

番茄育苗基质理化特性及其对幼苗生长影响研究

王鹏勃, 李建明, 丁娟娟, 刘国英, 杜清洁, 潘铜华, 常毅博

(西北农林科技大学园艺学院, 农业部西北设施园艺工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 将腐熟的菇渣、发酵牛粪和珍珠岩混配形成不同体积比的 5 种复合基质, 以传统的优势配方(草炭:珍珠岩 = 2:1)为对照, 以番茄品种“西农 2011”为试材, 分析了不同配方复合基质的理化性质及其对番茄幼苗生长的影响; 同时以复合基质的理化性质为自变量, 以番茄幼苗的壮苗指数为因变量进行了多元回归分析和通径分析, 最后对初步筛选的最优配方进行再优化试验。结果表明: 优化配方菇渣:牛粪:珍珠岩 = 3:3:4 处理的番茄幼苗质量显著优于对照以及初步筛选的最优配方菇渣:牛粪:珍珠岩 = 4:2:4; 容重、总孔隙度、通气孔隙、持水力是影响壮苗指数的主要因子, 其中通气孔隙对壮苗指数的直接通径系数达到 2.2992, 而其他因素对壮苗指数的作用是负向的。因此, 适量增大复合基质的通气孔隙, 降低容重、总孔隙度以及持水力有利于番茄壮苗培育, 在本研究中可以通过减少菇渣用量和增加牛粪用量来实现这一目的。

关键词: 菇渣; 理化性状; 育苗基质; 通径分析

中图分类号: S317 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)05-0137-06

Study on physical and chemical characteristics of compound substrate and effects on the growth of tomato seedling

WANG Peng-bo, LI Jian-ming, DING Juan-juan, LIU Guo-ying, DU Qing-jie, PAN Tong-hua, CHANG Yi-bo

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Key Laboratory of Protected Horticulture Engineering in Northwest China, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Spent mushroom compost, cow dung and perlite were composed to five kinds of compound substrate, taking internationally best formula substrate (peat:perlite = 2:1) as CK and tomato cv. Xinong No.2011 as the test plant, the physical and chemical characteristics of compound substrate and growth of tomato seedling were investigated and the physical and chemical characteristics of substrate and seedling index of tomato was carried out path analysis and multiple regression analysis, moreover, we optimized the formula that was preliminary screened by test. This study indicated that the morphological trait, dry matter, root-shoot ratio and seedling index of optimizing formulating (spent mush:cow dung:perlite = 3:3:4) are significantly higher than CK and preliminary optimum formula; the main factors of affecting the seedling index of tomato seedling were bulk density, total porosity, aeration porosity and water holding capacity, the direct path coefficient of aeration porosity on tomato seedling is 2.2992, and influence of other factors on seedling index was negative. Increasing aeration porosity of compound substrate and decreasing bulk density, total porosity and water holding capacity are benefit the breeding of healthy tomato seedling. In order to produce good seedlings we can increase the dosage of cow dung and decrease the dosage of mushroom compost in this study.

Keywords: spent mushroom compost; physical and chemical characteristics; seedling substrate; path analysis

目前, 国内的育苗基质主要以草炭为主要原料, 辅以蛭石、珍珠岩、腐熟的动物排泄物等形成复合基质。草炭具有稳定的理化性能以及较强的缓冲能力, 因而成为最常用的园艺栽培基质^[1]。但由于草

炭是资源消耗性产品, 储量有限, 大量开采造成生态环境不可逆性破坏^[2]。因此, 研究草炭的替代基质受到国内外研究者的重视^[3-7], 但是以杏鲍菇废料腐熟物为主要材料的复合基质, 尚未见到相关报道。

收稿日期: 2013-12-08

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100504); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD29B01); 西安市科技计划项目(NC1213-3)

作者简介: 王鹏勃(1986—), 男, 陕西乾县人, 硕士, 主要从事设施作物生理生态研究。E-mail: 635043924@qq.com。

通信作者: 李建明(1966—), 男, 陕西洛川人, 教授, 博士生导师, 主要从事设施园艺研究。E-mail: lijianming66@163.com。

我国每年都会产生大量的杏鲍菇废弃菌棒,大部分的废弃物都被烧掉或者当做垃圾掩埋,严重污染了空气质量和生态平衡;另外,废弃菌棒中含有丰富的营养元素和大量的发酵微生物^[8],基本不存在重金属污染,添加 EM 菌将其堆制发酵形成园艺基质是无土栽培的热点^[9],既可以使农业废弃资源高效利用,又可以降低育苗成本。但是,单一的食用菌废弃物经过处理后用作育苗基质往往存在种种物理缺陷,比如粒径较大、持水保肥能力差、EC 值过高等,不宜单独使用^[10]。本研究将腐熟的菇渣、发酵牛粪、珍珠岩混配形成复合基质,分析复合基质的理化特性以及在番茄育苗过程中的应用效果,形成价格低廉和生态环保型的番茄育苗基质,为我国农业废弃物的资源化高效利用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

基质供试材料为杏鲍菇废弃菌棒、牛粪、草炭以及珍珠岩,废弃菌棒由杨凌康龙菌业提供,腐熟牛粪由陕西康熙农业有限公司提供,珍珠岩和草炭购买于杨凌建材市场,形成复合基质的各基础材料理化性状见表 1,供试番茄品种为“西农 2011”。

1.2 试验方法

试验于 2013 年 3 月 20 日—6 月 20 日在西北农林科技大学南校区科研温室以及农业部西北地区设施园艺工程重点实验室内进行。

1.2.1 基质配方的初步筛选 试验选用的杏鲍菇废弃菌棒经过粉碎,用尿素将 C/N 调至 30 左右,含水量调至达到 65% 左右,添加 0.2% (体积比) 的 EM 菌发酵液,混匀后用塑料薄膜封闭进行堆置发酵。期间视发酵温度和含水量进行翻堆。当堆积物由白色变成黑褐色充分腐熟后,将自然风干的菇渣与腐熟牛粪、珍珠岩混配成不同配方的复合基质备用。

2013 年 3 月 17 日将番茄种子放在 55℃ ~ 60℃ 的温水中浸种 30 min 后,置于人工气候箱中催芽,3

月 20 日上午播种。

试验将腐熟的菇渣、发酵牛粪和珍珠岩按照不同配比(体积比)组成 5 种复合基质:T1(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 1:1:1)、T2(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 1:1:2)、T3(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 4:2:4)、T4(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 5:2:3)、T5(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 6:1:3),以传统的优势配方(草炭:珍珠岩 = 2:1)作为对照,进行番茄育苗试验;采用 72 孔的穴盘育苗,每个处理 72 株番茄幼苗,设 3 次重复;试验过程中所有处理只浇灌清水,其他管理措施均与常规工厂化育苗措施相同。

1.2.2 基质配方的再次优化 根据前期试验的结果,针对其中的优势配方 T3(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 4:2:4)再次优化,形成新的基质配方 Y1(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 3:3:4)和 Y2(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 2:4:4),以 T3 配方作为对照,于 5 月 5 日播种,进行番茄育苗基质配方的优化试验。

1.3 指标测定及方法

1.3.1 基质理化性质的测定 在番茄播种之前,取菇渣、草炭、牛粪等基础材料以及混配好的复合基质,测定其物理和化学特性。基质的容重、总孔隙度、通气孔隙度等物理特性的测定参照连兆煌^[11]以及蒲胜海等^[12]的方法;基质的化学特性测定参照《土壤农化分析》^[13]。

1.3.2 番茄幼苗形态特征的测定 在番茄幼苗四叶一心时用直尺和电子游标卡尺分别测定株高和茎粗,再将其清洗干净,置于烘箱内 105℃ 杀青 15 min, 80℃ 恒温 48 h,称干重。用 EPSON1680 扫描仪(Epson, Long Beach, USA)对根系进行扫描,然后用 WinRhizo2005a 根系分析软件对扫描的根系图片进行分析,获得根系总长度、总表面积、总体积和平均直径等形态指标。

1.4 数据处理

采用 DPS7.05 软件对试验数据进行统计分析,不同处理间的多重比较采用 Duncan 新复极差法,用 Excel 进行数据统计和作图分析。

表 1 基础材料的理化特性

Table 1 Physical and chemical characteristics of basic substrate

材料 Materials	容重 DB /(g·cm ⁻³)	总孔隙度 TP / %	通气孔隙 AP / %	持水孔隙 WRP / %	持水力 WHC / %	pH	EC /(μS·cm ⁻¹)	全 N TN / %	全 P TP / %	全 K TK / %
草炭 Peat	0.42	95.63	41.63	54.99	229.02	5.15	547	1.43	0.22	0.91
菇渣 Mushroom compost	0.45	87.23	20.91	66.22	246.66	7.56	3687	3.17	1.33	2.22
牛粪 Cow dung	0.40	60.65	27.12	32.80	167.38	6.91	7870	6.32	2.76	2.31

2 结果与分析

2.1 复合基质的理化特性

从表 2 可以看出,所有处理的容重值在 0.22 ~ 0.28 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 之间, T1 处理的容重最大,为 0.28 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,但与 T3 和 T4 处理之间无显著差异,CK 的容重最小;各处理的总孔隙度均在 63.60% ~ 89.02% 之间, T4 处理的总孔隙度最小为 63.60%,显著小于对照以及其它处理;各处理的持水孔隙度

由大到小的排列顺序为 T5 > CK > T1 > T2 > T3 > T4,其中 T5 处理的持水孔隙值显著高于其他处理,CK 次之,但与 T1 和 T2 处理之间并无显著差异;CK 的 pH 值最小为 5.63,显著小于各复合基质,复合基质的 pH 值范围在 6.07 ~ 6.56 之间;T4、T1 处理的 EC 值较大,分别为 4327 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 和 4287 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,CK 的 EC 值最小为 336 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,显著低于各复合基质处理的 EC 值。

表 2 复合基质理化特性

Table 2 Physical and chemical characteristics of compound substrate

处理 Treatment	容重 BD /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	总孔隙度 TP /%	通气孔隙 AP /%	持水孔隙 WRP /%	持水力 AP/WRP /%	pH	EC /($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
T1	0.28a	81.09b	29.44a	51.65b	287.09c	6.10c	4287a
T2	0.24bc	76.86bc	28.73a	48.13bc	299.60c	6.26b	2713b
T3	0.25ab	65.42d	23.19b	42.56c	269.92c	6.07c	3137b
T4	0.25ab	63.60d	20.70bc	42.90c	273.07c	6.14bc	4327a
T5	0.23bc	89.02a	23.32b	65.70a	388.00a	6.56a	2727b
CK	0.22c	72.11c	18.45c	53.65b	347.71b	5.63d	336c

注:同列不同字母表示 0.05 水平时差异显著;下同。

Note: Values followed by different small letters in the same column mean significantly different at $P=0.05$; The same below.

2.2 复合基质对番茄幼苗形态特征的影响

2.2.1 复合基质对番茄幼苗株高和茎粗的影响

由图 1 可以看出, T3 处理的株高最高,分别比 T1、CK 高了 2.0% 和 3.9%,但它们的差异并不显著,而处理 T2 和 T4 的株高显著低于 CK;不同复合基质对茎粗的影响由大到小的排列顺序为 T3 > CK > T2 > T5 > T1 > T4, T3 处理的茎粗最粗为 4.41 mm,但与处理 CK、T2、T5 以及 T1 之间并无显著性差异, T4 处理显著低于其他处理。

且三者之间无显著性差异, T1 处理的根系表面积、根系投影面积及根系体积最小,且显著低于 CK;有机复合基质对番茄幼苗根系平均直径的影响无显著性差异, T5 处理的平均直径最高为 0.445 mm,分别比 CK 和 T3 处理高了 1.1% 和 4.0%;各处理的番茄幼苗平均根尖数由大到小的排列顺序依次为 CK > T5 > T4 > T2 > T3 > T1,其中 CK 处理的平均根尖数最多为 710 个,显著高于其他处理, T5、T4、T2 以及 T3 处理之间的差异不显著。

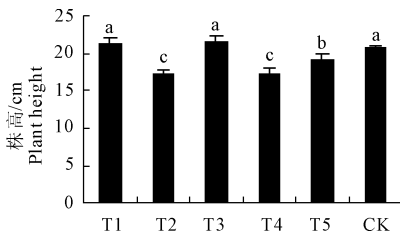


图 1 复合基质对番茄幼苗株高的影响

Fig. 1 Effect of compound substrate on plant height

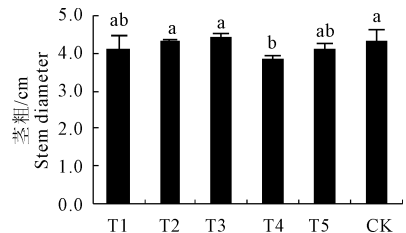


图 2 复合基质对番茄幼苗茎粗的影响

Fig. 2 Effect of compound substrate on stem diameter

2.2.2 复合基质对番茄幼苗根系形态的影响

由表 3 可以看出,CK 处理的根系总长度最长,为 461.994 cm,分别比处理 T5 与 T3 高了 1.8% 和 2.3%,但它们之间并无显著差异, T4、T2 和 T1 处理的根系总长度显著低于 CK;CK 处理的根系表面积、根系投影面积及根系体积最大, T3 和 T5 处理次之,

2.3 复合基质对番茄幼苗干物质积累、根冠比以及壮苗指数的影响

由表 4 可以看出, T3 处理的番茄幼苗地上部干重最重,比 CK 处理重了 17.3%,但二者之间并无显著性差异, T1 处理的地上部干重最轻;与番茄幼苗的地上部干重变化趋势基本一致, T3 处理的根干重

最大,CK 处理次之,T1 处理最小;番茄幼苗的全株干重由大到小的排列顺序依次为 T3 > CK > T5 > T2 > T4 > T1,其中 T3 与 CK、T5、T2 以及 T4 等处理之间差异不显著;所有的处理中,CK 的根冠比最大为 0.181,分别比处理 T5、T4、T3 以及 T2 大了 1.1%、

1.7%、16.0% 和 24.0%,但他们之间的差异并不显著;对于壮苗指数而言,T3 处理最大,T5 和 CK 处理次之,除 T1 处理之外,其他处理的壮苗指数与 T3 之间并无显著性差异。

表 3 复合基质对番茄幼苗根系形态的影响

Table 3 Effect of compound substrate on root morphological trait of tomato seedling

处理 Treatment	总根长/cm Root length	根系表面积/cm ² Root surface area	根系投影面积/cm ² Root projection area	根体积/cm ³ Root volume	平均直径/mm Average diameter	根尖数 Root tips
T1	290.973c	34.184b	10.714b	0.288b	0.378a	463c
T2	298.441c	39.626b	14.735ab	0.519ab	0.437a	502bc
T3	451.660ab	63.565a	20.234a	0.679a	0.428a	483bc
T4	366.925bc	48.076ab	16.637a	0.508ab	0.419a	519bc
T5	453.894ab	58.840a	20.063a	0.657a	0.445a	555b
CK	461.994a	64.108a	20.406a	0.716a	0.440a	710a

表 4 复合基质对番茄幼苗干物质、根冠比以及壮苗指数的影响

Table 4 Effect of compound substrate on dry mass and root - shoot ratio and seedling index

处理 Treatment	地上部干重/g Dry mass of shoot	根干重/g Dry mass of root	全株干重/g Dry mass of plant	根冠比 Root-shoot ratio	壮苗指数 Seedling index
T1	0.345b	0.043b	0.388b	0.126b	0.123b
T2	0.393ab	0.058ab	0.451ab	0.146ab	0.178ab
T3	0.509a	0.079a	0.588a	0.156ab	0.211a
T4	0.347b	0.062ab	0.409ab	0.178a	0.163ab
T5	0.424ab	0.075a	0.500ab	0.179a	0.200a
CK	0.434ab	0.078a	0.512ab	0.181a	0.198ab

注:壮苗指数^[14] = (茎粗/株高 + 根干重/地上部干重) × 全株干重。

Note: Seedling index^[14] calculate as: (Stem diameter/ Plant height + Dry mass of root/ Dry mass of shoot) * Dry mass of plant.

2.4 复合基质的理化性状与壮苗指数的多元回归分析和通径分析

以复合基质的容重(X1)、总孔隙度(X2)、通气孔隙(X3)、持水孔隙(X4)、持水力(X5)、pH值(X6)、电导率 EC 值(X7)为自变量,以表示番茄幼苗素质好坏的壮苗指数(Y)为因变量,进行多元逐步回归,得到回归方程:

$$Y = 1.763751654 - 2.7704705945X_1 - 0.0026427206721X_2 + 0.017061715581X_3 - 0.004026114521X_5 \quad (R^2 = 0.9409,$$

Durbin - Watson 统计量 $d = 2.23492654$)。本研究在多元逐步回归分析的基础之上同时做了通径分析,从通径分析得出的结果可以看出(表 5),X1、X2、X3、X5 是影响壮苗指数的主要因子,其中 X3 对壮苗指数的直接通径系数达到 2.2992,而其他因素对壮苗指数的作用是负向的;另外,X1 通过 X3、X2 通过 X3 以及 X5 通过 X3 对番茄幼苗壮苗指数的间接通径系数分别达到了 1.5033、1.0251、1.952,基质各理化性质对番茄幼苗壮苗指数的决定系数为

表 5 复合基质理化性状和番茄壮苗指数的通径分析

Table 5 Path analysis of physical and chemical characteristics of compound substrate on seedling index

性状 Character	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect			
		X1→Y	X2→Y	X3→Y	X5→Y
X1	-1.7782		0.0308	1.5033	-0.5516
X2	-0.7902	0.0694		1.0251	-0.4504
X3	2.2992	-1.1627	-0.3523		-1.3561
X5	-1.5948	-0.6150	-0.2232	1.9552	

0.97704, 剩余通径系数为 0.15152。

2.5 复合基质配方的优化试验

根据优化配方对番茄幼苗生长的影响(表6)可以看出, Y1 处理的株高、地上部干重以及全株干重显著高于对照 T3 处理, 且其茎粗、根干重、根冠比及

壮苗指数均优于 T3 处理, 但没有显著差异; 而 Y2 处理除了株高和根冠比优于 T3 处理外, 其他的生长指标均差于 T3 处理, 但 Y2 与 T3 处理的各项指标均无显著差异。

表6 优化配方对番茄幼苗生长的影响

Table 6 Effect of compound substrate from optimizing formulation on tomato seedling

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	地上部干重/g Dry mass of shoot	根干重/g Dry mass of root	全株干重/g Dry mass of plant	根冠比 Root-shoot ratio	壮苗指数 Seedling index
Y1	24.10a	4.75a	0.598a	0.110a	0.708a	0.184a	0.270a
Y2	22.93b	4.06a	0.436b	0.089a	0.525b	0.203a	0.198b
T3	21.86b	4.41a	0.511b	0.089a	0.600b	0.176a	0.226ab

3 讨论

3.1 农业有机废弃物复合基质的理化特性

Beardsell 等^[15]认为标准固体基质的质量密度应在 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 左右, 总孔隙度应在 60% 左右, 化学性质稳定, 酸碱度接近中性; Abad 等^[16]认为, 理想基质的质量密度应小于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 总孔隙度应大于 80%, 而通气孔隙应在 20% ~ 30%; 郭世荣等^[17]提出的基质质量标准为容重应在 $0.1 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 总孔隙度应在 70% ~ 90% 之间, 通气孔隙应在 15% ~ 30% 之间, 育苗基质的 EC 值应在 $0.75 \sim 2.00 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 之间, pH 应在 5.5 ~ 7.0 之间; Garcia 等^[18]认为理想基质的 EC 应在 $0.7 \sim 3.49 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。由于农业有机废弃物的种类繁多, 经过处理后形成的复合基质性质差异也非常大; 另外, 还没有形成标准化的基质生产工艺, 质量缺乏稳定性, 因此, 目前尚没有形成理想有机基质统一的理化性状参数标准。因此, 笔者认为在判定基质是否适宜某种作物时可适当参考已有的基质标准, 但更应结合植株在该基质中的实际生长表现来综合考虑。本试验参考前人的研究结果^[19-21], 混配形成的 5 种复合育苗基质中, 除了 T3、T4 的总孔隙度小于 70% 外, 其它处理的物理性状基本都在参考范围之内。

时连辉等^[22]人认为腐熟菇渣的 EC 值以及 N、P、K 的含量远远高于草炭, 在育苗的过程中往往要通过与其它材料混配或者淋洗来降低其 EC 值, 这与本文的研究结果一致, T1 和 T4 处理的复合基质 EC 值过高, 在后期的育苗过程中应注意观察番茄幼苗发育状况, 其他处理的 EC 值在参考范围之内。

3.2 复合基质下对番茄幼苗形态的影响

番茄株高和茎粗是植株长势强弱的重要指标, 尤其在一定程度上还可以反映幼苗的健壮程度。综

合植株的株高和茎粗来看, 处理 T3、CK 以及 T1 的番茄幼苗的地上部分生长势更旺盛一些, 可以合成更多的光合同化物, 供给番茄幼苗生长发育所需。

植物根系的生长发育与形态特征是生物学特性与环境相互作用的结果^[23], 发达的根系可以增强植物地上部分的生长和同化能力。根系总长度是描述根系在土壤介质中吸收水分和养分能力的重要参数之一, 反映了根系在土壤中的伸展空间^[24]; 根系表面积是根系与环境介质直接接触的重要指标, 是作物吸收营养能力和吸收量的重要决定因子, 根系的表面积越大, 与环境介质中的营养元素接触的机会就越多, 吸收养分的能力就越强, 通常认为, 根系表面积大小可以表明植物根系活力的高低, 进而影响作物地上部分的生长和产量^[25]; 根系体积与根系表面积一样反映了根系发育状况。

本研究表明, 不同配方的农业有机废弃物复合基质对番茄幼苗根系形态特征影响非常显著, CK 和 T3 处理的番茄幼苗各根系形态参数较大, 这说明其复合基质的理化性状较适宜, 根系与复合基质的接触面积较大, 吸收水分和养分的能力较强; 而处理 T1、T4 的根系形态显著差于 CK 和 T3 处理, 这是由于 EC 值过高造成基质中盐分聚集和盐浓度过高, 影响根系吸收营养和水分; 对照 CK 的根系形态参数略优于 T3 处理, 但其株高和茎粗却低于 T3 处理。从形态特征来看, T3 和 CK 处理的番茄幼苗优于其他处理, 较为健壮。

3.3 复合基质对番茄幼苗质量的影响

番茄苗期幼苗素质的好坏直接影响定植后植株的营养生长和生殖生长, 而幼苗干重、根冠比、壮苗指数是反映苗期幼苗素质的 3 个重要指标。在本研究中, T3 处理的番茄幼苗全株干重和壮苗指数优于 CK, 但与其并无显著性差异, 因此, 从植株形态、全

株干重、根冠比以及壮苗指数综合来看, T3 处理的番茄幼苗质量最高, 育苗效果最好, 初步表明可以作为番茄育苗过程的优势配方推广使用。

3.4 复合基质的理化性状与壮苗指数的多元逐步回归分析和通径分析

在本研究中, 影响番茄幼苗壮苗指数的主要基质理化性状有容重、总孔隙度、通气孔隙、持水力, 其中通气孔隙为正向作用, 其余的因子为负向作用, 这与通径分析的结果一致。这 4 个复合基质理化性状对番茄幼苗壮苗指数的决定系数达 94.09%, 而 Durbin - Watson 统计量 d 的值接近 2, 回归的准确性较高, 可以认为, 这 4 个参数是复合基质理化性状中影响番茄壮苗指数的主要性状。

基质本身是一种有机统一的整体, 内部之间的关系非常复杂, 通过回归分析得知基质的理化性质与壮苗指数密切相关, 再通过通径分析, 就可以较准确地评价基质各理化性质参数对番茄幼苗壮苗指数的相对重要性, 同时将基质理化性质对壮苗指数的直接作用和间接作用量化, 我们就可以在配制复合基质的过程中重点调整基质的相关理化性质, 从而对番茄幼苗的生长起到正向促进作用。本研究中通气孔隙对番茄幼苗壮苗指数的直接影响非常大, 另外, 容重通过通气孔隙、总孔隙度通过通气孔隙以及持水力通过通气孔隙对壮苗指数均存在着极显著的间接作用, 这说明菇渣复合基质的育苗成功与否, 基质的通气透水能力是非常重要的因素; 回归分析和通径分析的结果还表明, 适当的提高复合基质的通气孔隙度, 降低容重、总孔隙度以及持水力有利于番茄壮苗培育, 在本研究中可以通过减少菇渣用量和增加牛粪用量来实现这一过程。

通径分析的决定系数的总和接近 1, 说明通径分析已经包括主要的相关因素, 分析结果能够表达各因素间的真实关系; 本研究中基质各理化性质对番茄壮苗指数的决定系数为 0.97704, 剩余通径系数为 0.15152, 这说明通径分析中还有相关因素遗漏(如环境因素以及光合作用等), 还需作进一步的研究。

3.5 复合基质配方的优化

根据回归分析和通径分析的结果, 将初次筛选的最优配方 T3(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 4:2:4)进行适当的改变, 形成优化配方 Y1(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 3:3:4)和 Y2(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 2:4:4)进行验证试验, 从试验结果来看, 基质配方中适量减少菇渣用量, 增大牛粪用量, 培育出的番茄幼苗各项生长指标及壮苗指数均得到显著提高, 而进一步增加牛粪与菇渣的体积比, 其育苗效果反而会变差。

4 结 论

优化后的基质配方(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 3:3:4)培育出的番茄幼苗形态、干物质积累、根冠比以及壮苗指数均显著优于初步筛选的最优配方(菇渣:牛粪:珍珠岩 = 4:2:4)和传统的优势配方(草炭:珍珠岩 = 2:1), 育成的幼苗相对健壮, 质量较高; 甄选出的复合基质本身的营养丰富, 缓冲能力强, 成本低廉, 完全可以在番茄育苗过程中的推广应用。

参 考 文 献:

- [1] 晋建勇, 孟宪民, 刘 静. 欧洲园艺泥炭的开发与环境问题[J]. 腐植酸, 2006, (6):17-21.
- [2] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增):1-4.
- [3] Awang Y, Ismail M. The growth and flowering of some annual ornamental on coconut dust[J]. Acta Hort, 1997, 450:31-38.
- [4] Gruda N, Schnitzler W H. Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants II[J]. Scientia Horticultural, 2004, 100:333-340.
- [5] 李谦盛, 卜崇兴, 张艳琴. 菇渣发酵园艺基质的理化性状和应用效果[J]. 中国土壤与肥料, 2006, (5):56-58.
- [6] 张云舒, 张殿宇, 徐万里, 等. 蘑菇渣复合基质特性及对番茄幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报, 2008, (3):242-245.
- [7] 张润花, 段增强. 草酰胺对菇渣混合基质理化性状和番茄幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(22):271-275.
- [8] 陈恩波, 钟建明, 梁文芳, 等. 蘑菇渣渣不同配比基质的性状及其对萎凋瓜幼苗影响的初步研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(5):201-204.
- [9] Bohne H. Growth of nursery crops in peat-reduced and in peat-free substrates[J]. Acta Hort, 2004, 644:103-106.
- [10] Wever G, Van der B, Straatsma G. Potential of adapted mushroom compost as a growing medium in horticulture[J]. Acta Hort, 2005, 697:171-177.
- [11] 连兆煌. 无土栽培技术与原理[M]. 北京:中国农业出版社, 1994.
- [12] 蒲胜海, 冯广平, 李 磐, 等. 无土栽培基质理化性状测定方法及其应用研究[J]. 新疆农业科学, 2012, 02:267-272.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [14] 曹红星, 程智慧, 孟焕文. 几种复合基质对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, (5):111-114.
- [15] Beardsell D V, Nichols D C, Jones D L. Physical properties of nursery potting-mixture[J]. Sci Hort, 1979, 11:1-8.
- [16] Abad M, Noguera P, Bures S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: A case study in Spain[J]. Bio - resource Technology, 2001, 77(2):197-200.
- [17] 贾永霞, 郭世荣, 李 娟. 复配芦苇末基质在甜椒育苗上的应用效果[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3):419-422.

$10a^{-1}$, 突变分析发现洮河流域年生物温度均在 90 年代出现增大突变; 降水量除临潭呈略增加的趋势外, 其余地方均呈减少的趋势, 其中以中、下游减少最明显, 减少趋势为 $13.3 \sim 21.8 \text{ mm} \cdot 10a^{-1}$ 。

洮河流域出现了明显的暖干化趋势, 洮河上游的暖干化的主要原因是由于温度上升, 洮河中、下的暖干化的主要原因是由于温度上升和降水减少。作为洮河主要产流区的甘南草原的暖干化已经对当地的生态环境造成了严重影响, 甘南草原的生产性能和生态功能大幅下降, 草地退化、沙漠化发展速度明显加快, 已经出现了水资源明显减少的趋势。如何充分利用和保护洮河水资源, 对洮河流域及引洮工程区内的经济建设、生态环境保护有十分重要的意义, 对此还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 朱佳君, 张 钰, 唐颖丰, 等. 洮河干流径流量变化趋势分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 111-114.
- [2] 畅俊杰, 高学军, 赵昌瑞. 洮河流域径流演变趋势分析[J]. 甘肃水利水电技术, 2003, (3): 731-736.
- [3] 胡兴林, 畅俊杰, 姚志宗, 等. 干旱半干旱地区水文预报模型研究及应用——以洮河流域为例[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 409-413.
- [4] 路泽生, 温续余, 张 东. 引洮供水一期工程总体设计及管理方案研究[J]. 中国水利, 2006, (10): 40-42.
- [5] 周长进, 董锁成, 李 岱. 定西地区主要生态环境问题与对策[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(6): 32-37.
- [6] 张济世, 康尔泗, 蓝永超, 等. 50a 来洮河流域降水径流变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(1): 77-82.
- [7] 王建兵. 近 40 年甘南草原生命地带偏移趋势及干湿变化[J]. 应用气象学报, 2012, 23(5): 604-608.
- [8] 王建兵, 李晓媛, 王振国. 青藏高原东北部农牧交错区气候变化及其对草场植被的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 216-219.
- [9] 王建兵. 近 20 年青藏高原东北部边坡地带垂穗披碱草物候变

- 化——以甘肃合作为例[J]. 草业科学, 2011, 28(10): 1851-1854.
- [10] 孟 猛, 倪 健, 张治国. 地理生态学的干燥度指数及其应用评述[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 853-861.
- [11] 张新时. 研究全球变化的植被 - 气候分类系统[J]. 第四纪研究, 1993, 5(2): 157-169.
- [12] 张新时, 杨莫安, 倪文革. 植被的 PE(可能蒸散)指标与植被气候分类(三): 几种主要方法与 PEP 程序介绍[J]. 植物生态学与地植物学学报. 1993, 17(2): 97-109.
- [13] 范泽孟, 岳天祥, 田永中. 中国 Holdridge 生命地带平均中心的时空分布及其偏移趋势[J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1380-1387.
- [14] 巩祥夫, 刘寿东, 钱 拴. 基于 Holdridge 分类系统的内蒙古草原类型气候区划指标[J]. 中国农业气象, 2010, 31(3): 384-387.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 42-113.
- [16] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 冰川冻土, 2003, 23(2): 152-164.
- [17] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 大气科学, 2004, 62(5): 634-646.
- [18] 蔡 英, 李栋梁, 汤懋苍, 等. 青藏高原近 50 年来气温的年代际变化[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 464-470.
- [19] 王建兵, 汪治桂. 青藏高原东北部边坡地带气温变化特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 176-180.
- [20] 姚玉璧, 王润元, 邓振镛, 等. 黄河上游主要产流区气候变化及其对水资源的影响——以甘南高原为例[J]. 中国沙漠, 2007, 27(5): 903-909.
- [21] 王建兵, 王振国, 吕 虹. 黄河重要水源补给区草地退化的气候背景分析——以玛曲县为例[J]. 草业科学, 2008, 25(4): 23-27.
- [22] 汪治桂, 王素萍, 王建兵, 等. 黄河上游重要水源补给区参考作物蒸散量变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(6): 243-246.
- [23] 蒲金涌, 姚小英, 邓振镛, 等. 气候变化对甘肃黄土高原土壤蓄水量的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(6): 1086-1090.
- [24] 刘德祥, 白虎志, 宁惠芳, 等. 气候变暖对甘肃干旱气象灾害的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 28(5): 707-712.
- [25] 邓振镛, 张 强, 徐金芳, 等. 全球气候变暖对甘肃农作物生长影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2008, 23(10): 1070-1078.
- [26] 姚玉璧, 邓振镛, 王润元, 等. 气候暖干化对甘肃马铃薯生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 16-20.

(上接第 142 页)

- [18] Garcia-gomez A, Bernal M P, Roig A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes[J]. Bioresource Technology, 2002, 83(1): 81-87.
- [19] 李晓强, 卜崇兴, 郭世荣. 菇渣复合基质栽培对蔬菜幼苗生长的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, (3): 517-520.
- [20] Rinhua ZHANG, Zengqiang DUAN. Study on compound Substrate Properties with Spent Mushroom Compost and Cattle Manure Compost and Effects on the Growth of Seedlings[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, (1): 149-154.
- [21] 徐文俊, 程智慧, 孟焕文, 等. 农业废弃有机物基质配方对番茄生长及产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, (4): 127-133.
- [22] 时连辉, 张志国, 刘登民, 等. 菇渣和泥炭基质理化特性比较及其调节[J]. 农业工程学报, 2008, (4): 199-203.
- [23] 张 娜, 梁一民. 干旱气候对白羊草群落地下部生长影响的初步观察[J]. 应用生态学报, 2002, (7): 827-832.
- [24] 马旭凤, 于 涛, 汪李宏, 等. 苗期水分亏缺对玉米根系发育及解剖结构的影响[J]. 应用生态学报, 2010, (7): 1731-1736.
- [25] 阎素红, 杨兆生, 王俊娟, 等. 不同类型小麦品种根系生长特性研究[J]. 中国农业科学, 2002, (8): 906-910.