

不同配方栽培基质对番茄苗期生长的影响^①

李伟明¹, 黄忠阳¹, 杜 鹃², 徐明喜¹, 陈莉莉¹, 马 明³,
吴旭东¹, 王东升¹, 魏猷刚^{1*}

(1 南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042; 2 南京市农业委员会, 南京 210042; 3 诸城市农业局, 山东潍坊 262200)

摘 要:以腐熟中药渣、腐熟菇渣、泥炭、蛭石、珍珠岩以及 45% 的缓释肥(15-15-15)为原料, 按照不同比例复配成 6 种栽培基质, 选取进口泥炭作为对照, 研究不同配比的栽培基质对番茄苗期生长的影响, 以筛选出理想的番茄育苗基质配方。结果表明:腐熟中药渣:泥炭:腐熟菇渣:蛭石:珍珠岩以 5:1:1.5:2:1(体积比)并添加 2 kg/m³ 45% 缓释肥的基质培育的番茄在株高、茎粗、根系形态及根系活力等方面均优于其他配比的育苗基质, 主成分分析和聚类分析结果也得到了类似的结果, 表明该配方的基质可推荐作为番茄育苗的专用型有机营养基质。

关键词:栽培基质; 番茄; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S154.38 文献标识码: A

无土栽培在我国的研究起步较晚, 20 世纪 80 年代初开始应用于蔬菜生产。目前该技术在农作物生产上已有应用, 起到了提高产量、增进品质、减少土传病害、净化栽培环境的效果^[1]。栽培基质是植物生长的基础和媒介, 也是无土栽培技术的关键, 除了支持固定植株外, 更重要的是使来自根际环境中的养分、水分得以中转并被根系吸收^[2]。因此, 合适的基质配方研究是无土栽培的关键步骤。肖艳辉等^[3]研究表明, 不同配方的栽培基质对无土栽培番茄的营养生长、生理活性等方面都会造成显著的差异。但是在无土栽培基质研究过程中, 普遍存在单纯的栽培基质, 在作物生长后期出现营养供应不足, 需要外源添加营养液的方式来维持作物的正常生长, 一方面增加了农业生产成本和劳动时间, 另一方面营养液的大量使用也会造成不必要的浪费和对农业生态环境造成不良影响^[4-6]。

因此, 除了施用营养液的方法之外, 常常在制备无土栽培基质时, 根据作物所需要的养分含量和基质盐分含量预先混入一定比例的肥料, 该方法平时只浇灌清水, 操作方便。但是这种方式也存在如果肥料浓度过高易对秧苗产生危害, 抑制秧苗生长, 严重时导致萎蔫死亡, 或者无机肥料养分释放过快, 育苗早期养分过剩, 后期不足等问题^[7]。根据以上特点, 可选择缓释肥作为营养液的替代物质。缓释肥料施入土壤

后, 其转变为植物有效态养分的速率远远小于速溶肥料, 对植物具有缓效性^[8]。缓释肥具有可生物降解、无毒、不含激素、无副作用、无污染、不破坏环境等优点, 另外缓释肥施用量可比常规施肥减少 10% ~ 20%, 比普通肥料成本低, 淋溶挥发损失减少^[9]。有研究表明, 缓释肥能显著促进植物初期生长量, 增加容器苗的养分含量, 并提高其养分利用效率^[10-11]。选择缓释肥作为无土基质的添加物料, 在平衡基质养分含量和作物需肥规律方面可起到很好的作用, 但是栽培基质缓释肥的用量研究方面, 目前还处于起步阶段, 还需要进一步的研究; 同时, 缓释肥的合理施用也受到我国相关部门所推崇^[12]。

根据低碳循环农业的理念, 利用有机废弃物生物发酵产物与其他物料复配成的专用型栽培基质, 并通过试验确定缓释肥的用量, 可为蔬菜栽培工厂化生产提供理论基础, 促使废弃物的高效循环利用, 实现经济效益和社会效益的双赢。本项目的研究及推广将推动蔬菜等无土栽培产业的发展、将低碳循环农业落实至实处。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验在南京市江宁区横溪镇南京市蔬菜科技

①基金项目: 江苏省固体有机废弃物资源化高新技术研究重点实验室开放课题(BM201101301)资助。

* 通讯作者(weiyougang666@163.com)

作者简介: 李伟明(1988—), 男, 山西高平人, 博士, 农艺师, 主要从事土壤肥料和有机营养型基质的研究。E-mail: liweiming1988@sina.cn

园玻璃温室内进行,栽培基质原材料为腐熟中药渣、泥炭、腐熟菇渣、蛭石、珍珠岩、45% 缓释肥(15-15-15)6 种。其中,腐熟中药渣与腐熟菇渣分别来自南京市蔬菜花卉科学研究所肥料厂和南京高固食用菌科贸有限公司肥料分公司,泥炭、蛭石与珍珠岩分别购自辽宁清原满族自治县花肥经销处,南京生熙建材物资有限责任公司和东海县北塔蛭石

厂。材料的理化性状见表 1。供试番茄品种为“绿宝石”。

1.2 方法

试验设置 7 个处理,分别为按照不同比例及加入不同浓度的长效缓释肥料配成的 6 种栽培基质:T1、T2、T3、T4、T5 和 T6,具体配方见表 2,以进口泥炭作为对照(CK)。

表 1 栽培基质材料的理化性质
Table 1 Physical and chemical properties of culture medium materials

指标	腐熟中药渣	腐熟菇渣	泥炭	蛭石	珍珠岩
体积质量(g/cm ³)	0.48	0.30	0.26	0.39	0.11
总孔隙度(%)	69.42	71.00	63.08	74.42	76.17
持水孔隙度(%)	48.58	44.50	44.83	61.92	25.50
pH	8.82	7.88	5.39	7.03	8.44
EC(mS/cm)	2.86	1.85	0.38	0.23	0.11
全氮(g/kg)	23.020	14.94	13.70	0.23	1.02
全磷(g/kg)	6.63	12.14	1.01	11.11	0.00
全钾(g/kg)	16.59	11.43	0.00	18.21	0.00
有机质(g/kg)	450.71	405.28	354.53	3.61	4.72

表 2 试验栽培基质的配方
Table 2 Formulas of six prepared substrates

处理	物料体积比					缓释肥添加量 (kg/m ³)	pH	EC (mS/cm)
	中药渣	泥炭	菇渣	蛭石	珍珠岩			
T1	5	0	1.5	2	1	0	6.76	2.46
T2	5	0	1.5	2	1	2	6.64	2.51
T3	5	0	1.5	2	1	3	6.57	2.56
T4	5	1	1.5	2	1	0	6.90	2.39
T5	5	1	1.5	2	1	2	6.93	2.42
T6	5	1	1.5	2	1	3	6.88	2.45

试验采用栽培袋进行。每个基质袋中播 5 粒番茄种子,待番茄种子发芽后长出第一片真叶时,对番茄进行定苗处理,使得每个基质袋保留 4 株。每个处理 3 次重复(每个重复即 1 个基质袋)。在苗期(对于番茄而言,一般指生长到“五叶一心”的时间段,播种后 40 d)对植株进行考苗。

番茄幼苗生长与生理指标测定:每处理取 4 株幼苗,测定株高(以穴盘基质表面到生长点的高度为准)、茎粗(紧靠子叶节下部为测定点),地上部与地下部鲜生物量;幼苗根系用根系扫描(根系扫描仪型号为 LA1600+, Canada;分析软件为 Win rhizo2003b)测定其根系形态数据;根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)染色法测定^[13];叶绿素含量用 SPAD-502 叶绿素仪对番茄进行 SPAD 值的测定,每一植株测 3 个位点,取平均值。

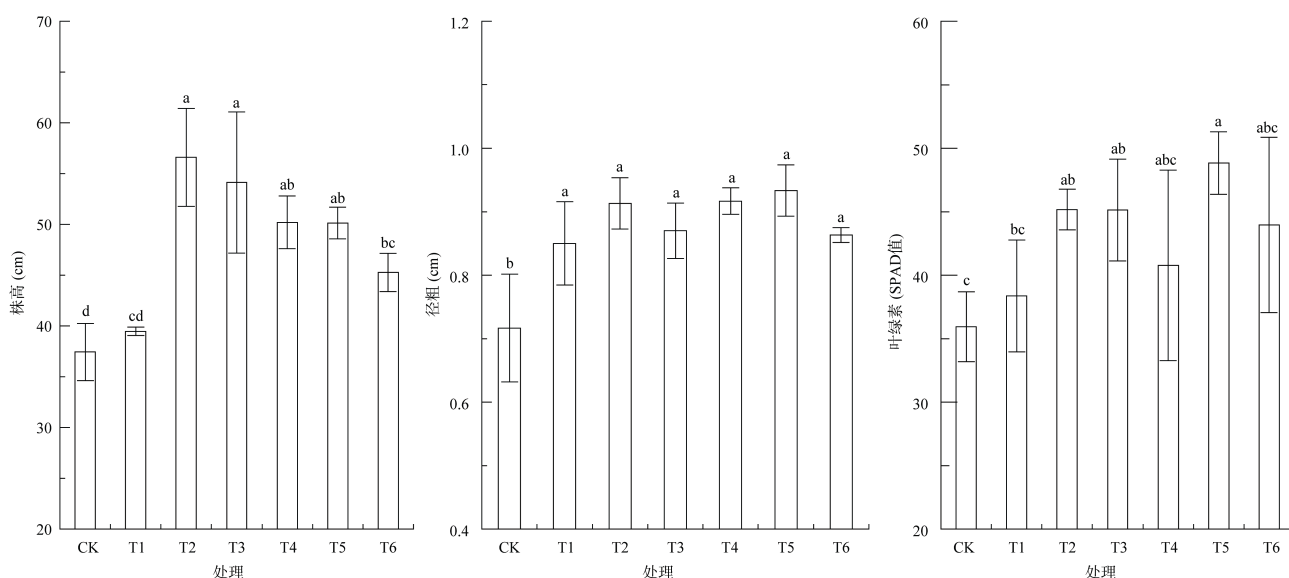
1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析,Origin8.0 进行绘图。处理之间的显著差异采用单因素方差分析法评价,平均值多重比较采用最小显著极差法(LSD)。

2 结果与讨论

2.1 不同栽培基质对番茄苗期地上部生长发育的影响

从图 1 可以得知,与 CK 相比,各基质对番茄苗期株高均有促进作用,其中,促进效果最好的为 T2 处理,其株高达 56.60 cm, T3 处理次之,为 54.13 cm,但与 T2 处理无显著性差异。T4、T5 和 T6 处理对番茄苗期株高的促进作用较 T1 处理有所提高,但不及 T2 和 T3 处理, T4、T5 和 T6 处理苗期株高分别为 50.20、50.13 和 45.27 cm。表明添加 2 kg/m³ 的缓释



(图中小写字母不同表示同一时期不同处理间差异显著($P < 0.05$), 下图同)

图 1 不同栽培基质对番茄苗期地上部生长发育的影响

Fig. 1 Effects of different-formula substrates on heights, stem diameters and the chlorophyll contents of tomato seedlings

肥可对番茄苗期株高起到促进作用, 而添加 3 kg/m^3 的缓释肥则会抑制该促进作用。各配方基质均可以显著促进番茄苗期茎粗的增加, 且添加 2 kg/m^3 缓释肥的基质对茎粗的促进效果更加明显, 其中, T4 和 T5 处理茎粗最大, 分别为 0.92 和 0.93 cm。从各处理叶绿素含量来看, 与茎粗的结果相类似, 其中 T5 处理番茄苗期叶绿素含量最高, SPAD 值达到 48.83。

添加缓释肥明显促进番茄苗期株高、茎粗和叶绿素含量的增加, 表明缓释肥料在番茄无土栽培中具有较好的促生效果。邱现奎等^[14]在研究缓释肥对大白菜生理特性的影响中, 发现缓释肥料可以提高大白菜叶片叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率和气孔导度等指标。俞巧钢等^[15]在研究缓释肥对茶花生长的影响时, 也得到缓释肥可以明显促进植株的生长的结果。

2.2 不同栽培基质对番茄苗期根系形态的影响

图 2 所示为不同栽培基质对番茄苗期根系形态的影响。从图 2 可知, T5 处理番茄苗期的根系长度最大, 达到 1 266.14 cm, 显著高于其他处理, CK、T1 和 T4 处理的根系相对较短, 分别为 770.03、711.07 和 787.74 cm, 且三者间无显著性差异, 说明 T5 处理番茄苗期的根系生长最佳, CK、T1 和 T4 处理苗期根系生长欠佳, 而这可能与缓释肥持续缓慢地提高基质中养分有关。根系表面积、根系体积和根尖数的结果与根长结果相类似, 即 T5 处理可以明显地促进

苗期根系表面积、体积及根尖数的增加或增多, 表明 T5 处理为番茄苗期根系提供了一个更加合适的生长空间, 一方面可以增强植物的稳定性, 另一方面可以为番茄从环境中吸收养分、促进自身生长提供物质基础。

2.3 不同栽培基质对番茄苗期根系活力的影响

根系活力是反映植株吸收功能的综合指标, 影响着根系的生长、代谢和吸收功能, 进而影响地上部的生长发育。由图 3 可知, 与 CK 处理相比, 各配方基质均可以显著促进番茄苗期的根系活力, 其中, T5 处理的根系活力最大, 为 $99.76 \mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 较 T2 处理显著增加 21.95%; 而 T4 处理较 T1 处理增加 2.59%, 但差异不显著性。根系活力越大, 表明植物吸收根际环境中养分的能力相对较强, 对于保持植物正常生长起到促进作用^[16]。

2.4 不同栽培基质对番茄苗期生物量的影响

图 4 所示为不同育苗基质处理对番茄苗期生物量的影响。由图 4 可知, T2 和 T5 处理对辣椒苗期的地下部生物量的促进作用显著高于其他处理, T2 和 T5 处理番茄苗期地下部生物量分别为 9.55 g 和 9.72 g。这说明与其他处理相比, T2 和 T5 处理更有利于番茄苗期地下部的生长。各配方基质对番茄苗期地上部的促进作用均高于 CK 处理, 其中, 随着缓释肥的添加, 可以更加明显促进番茄苗期地上部生物量的增大, 但缓释肥浓度的增加过高则会抑制其生物量的增长。

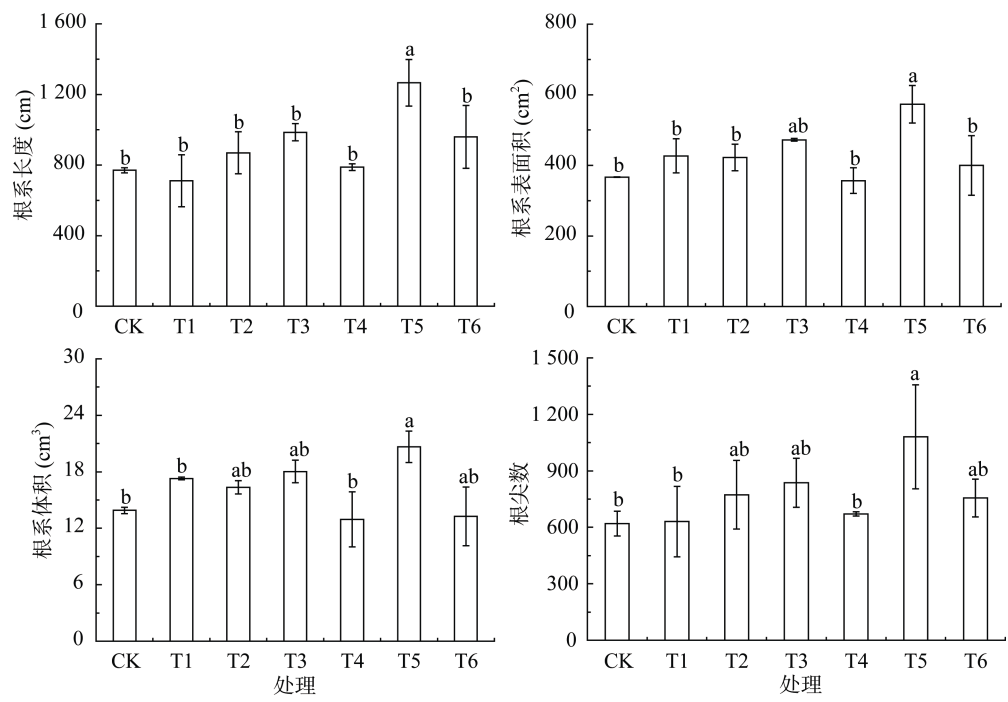


图 2 不同配方基质对番茄根系形态的影响

Fig. 2 Effects of different-formula substrates on root morphology of tomato seedlings

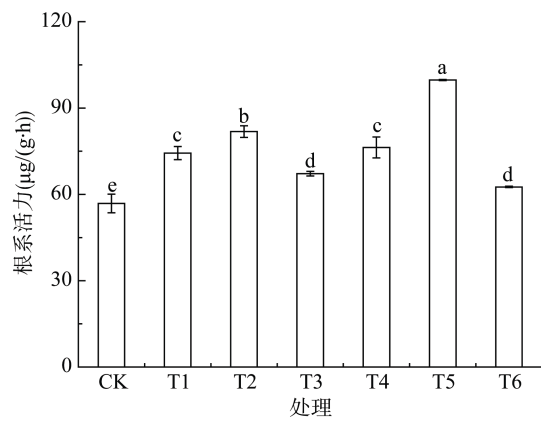


图 3 不同栽培基质对番茄苗期根系活力的影响

Fig. 3 Effects of different-formula substrates on root activities of tomato seedlings

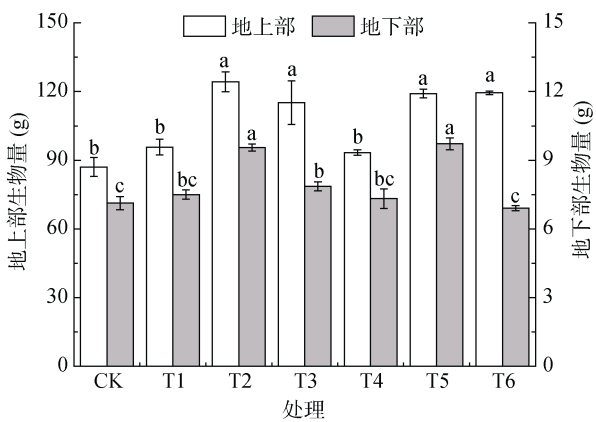


图 4 不同基质配方对番茄苗期生物量的影响

Fig. 4 Effects of different-formula substrates on fresh biomass of tomato seedlings

2.5 不同栽培基质对番茄苗期生长影响的主成分分析和聚类分析

主成分是原各指标的线性组合,各指标的权数为特征向量;它表示各单项指标对于主成分的重要程度,并决定了该主成分的实际意义^[17]。本试验通过统计分析,得到两个特征值,分别为PC1和PC2(各特征值具体数值如表3所示),该主成分分析总共可以解释81.12%的数据变量,其中,PC1可以解释42.57%的数据变量,PC2可以解释38.55%的数据变量。由表3可以得知,各处理对辣椒幼苗促进效果顺序依次为:T5>T2>T3>T1>T4>T6>CK。

表 3 综合主成分值

Table 3 Scores of comprehensive principal component analysis (PCA) under different-formula substrates				
处理	PC1	PC2	F 值	排名
CK	-0.28	-1.55	-0.71	7
T1	0.65	-1.34	-0.24	4
T2	0.30	0.55	0.34	2
T3	0.17	0.43	0.24	3
T4	-1.17	0.49	-0.31	5
T5	1.57	0.91	1.02	1
T6	-1.25	0.51	-0.33	6

以平方欧氏距离衡量各处理对辣椒幼苗各指标影响的差异大小,采用最短距离法对各处理进行聚类分析,具体系统聚类见图5。从聚类分析图中可以看

出, T5 处理对辣椒幼苗各生长指标的影响较为突出, 该结果和主成分分析结果基本一致。

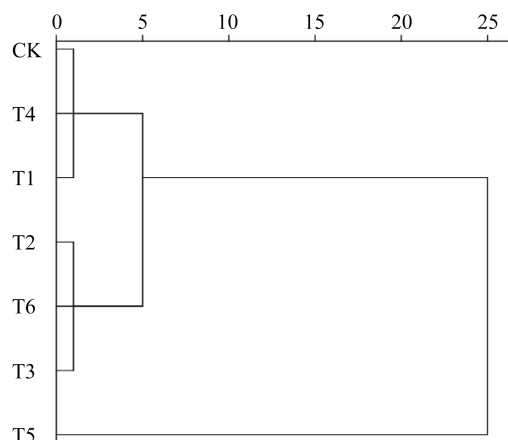


图 5 各处理对番茄促进效果等级系统聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of stimulating extents on tomato seedling under different-formula substrates

3 结论

与 CK 处理番茄苗期的株高相比, 其他 6 个处理均显著增加, 其中 T5 处理增幅高达 25.39%, 差异极显著。茎粗的变化趋势与株高一致, T5 处理的植株长势均显著优于其他处理。各处理在添加缓释肥的情况下, 苗期 SPAD 值均有提高, 添加缓释肥有助于植株光合作用的进行。各处理番茄苗期总根长、根表面积、根体积、根尖数以及根系活力的变化趋势基本一致, 均显著高于 CK, 其中 T5 处理苗期根系的各项指标均显著高于其他处理, 说明该处理最利于植株根系的生长。各处理地上部鲜重与根系鲜重的变化趋势基本一致, 均显著高于 CK, 其中 T2 和 T5 处理根系和地上部的鲜重均显著高于其他处理, 说明该处理最利于植株根系和地上部生物量的累积。

参考文献：

[1] 孙尚忠. 无土穴盘基质育苗方法及栽培技术[J]. 宁夏农林科技, 2007(1): 71-72

[2] 孙波, 廖红, 苏彦华, 等. 土壤-根系-微生物系统中影响氮磷利用的一些关键协同机制的研究进展[J]. 土壤, 2015, 47(2): 210-219

[3] 肖艳辉, 何金明, 陈明威, 等. 不同栽培基质对番茄植株长势、果实品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2011(4): 9-11

[4] 白美发, 黄敏. 铁皮石斛高效设施栽培技术研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (35): 15416-15416

[5] 王磊, 卓丽环, 李瑞发. 百子莲无土栽培营养液配方的研究[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(2): 238-242

[6] 林沛林, 李一平, 龚日新. 无土栽培营养液配方与管理[J]. 中国瓜菜, 2012, 25(3): 61-63

[7] 朱雨薇, 卜崇兴, 朱月林. 蛭石添加无土栽培有机缓释肥进行黄瓜育苗的试验研究[J]. 上海农业学报, 2006, 22(1): 72-74

[8] 阮颖, 林夏珍, 王旭艳, 等. 缓释肥对大叶桂樱容器苗生长发育及质量的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(10): 70-73

[9] 王志勇. 缓释肥的几点优势[J]. 农村百事通, 2011(7): 33-34

[10] Haase D L, Rose R, Trobaugh J. Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing medium[J]. New Forests, 2006, 31(1): 1-24

[11] Haase D L, Alzugaray P, Rose R, et al. Nutrient-release rates of controlled-release fertilizers in forest soil[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2007, 38 (5/6): 739-750

[12] 赵其国, 周健民, 沈仁芳, 等. 面向不断变化世界, 创新未来土壤科学[J]. 土壤, 2010, 42(5): 681-695

[13] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化原理和实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002

[14] 邱现奎, 董元杰, 胡国庆, 等. 新型包膜缓释肥对大白菜生理特性、产量及品质的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(2): 375-382

[15] 俞巧钢, 朱本岳, 余观梅. 缓释肥在茶花上的应用研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(2): 131-132

[16] 李中邵, 闵首军, 黄春堂, 等. 用有机缓释肥代替营养液的黄瓜栽培试验研究[J]. 长江蔬菜, 2007(4): 024

[17] 陈欢, 曹承富, 张存岭, 等. 基于主成分-聚类分析评价长期施肥对砂姜黑土肥力的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(3): 609-617

Effects of Different-formula Substrates on Seedling Growth of Tomato

LI Weiming¹, HUANG Zhongyang¹, DU Juan², XU Mingxi¹, CHEN Lili¹, MA Ming³,
WU Xudong¹, WANG Dongsheng¹, WEI Yougang^{1*}

(1 *Nanjing Vegetables Scientific Institute, Nanjing 210042, China*; 2 *Nanjing Municipal Agricultural Commission, Nanjing 210042, China*; 3 *Zhucheng Agricultural Bureau, Weifang, Shandong 262200, China*)

Abstract: Six kinds of substrates under different formulas of Chinese traditional medicine residues, composed mushroom residue, peat coal, vermiculite, pearlstone and slow-release fertilizer ($\text{N}_2\text{O} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O}=15 : 15 : 15$) were prepared, and their effects on the seedling growth of tomato were studied with the imported peat substrate as the comparison (CK). The results showed that the tomato grew better under the 5th substrate of 5 medicine residue : 1 peat : 1 mushroom residue : 1.5 vermiculite : 2 perlite and 2 kg/m^3 slow-release fertilizer. The principal component analysis (PCA) and cluster analysis also showed that this 5th substrate was the best formula, which could be recommended as the seedling substrate of tomato.

Key words: Cultivate substrate; Tomato; Principal component analysis; Cluster analysis