 94%,显著高于 CK 组的 89%,说明 EM 菌液发酵的菌糠复合基质在育苗出苗率上优于对照组。综合表 1 进行分析,从试验组 T_1 到 T_7 组的复合基质配比中,菌糠含量逐渐变少,河沙含量逐渐增多,而出苗率也有向两边逐渐递减的趋势,可能是因为试验组 T_1、T_2 组菌糠含量高,通气孔隙度大,保水性能差。而试验组 T_3、T_4 和 T_5 组中的菌糠、河沙和草炭比例适宜,故容重、孔隙度、EC 值及 pH 都与对照组相近,这 3 个试验组的复合基质物理结构较好,营养物质丰富,番茄的出苗率较高,幼苗初期长势良好。



注:图中不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level

图 2　不同配比复合基质育苗的出苗率

Fig. 2　Seedling emergence rate of seedlings cultivated in different compound ratios

2.3.2　海鲜菇菌糠基质对番茄幼苗形态指标的影响。由表 3 可看出,试验组株高均低于对照组,其中 T_4 组的株高最高(80.46 mm),其次是 T_3 组(76.87 mm),两者间差异不显著。但试验组 T_1、T_2 组株高与 T_4 组间差异显著,其他试验组的植株高差异不大,都为 60 mm 左右。而从茎粗来看,试验组 T_3 和 T_4 组的茎粗最粗,并且两者间差异不显著,与对照组植株茎粗相近,其他试验组的茎粗与对照组有明显差异,比较细小。从叶面积看,试验组 T_3 与 T_4 组植株的叶面积最接近于对照组植株,其他试验组的叶片叶面积与对照组间差异显著。

结合表 3 分析表明,试验组 T_1 和 T_2 组海鲜菇菌糠复合基质配方最不适合番茄幼苗生长,不仅株高、茎粗、叶面积等数据不理想,而且在种植过程中,植株的生长速度缓慢,易出现倾倒现象,植株的第 3 片叶片没有长出,且出现叶片发黄状况,总体长势较差。而试验组 T_7 组植株株高较高,且生长速度较快,但其茎粗及叶面积不理想,在种植过程中出现植株倾倒现象,第 3 片叶片没有长出且出现叶片发黄现象。试验组 T_3 和 T_4 组植株的形态指标最接近对照组,株高、茎粗、叶面积各方面长势优良,没有出现叶片发黄状况。由此可见,在这 7 组 EM 菌发酵海鲜菇菌糠复合基质中,试验组 T_3、T_4组较利于番茄幼苗植株生长,T_4 组效果更优。

表 3　不同配比复合基质对番茄植株形态的影响

Table 3　Effects of different ratios of composite substrates on tomato plant morphology

处理 Treatment	株高 Height mm	茎粗 Stem diameter mm	叶面积 Leaf area cm^2	是否有第 3 片叶片 Whether there is a third leaf	叶片是否出现发黄 Whether the leaves appear yellow
T_1	50.15 d	1.20 d	3.84 d	否	是
T_2	54.12 d	1.24 d	4.22 c	否	是
T_3	76.87 b	2.13 a	5.04 ab	是	否
T_4	80.46 ab	2.27 a	5.25 ab	是	否
T_5	66.31 c	1.69 b	4.83 b	是	否
T_6	63.12 c	1.62 b	4.68 b	是	否
T_7	64.23 c	1.38 c	4.28 c	否	是
CK	84.11 a	2.42 a	5.80 a	是	否

注:同列数据不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column of data indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level

由表 4 可看出,对照组地上鲜重值最高,其次是试验组 T_4 组。同样 T_4 组地下鲜重最接近于对照组,其次是 T_3 组,T_1 组植株与对照组差异最大。从地上及地下干重来看,T_4 组植株是除对照组外干重最大的一组,仅比对照组低 4 百分点左右,两者间差异不显著。另外试验组 T_6、T_7 组的地上干重差异不大,说明这两组配比中的植株虽然生长形态有一定的差异性,但相互之间生长速率差异不大。而 T_1 与 T_2 组中的植株干重与 T_4 组相比降低了 50 百分点左右,差异较大,并且这两组的地下干重也是最低的,说明其完全不适合做育苗基质。综合以上结果,可以推测在适合番茄幼苗生长的菌糠复合机制中,菌糠配比应在 55%~70%。

表 4　不同处理番茄植株干/鲜重

Table 4　Dry/fresh weight of tomato plants in different treatments　g

处理 Treatment	地上鲜重 Fresh weight above ground	地下鲜重 Underground fresh weight	地上干重 Dry weight above ground	地下干重 Underground dry weight
T_1	2.026 c	0.297 d	0.024 d	0.028 d
T_2	2.137 c	0.315 c	0.027 d	0.031 c
T_3	3.584 b	0.425 b	0.041 b	0.046 b
T_4	3.860 ab	0.488 ab	0.052 a	0.054 a
T_5	3.101 b	0.417 b	0.039 bc	0.045 b
T_6	2.747 bc	0.387 bc	0.037 c	0.041 b
T_7	2.470 c	0.344 c	0.034 c	0.036 c
CK	4.237 a	0.506 a	0.054 a	0.058 a

注:同列数据不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column of data indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level

2.4 不同配比的海鲜菇菌糠复合基质对番茄幼苗生理指标的影响

2.4.1 海鲜菇菌糠复合基质对植株光合作用强度的影响。番茄叶片光合速率的高低代表植株在幼苗时期能否健康茁壮成长。叶片幼苗时期的光合作用强度越高,能为植株日后生长提供的营养物质越多。由图 3 可知,T_4 组植株的光合作用强度最高,为 47.771 mg/(dm²·h),其次为 T_3 组,T_3 与 T_4 组间差异不显著,这与形态指标检测结果相符。T_2 组的光合作用强度与其他组间差异显著,这也解释了 T_2 组的植株生长速率慢,在生长过程中出现叶片发黄以及植株倒伏现象的原因。在番茄植株生长过程中,生长指标不理想的 T_1、T_2、T_7 组,其光合作用强度都不高,而 T_4 组是除对照组外光合作用强度最高的一组,从而也说明 T_4 组海鲜菇菌糠复合基质配比最适合番茄幼苗生长。

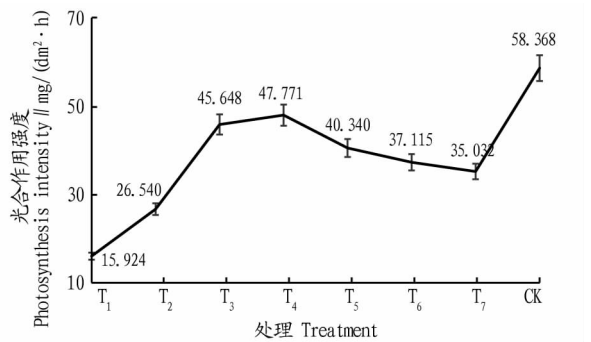


图 3 不同配比复合基质对番茄叶片光合作用强度的影响

Fig. 3 Effects of different ratios of composite substrates on the photosynthesis intensity of tomato leaves

2.4.2 不同配比的海鲜菇菌糠复合基质对叶片叶绿素含量的影响。由表 5 可知,培养 30 d 后的各试验组中番茄叶片叶绿素总含量存在着较大差异。除对照组外,T_4 组的叶绿素 a 含量最高,为 0.431 mg/g,与对照组叶绿素 a 含量差异不显著。其次是 T_3 组,叶绿素 a 含量为 0.418 mg/g,而 T_1 组的叶绿素 a 含量最低,为 0.205 mg/g,与其他组间差异显著,叶绿素 b 含量表现相同的趋势。比较总叶绿素含量可知,对照组含量最高,其次是试验组 T_4 及 T_3 组,这两组间总叶绿素含量差异不显著,且总叶绿素含量明显高于其他试验组,这说明发酵菌糠在复合基质中所占比例过高或者过低都不利于番茄叶片叶绿素含量的积累,菌糠含量处于 55%~70%较适于植株叶绿素含量的积累,最适于番茄植株幼苗的生长。

2.4.3 海鲜菇菌糠复合基质对叶片丙二醛含量的影响。植物细胞在衰老或处于不利环境时,往往会发生多不饱和脂肪酸及脂质的氧化变质形成脂质过氧化产物,丙二醛(MDA)就是其终产物之一,丙二醛含量可以反映脂类过氧化的程度以及植物遭遇逆境伤害的程度。植物长势越好,所受伤害越小,其丙二醛含量就越低。反之丙二醛含量高,则植物长势缓慢、叶片发黄甚至枯萎。

图 4 表明,对照组中丙二醛的含量为 1.78 μmol/g,各试验组的番茄叶片中丙二醛含量均大于对照组中的含量。其中 T_6 组中番茄叶片丙二醛含量最高,为 4.12 μmol/g,与对照组间差异显著,可见 T_6 组配比基质种植的番茄叶片脂类过氧化程度最大,遭遇的逆境伤害也最大;T_4 组中丙二醛含量为 2.32 μmol/g,与对照组间差异不显著。T_3 组中丙二醛含量为 2.73 μmol/g,与对照组间差异显著,但在植物生长的耐受范围内。所以 T_4 组更适合番茄苗后期生长,这可能与 T_4 组草炭比例相对较高有关。草炭是沼泽形成过程中的产物,由沼泽植物和动物残体堆积而成,由于处在潮湿无氧的环境中,因此含有大量水分和腐殖质,且氮素等矿质元素的含量较高,呈微酸性至中性,使得 T_4 组营养成分比其他组高,其培育的番茄叶片脂类过氧化程度较低。综上所述,T_4 组复合基质对番茄幼苗逆境伤害程度较低,更适合作番茄育苗基质。

表 5 不同处理番茄叶片的叶绿素含量

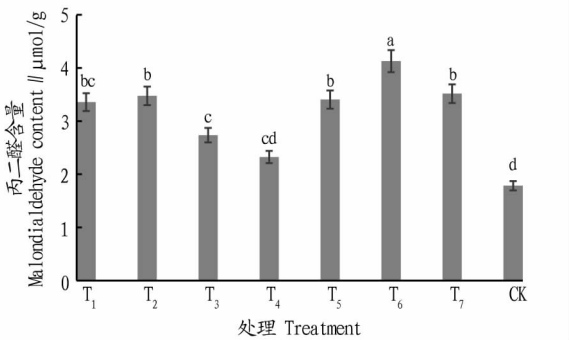
Table 5 Chlorophyll content of tomato leaves in different treatments

mg/g

处理 Treatment	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll
T_1	0.205 c	0.120 c	0.305 d
T_2	0.225 c	0.124 c	0.349 cd
T_3	0.418 ab	0.148 b	0.566 b
T_4	0.431 ab	0.166 ab	0.618 ab
T_5	0.364 b	0.142 b	0.506 b
T_6	0.323 bc	0.133 bc	0.456 bc
T_7	0.287 bc	0.117 c	0.404 c
CK	0.573 a	0.184 a	0.757 a

注:同列数据不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the same column of data indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level



注:图中不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure indicate that different treatments have significant differences at the 0.05 level

图 4 不同处理番茄叶片的丙二醛含量

Fig. 4 Malondialdehyde content of tomato leaves in different treatments

3 小结与讨论

对各组发酵菌糠复合基质进行理化性质及番茄幼苗形态、理化指标检测,结果表明,T_3、T_4 组配比适合做番茄育苗基质,番茄幼苗长势较好且与标准育苗基质效果相近,其中 T_4 组效果更优,即最适合番茄幼苗生长的配比是菌糠、河沙、草炭各占 55%、30%、15%,番茄幼苗长势好,且光合作用强度、叶绿素含量、丙二醛含量与标准育苗基质相近,有较好的抗逆性。其他各组基质虽能使幼苗生长,但脂类过氧化程度

(下转第 63 页)

由表 5 可知,2020 年陈巴尔虎草原地下水位预测结果与 1 月和 2 月实际值比较接近,误差均在 10%以内,预测精度较高。2020 年研究区平均地下水位为 2.888 797 m,较上一年有上升趋势。

4　小结

(1)人为因素的综合指标是影响研究区地下水位的主要因素,其贡献率高达 66.92%,远高于气候因素综合指标的贡献率。

(2)2004—2019 年,研究区年平均地下水位波动较小,7 月和 10 月为研究区地下水位相对较高时期,1 月为水位最低时刻。

(3)利用 ARMA 模型短期预测该区域地下水位精度较高,预测误差均小于 10%,预测比较精确。说明该模型可以短时期有效预测陈巴尔虎草原地下水位,具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 张盼,刘文兆. 应用时间序列模型分析长武塬区地下水水位的变化特征[J]. 水土保持研究,2010,17(3):22-27.
[2] 刘华琳,徐晓民,焦瑞,等. 达茂旗草原植被生态与地下水覆盖量风险研究[J]. 水利科技与经济,2015,21(4):38-40.
[3] 彭芳,田志强,岳瑞,等. 乌兰布和分洪区地下水位特征及主要影响因素分析[J]. 中国农村水利水电,2013(11):37-40.
[4] 张志鹏,郭建英,董智,等. 地下水位埋深对典型草原河岸植被的影响[J]. 灌溉排水学报,2013,32(6):46-49.
[5] 贾利民,廖梓龙,龙胤慧,等. 典型草原区河谷带地下水位对水均衡要素变化的响应[J]. 节水灌溉,2016(12):76-79,84.
[6] 郑玉峰,王占义,方彪,等. 鄂尔多斯市 2005—2014 年地下水位变化[J]. 中国沙漠,2015,35(4):1036-1040.
[7] 宋卫士,杨淑香. 呼伦贝尔市地下水位变化情况及对策[J]. 现代农业科技,2013(17):223-224.
[8] 宋卫士. 2011 年内蒙古呼伦贝尔市地下水位变化状况评估分析[J]. 畜牧与饲料科学,2015,36(10):70-72.
[9] 杨佳,钱会. 时间序列分析在地下水位动态预测中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2015,26(1):58-62.
[10] 张展羽,梁振华,冯宝平,等. 基于主成分—时间序列模型的地下水位预测[J]. 水科学进展,2017,28(3):415-420.
[11] 门玉明,晏长根. 季节性指数平滑法在地下水位预报中的应用[J]. 工程勘察,2000,28(2):25-27.
[12] 王宇博,梁秀娟,乔雨,等. 地下水位预测模型对比分析研究[J]. 节水灌溉,2015(7):58-61.
[13] 长林. 呼伦贝尔草原面积退化预测模型的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2014.
[14] 陈秋红,周尧治,辛晓平. 近 50 年来呼伦贝尔草原沙漠化主要影响因素的定量分析[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(5):200-204.
[15] ALWARD R D,DETLING J K,MILCHUNAS D G. Grassland vegetation changes and nocturnal global warming [J]. Science,1999,283(5399):229-231.
[16] WIGLEY T M L,RAPER S C B. Interpretation of high projections for global-mean warming[J]. Science,2001,293(5529):451-454.
[17] 张戈丽,徐兴良,周才平,等. 近 30 年来呼伦贝尔地区草地植被变化对气候变化的响应[J]. 地理学报,2011,66(1):47-58.
[18] WALKER B H,STAFFEN W L,CANADELL J,et al. The terrestrial biosphere and global change[M]. Cambridge:Cambridge University Press,1999:1-18.
[19] XU J X. The water fluxes of the Yellow River to the sea in the past 50 years,in response to climate change and human activities [J]. Environmental management,2005,35(5):620-631.

(上接第 52 页)

较高,遭受逆境伤害的程度也较深,不利于番茄苗后期生长,其中 T_1 组番茄苗长势较缓慢,会出现叶片发黄、缺乏营养的现象,说明发酵菌糠不适合单独用作番茄育苗基质。根据上述结果,后期可继续优化菌糠、河沙、草炭的比例,以得到更优番茄育苗基质。另外,可探究 EM 菌发酵菌糠添加泥炭、有机肥等制成栽培基质,扩大海鲜菇菌糠的可利用范围。

将 T_4 与 T_3 组进行比较可看出,T_4 组草炭比例较 T_3 组高 5 百分点,但 T_3 组光合作用强度、叶绿素含量、丙二醛含量均与 T_4 组间差异不显著,但番茄幼苗形态指标有一定差异。推测是由于草炭更适合植物育苗与生长。草炭是短期不可再生资源,其形成需要时间的积累和环境的变化,因而寻找草炭的替代物越来越受到人们的关注。可以根据试验数据优化 T_3 组各成分配比,探究更适合番茄育苗及生长的海鲜菇菌糠复合基质,这对节约草炭资源有一定意义。

参考文献

[1] 侯立娟,姚方杰,高芮,等. 食用菌菌糠再利用研究概述[J]. 中国食用菌,2008,27(3):6-8.
[2] 彭涛,余水静,程素. 食用菌菌糠综合利用研究进展[J]. 安徽农业科学,2016,44(9):78-80.
[3] 陈智毅,赵晓丽,刘学铭. 金针菇菌糠堆肥生产有机肥研究[J]. 中国食用菌,2012,31(4):30-31.
[4] 陈世昌,常介田,张变莉. 菌糠复合基质在番茄育苗上的效果[J]. 中国土壤与肥料,2011(1):73-75,79.
[5] 张国胜,王豹祥,张朝辉,等. 食用菌菌糠替代草炭制备烤烟漂浮育苗基质研究[J]. 河南农业科学,2011,40(3):52-55.
[6] 田聪聪,乜兰春,张哲,等. 非草炭依赖型甜椒育苗基质筛选[J]. 北方园艺,2014(6):1-4.
[7] MEDINA E,PAREDES C,PÉREZ-MURCIA M D,et al. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants [J]. Bioresource technology,2009,100(18):4227-4232.
[8] 韩玉珠,宋述尧. 稻草配施生物菌剂对大棚连作土壤的改良效果[J]. 湖北农业科学,2012,51(8):1544-1547.
[9] 余水静,彭涛,雷强,等. EM 菌对秀珍菇菌糠堆肥发酵过程的动态影响[J]. 科学技术与工程,2017,17(34):186-190.
[10] 郑丹,王轶,赵春霞,等. 利用高温发酵菌糠研制水稻育秧基质[J]. 中国农业大学学报,2016,21(10):23-29.
[11] 赵义平,张红艳,武建,等. 甜瓜适龄壮苗生产技术规程:DB21/T 1967—2016[S]. 辽宁省质量技术监督局,2016.
[12] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
[13] 陈旭升,朱绍琳. 测定棉叶光合强度改良半叶法再改良[J]. 中国棉花,1990,17(6):30.
[14] 毛碧增,贺满桥,陈丽闽,等. 蘑菇菌糠复配生物基质对番茄营养生长及光合作用的影响[J]. 核农学报,2015,29(9):1821-1827.
[15] 陈福明,陈顺伟. 混合液法测定叶绿素含量的研究[J]. 林业科技通讯,1984(2):4-8.
[16] 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京:气象出版社,2006.