

时佩佩,孙凯文,陈婷婷,等.以粉煤灰为基质的蔬菜苗期生长状况及其评价[J].江苏农业科学,2016,44(1):178-181.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.052

# 以粉煤灰为基质的蔬菜苗期生长状况及其评价

时佩佩<sup>1</sup>,孙凯文<sup>1</sup>,陈婷婷<sup>1</sup>,陈博阳<sup>1</sup>,周运来<sup>1</sup>,周为华<sup>2</sup>,盛海君<sup>1</sup>,钱晓晴<sup>1</sup>

(1.扬州大学环境科学与工程学院,江苏扬州 225127; 2.上海市农机技术推广站,上海 200040)

**摘要:**为解决粉煤灰利用难题,本试验通过向粉煤灰中添加奶牛场垫料,并对混合基质种植的3种蔬菜(雪里蕻、白菜、胡萝卜)的生长状况进行评价,探讨粉煤灰与奶牛场垫料混合配成的不同处理基质对蔬菜苗期生长的影响。试验以粉煤灰为对照(CK),粉煤灰和奶牛场垫料混合比例(干质量之比)分别为0:10、2:8、4:6、6:4、8:2、10:0。试验结果表明:以粉煤灰为主、奶牛垫料为辅配制成的新型基质可以满足蔬菜生长需求;同时说明碱性基质同样适用于蔬菜的生长;粉煤灰与奶牛垫料混合质量比为2:8~4:6时较适合蔬菜生长。

**关键词:**粉煤灰;奶牛垫料;蔬菜;苗期生长

**中图分类号:**S604 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)01-0178-04

当今世界被利用最广泛的能源物质之一是煤,并且会伴随大量的副产物,包括粉煤灰、底灰等,其中含量最高、最难处理的副产物便是粉煤灰<sup>[1-2]</sup>。粉煤灰是一种大小不等的粒状

体,颗粒内部有蜂窝状结构,其形状不规则并且结构大小不等。粉煤灰的平均粒径较小,一般在10 μm以下,并且具有质量轻、容重小等一系列特点<sup>[3]</sup>。大量元素和微量元素存在于粉煤灰中,包括K、Ca、Mg、B、Na等,这些营养物质可提供植物根系生长<sup>[4]</sup>。粉煤灰中还含有相对较重的重金属,这些重金属在植株体内不断富集,不仅影响植株生长,并且降低农产品的品质<sup>[5-6]</sup>。奶牛垫料是传统的有机肥料,其养分齐全,有机质含量高,一定量的奶牛垫料和粉煤灰混合后使用,可改善粉煤灰的性质,维持并提高土壤肥力,增加持水能力,促进有益微生物的生长,从而提高农产品品质与产量,为粉煤灰的利用寻求到了一条新的途径<sup>[7-9]</sup>。因此,本试验利用粉煤灰和奶牛垫料的不同比例混合进行蔬菜育苗,并且对其苗期生

收稿日期:2015-01-24

基金项目:江苏省产学研前瞻性联合研究项目(编号:BY2013063-09);江苏省苏北科技发展规划(编号:BC2012402);上海市市级农口系统青年人才成长计划[编号:沪农青字(2014)第6-1号]。

作者简介:时佩佩(1989—),女,江苏新沂人,硕士研究生,主要从事农业资源利用方面的理论与技术研究。E-mail:287419486@qq.com。

通信作者:钱晓晴,教授。E-mail:xiaoqingqian@163.com。

第3个处理;在不同的基质原料中,水葫芦渣栽培基质(ST<sub>3</sub>处理)西兰花叶片的叶绿素含量较其他栽培基质高,但与其他处理(除对照)差异不显著;从株高、茎粗的测定结果来看,椰糠栽培基质(YT<sub>3</sub>处理)中生长的西兰花是最好的,其株高与其他处理(除对照)差异不显著,茎粗与木薯渣栽培基质(MT<sub>3</sub>处理)差别不大,均与其他栽培基质差异极显著;椰糠栽培基质中西兰花植株的鲜质量、干质量也都是最大的,其次是木薯渣栽培基质,其他处理略低;椰糠栽培基质中西兰花平均单球质量最大,其次为木薯渣栽培基质,均明显好于其他2个基质配方。通过对表6的结果进行比较看出,椰糠比其他栽培基质原料好,可以作为栽培基质原料的优先选择,应用于设施蔬菜生产中。

## 3 结论与讨论

无土基质栽培技术最先起源于中国农业科学院蔬菜花卉研究所,之后很多农业科研院校相继投入此项研究之中,但目前该技术实际应用面积并不是太大,多数还集中在高新农业技术的示范推广阶段。结合我国设施蔬菜栽培的实际及存在问题的日益严重的现状,无土基质栽培技术具有很大的应用空间和前景。该技术一旦推广开来,对其需求量非常巨大,因此其生产原料的来源必须是比较广泛的。本试验分别采用水

葫芦渣、木薯渣、椰糠及三者混合物为主原料,对适宜用于设施蔬菜生产的栽培基质配方进行研究,为该项技术的推广应用打下基础。从本试验西兰花的田间种植表现及各指标的测定结果可以看出,水葫芦渣、木薯渣和椰糠均可以在栽培基质上得到应用,这也为无土基质栽培基质原料的来源提供了更多的选择;从4种主原料的比较来说,椰糠的种植效果更好一些;从不同配方处理来看,T<sub>3</sub>处理表现最好,这也为进一步的试验研究提供了基础。

## 参考文献:

- [1] 蒋卫杰,郑光华,刘伟,等.有机生态型无土栽培技术[J].中国蔬菜,1997(3):55-56.
- [2] 李萍萍,毛罕平,王多辉,等. 苜蓿菇渣在蔬菜基质栽培中的应用效果[J]. 中国蔬菜,1998(5):15-18.
- [3] 刘伟,余宏军,蒋卫杰,等. 温室番茄长季节无土栽培技术的研究[J]. 中国蔬菜,2000(增刊1):32-36.
- [4] 秦嘉海,陈广泉,陈修斌,等. 糠渣混合基质在番茄无土栽培中的应用[J]. 中国蔬菜,1997(4):15-17.
- [5] 王建湘,周杰良. 农作物秸秆在有机生态型无土栽培中的应用研究[J]. 北方园艺,2007(4):7-9.
- [6] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学,1986(3):26-28.

长状况进行评价。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试粉煤灰取自扬州华电发电厂,粉煤灰基本性质:pH 值 9.37;EC 值 0.610 mS/cm;有机质 27.657 g/kg;速效磷 280.854 mg/kg;速效钾 4 232.138 mg/kg;全氮 331.126 mg/kg。供试奶牛垫料取自盐城大丰某农场,奶牛垫料基本性质:pH 值 7.67;EC 值 2.830 mS/cm;有机质 379.079 g/kg;速效磷 346.171 mg/kg;速效钾 24 300.577 mg/kg;全氮 331.126 mg/kg。

1.2 试验设计

2014 年 6—7 月,试验在江苏省扬州大学环境科学与工程学院穴盘试验场地进行。所用试验器材:50 孔 54 cm × 28 cm 的硬质穴盘,硬质穴盘由聚苯乙烯发泡材料压制而成。试验设 6 个处理,即粉煤灰与奶牛垫料干质量之比分别为 0:10(F0)、2:8(F1)、4:6(F2)、6:4(F3)、8:2(F4)和 10:0%(CK),每个处理均不施加肥料。不同处理混合物质量均为 3 kg,重复 3 次。供试雪里蕻品种为苏蔬“九头鸟雪里蕻”,白菜品种为梅岭“苏州青”,胡萝卜品种为梅岭“扬州红胡萝卜”。2014 年 6 月 21 日播种,每个穴盘内播种种子 150 粒,浇一定量的水后,用薄膜覆盖,保持基质含水量基本一致。根据植株的生长趋势,定时定量加水,试验过程中观察并记录数据。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 基质理化性质 pH 值:水与基质比为 5:1,pH 值计法测定;电导率:水与基质比为 5:1,电导计测定;速效磷:0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提,钼蓝比色法测定;速效钾:1.0 mol/L

NH<sub>4</sub>OAc 浸提,火焰光度法测定;有机质:重铬酸钾容量法—外加加热法测定。

1.3.2 茎叶物理性质 株高:以穴盘表面到生长点的高度为准,用直尺测量;茎粗:在子叶节下部 1 cm 处用数显游标卡尺测量其直径;叶片数:计完全展开的叶片数量。鲜质量:新鲜样品,冲洗干净后,用吸水纸吸干水分,置于分析天平上称质量,得到植株鲜质量(g);干质量:新鲜样品,放入烘箱后,105 ℃下杀青 30 min,再在 80 ℃下烘干至恒质量,用分析天平称质量,得植株干质量(g)。

根冠比:根干质量(根鲜质量)/地上部分干质量(地上部鲜质量);

G 值(干物质平均积累量)=全株干质量/育苗天数;

壮苗指数=(茎粗/株高+根干质量/地上干质量)×全株干质量(g)<sup>[10-17]</sup>。

1.4 数据分析与统计方法

所得数据用 Microsoft Excel 2003 软件进行处理和绘图,用 SPSS 19.0 统计分析软件进行差异显著性检验(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 不同配比基质的理化性质

添加不同比例奶牛垫料后各配比基质的理化性质见表 1。从表 1 可以看出,粉煤灰与奶牛垫料混合后能显著( $P < 0.05$ )改善基质的多项理化性质,与粉煤灰相比,随着奶牛垫料添加比例增高,基质 pH 值明显降低,且从碱性向酸性递进,逐渐接近最佳蔬菜生长环境。粉煤灰与奶牛垫料混合后的不同处理其电导率、有机质、全氮、速效钾和速效磷含量都有所改变,并存在显著差异( $P < 0.05$ )。

表 1 不同配比基质的理化性质

处理	pH 值	电导率 (mS/cm)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	全氮 (mg/kg)	有机质 (g/kg)
F0	7.67	2.830	346.146 2f	24 300.573 8f	993.376 2f	379.079 6f
F1	8.65	2.150	305.087 1e	20 286.883 4e	860.926 1e	364.081 2e
F2	8.85	1.905	263.871 2d	16 273.206 1d	728.476 6d	277.623 4d
F3	9.03	1.471	222.717 6c	12 259.510 2c	596.024 8c	191.165 5c
F4	9.28	1.097	181.575 3b	8 245.820 7b	463.565 1b	104.707 8b
CK	9.37	0.610	140.427 7a	4 232.132 8a	331.123 3a	27.657 5a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

2.2 不同处理蔬菜的出苗情况

由图 1 可知,雪里蕻和白菜在各处理基质上的出苗时间大致相同,都在 3 d 左右开始有出苗现象。胡萝卜的出苗时间和雪里蕻、小青菜有所不同,5 d 后才有出苗现象。植株在不同基质上总体的出苗顺序为:胡萝卜<小白菜<雪里蕻。

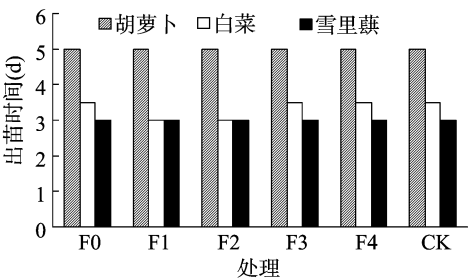


图 1 不同处理组的各蔬菜出苗时间

出苗率为播种后 1 周开始计算的。由表 2 可见,3 种蔬菜种子在 6 种不同配比基质中的出苗率总体表现为:F3 > F4 > CK > F2 > F1 > F0。以 F0 处理的出苗率最低,其他处理的出苗率均较高,表明粉煤灰和奶牛垫料按一定量配比可以作为育苗基质。粉煤灰是一种大小不等的粒状体,颗粒内部有蜂窝状结构,其形状不规则并且结构大小不等。粉煤灰的平均粒径较小,其直径大部分是 50~100 μm,其大于 0.1 mm 的物理性沙粒含量约占 60%,另还含有 30%~35% 的粉黏粒,所以具有一定的保水性<sup>[18-20]</sup>。而奶牛垫料的直径相对较大,保水性相对较差。在粉煤灰和奶牛垫料按一定比例混合后,其 3 相性质有所改变。并且一定比例的粉煤灰和奶牛垫料混合可促进微生物活性,有利于养分转化,使水、肥、气、热趋向协调,为蔬菜生长提供良好环境<sup>[21]</sup>。此外,粉煤灰的重金属含量相对高,有可能会影响出苗率;且粉煤灰的 pH 值也

表 2 不同处理的出苗率

处理	出苗率(%)		
	雪里蕻	小白菜	胡萝卜
F0	43.3a	71.3a	9.2a
F1	76.7b	74.0b	21.3b
F2	81.3c	74.7c	33.2d
F3	96.7f	88.7f	33.4d
F4	96.1e	78.7d	33.2d
CK	90.6d	86.0e	30.8c

较高,当浇水过量时,也会发生板结现象。与 F0 相比,其他处理相对适合作为育苗基质。

2.3 不同处理蔬菜的生长情况

2.3.1 不同处理蔬菜的株高、茎粗、叶片数 播种 30 d 后测定雪里蕻、白菜和胡萝卜的株高、茎粗和分叶数。由图 2 可知,CK 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜株高分别为 0.63、1.22、0.65 cm,相对于 F1 较差;F1、F2 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜的生长状况相对较好,且 F1 处理组的雪里蕻、白菜的株高分别比 CK 处理组高出约 42.11%、20.22%,胡萝卜株高高出其 1.64 倍之多,有显著差异( $P<0.05$ );F2 处理组生长的雪里蕻、白菜的株高分别比 CK 处理组高出约 27%、10%,胡萝卜株高高出其 1.28 倍之多,有显著差异( $P<0.05$ );F3 和 F4 处理组与 CK 组差异不是很明显。从蔬菜整体的株高来看,F1、F2 处理较其他配比基质更适合蔬菜生长。

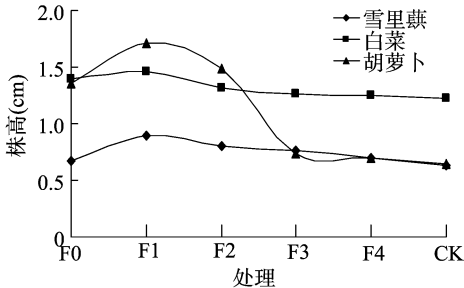


图 2 不同处理的蔬菜株高

茎粗在一定程度上可以反映蔬菜的健壮程度,是评判蔬菜长势的因素之一。由图 3 可知,CK 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜的茎粗仅为 0.87、1.00、0.80 cm,相对较差,且与其他处理组相比茎粗都存在差异。F1 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜的茎粗分别比 CK 处理组多出约 40%、43%、40%,存在显著差异( $P<0.05$ );F2 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜的茎粗分别比 CK 处理多出约 30%、37%、34%,存在显著差异( $P<0.05$ );F3 和 F4 处理组相对于 F1、F2 而言和 CK 处理组差异较小。

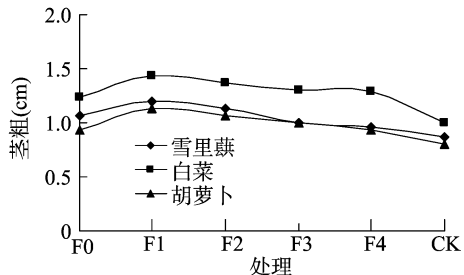


图 3 不同处理的蔬菜茎粗

蔬菜的光合转化能力与叶片的数量有关,也是反映蔬菜长势的主要因素之一。由图 4 可知,F1 处理组的叶片数相对较多,CK 处理组生长的雪里蕻、白菜和胡萝卜叶片数仅为 2.7、3.0、4.3 张,而 F1、F2 处理组相对 CK 处理组均显著增多( $P<0.05$ )。

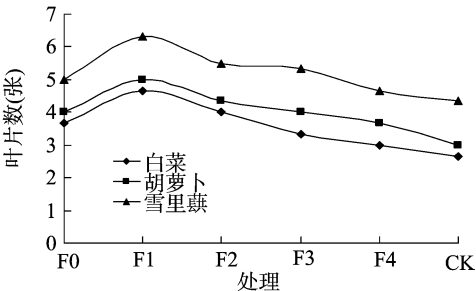


图 4 不同处理的蔬菜叶片数

2.3.2 不同处理蔬菜的全株鲜质量和干质量 评价植株长势的重要因素之一为植株的生物量<sup>[22]</sup>。处理不同其蔬菜地上部和地下部生物量有所差异,不同处理对蔬菜的鲜质量和干质量的影响趋势大致相同。由表 3 可知,不同处理雪里蕻、白菜和胡萝卜的鲜质量和干质量存在差异,其中均以 F1 处理最高,显著高于其他各处理;其次为 F2 处理。可见 F1、F2 处理相对适宜蔬菜生长,适合作为育苗基质。

表 3 不同处理蔬菜的鲜质量和干质量

处理	全株鲜质量(g)			全株干质量(g)		
	雪里蕻	小白菜	胡萝卜	雪里蕻	小白菜	胡萝卜
F0	0.086ab	0.089ab	0.065d	0.011ab	0.012ab	0.006c
F1	0.131c	0.157d	0.108f	0.015c	0.021d	0.013e
F2	0.098b	0.113c	0.077e	0.012b	0.015c	0.009d
F3	0.079a	0.102bc	0.049c	0.011ab	0.014bc	0.006c
F4	0.076a	0.088ab	0.031b	0.009a	0.012ab	0.003b
CK	0.071a	0.077a	0.015a	0.008a	0.011a	0.002a

2.3.3 不同处理蔬菜的综合指数 想要蔬菜早熟丰产,其要求之一为壮苗,因此对蔬菜产量产生较大影响的便是幼苗的素质。蔬菜的根冠比、G 值和壮苗指数,是被广泛用于评价幼苗素质的指标<sup>[23]</sup>。根冠比反映了植物地上与地下相互促进、相互制约的关系。由表 4 可知,雪里蕻、白菜、胡萝卜根冠比最大的均为 F1 处理,其次分别为 F0、F2,且都显著高于 CK ( $P<0.05$ );同时,F3、F4 均与 CK 有明显差别,所以粉煤灰与奶牛垫料混合可以作为育苗基质,但是处理中粉煤灰量的增加会影响到根冠比的值,并且呈先增后降的趋势。结果表明,与对照相比,F1、F2 处理有利于蔬菜幼苗根冠比的增大,而且差异显著。

蔬菜幼苗干物质的积累量可通过 G 值来反映。从表 4 可以看出,雪里蕻、白菜、胡萝卜中 G 值最大的都是 F1,其次为 F2,与 CK 相比均存在显著差异。粉煤灰和奶牛垫料混合能增加蔬菜幼苗的干物质积累量,且效果显著。随着粉煤灰量的增加蔬菜幼苗的 G 值呈现先增后降的趋势,且当二者混合质量比为 2:8 和 4:6 时 G 值相对较大,表明 F1、F2 处理有利于蔬菜幼苗干物质的积累。

壮苗指标的大小不代表某个单项素质指标的高低,而是蔬菜的生长总体效果,是衡量蔬菜幼苗素质的复合指

表 4 不同处理蔬菜的综合指数

处理	根冠比			G 值			壮苗指数		
	雪里蕻	白菜	胡萝卜	雪里蕻	白菜	胡萝卜	雪里蕻	白菜	胡萝卜
F0	0.501e	0.437c	0.562e	0.000 43b	0.000 44ab	0.000 22c	0.021 1d	0.016 6b	0.007 6b
F1	0.533f	0.554f	0.678f	0.000 59c	0.000 78d	0.000 45e	0.031 0f	0.030 4e	0.016 8f
F2	0.478d	0.495e	0.550d	0.000 49b	0.000 55c	0.000 33d	0.025 8e	0.022 7d	0.011 5e
F3	0.447c	0.459d	0.353c	0.000 42b	0.000 50bc	0.000 23c	0.020 6c	0.019 8c	0.010 9d
F4	0.393b	0.376b	0.324b	0.000 44b	0.000 43ab	0.000 19b	0.020 2b	0.015 8b	0.00 90c
CK	0.370a	0.348a	0.235a	0.000 35a	0.000 38a	0.000 07a	0.016 8a	0.012 2a	0.002 8a

标<sup>[24-26]</sup>。从表 4 可以看出,与 CK 处理相比,F1、F2 处理的壮苗指数相对较好,且存在显著差异。

3 结论

本试验结果表明,将粉煤灰与奶牛垫料按一定比例配制成的新型基质可以满足蔬菜生长的需求,可将粉煤灰变废为宝,这不仅减少了环境污染,还为当代农业生产提供了良好的资源,满足了当代农业可持续发展的要求。本试验还证明,碱性基质同样适用于蔬菜生长,改变了长久以来的以酸性偏中性基质为主的思想。通过本试验可以看出,在粉煤灰上生长的蔬菜较其他处理生长出的叶片瘦弱、颜色较浅,长势和其他处理有差异。这主要与其所含的营养物质较贫乏有关。而虽然奶牛场垫料的营养成分相对较高,养分充足,但是其孔隙度过大,不能起到保水作用,蔬菜生长所需水分不足,而且养分浓度过高有时还会抑制蔬菜生长,所以长势也不是最好的。应该将粉煤灰和奶牛垫料按适当比例混合,当养分达到均衡状态时,蔬菜生长势便会较好。从本试验结果可知:当粉煤灰与奶牛垫料的质量比例在 2 : 8 ~ 4 : 6 之间时,蔬菜生长相对较好。

参考文献:

[1]徐金芳,杨 洋,常智慧,等. 粉煤灰农业利用的研究进展[J]. 湖北农业科学,2011,50(23):4771-4774.

[2]Horn M E. Land application of coal combustion by-products; use in agriculture and land reclamation; Report TR-103298[M]. Palo Alto,CA:Electric Power Research Institute,1995.

[3]Adriano D C,Page A L,Elseewi A A,et al. Utilization and disposal of fly-ash and other coal residues in terrestrial ecosystems—a review[J]. Journal of Environmental Quality,1980,9(3):333-344.

[4]Aitken R L,Bell L C. Plant uptake and phytotoxicity of Boron in Australian fly ashes[J]. Plant and Soil,1985,84(2):245-257.

[5]Chang A C,Lund L J,Page A L,et al. Physical properties of fly ash amended soils[J]. Journal of environmental quality,1977,6(3):267-270.

[6]Capp J P. Power plant fly ash utilization for land reclamation in the eastern United States[C]//Schalle F W,Sutton P. Reclamation of drastically disturbed lands,1978:339-353.

[7]Page A L,Elseewi A A,Straughan I R. Physical and chemical properties of fly ash from coal-fired power plants with special reference to environmental impacts[J]. Residue Reviews,1979,71(3):83-120.

[8]Davison R L,Natusch D F,Wallace J R,et al. Trace elements in fly

ash—dependence of concentration on particle size[J]. Environmental Science & Technology,1974,8(13):1107-1113.

[9]Adriano D C,Weber J,Bolan N S,et al. Effects of high rates of coal fly ash on soil,turfgrass,and groundwater quality[J]. Water Air and Soil Pollution,2002,139(1/2/3/4):365-385.

[10]袁颖辉,束 胜,袁凌云,等. 外源精胺对盐胁迫下黄瓜幼苗生长和光合作用的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(4):835-840.

[11]王广龙,夏 冬,杨泽恩,等. 幼苗质量对番茄植株生长发育和产量品质的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):140-144.

[12]王得元,张菊平,张兴志. 辣椒壮苗指数与苗期性状的因素分析[J]. 洛阳农专学报,1993,13(2):24-28.

[13]任 杰. 不同配比基质及微生物菌剂对黄瓜穴盘育苗及生长发育的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[14]李天林,沈 兵,李红霞. 无土栽培中基质培选料的参考因素与发展趋势(综述)[J]. 石河子大学学报:自然科学版,1999,3(3):250-258.

[15]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:科学出版社,2000:299-300.

[16]游莹卓. 黄瓜育苗基质理化性状指标及功能型基质组配研究[D]. 泰安:山东农业大学,2013:13.

[17]黎咏蜀. 饲用油菜栽培技术及营养价值研究[D]. 重庆:西南大学,2014:14.

[18]曹仁林,贾晓葵,顾进飞. 粉煤灰复田中有害物质对农林产品质量影响与污染控制[J]. 农业环境保护,2000,19(5):296-298.

[19]吴家华,刘宝山,董云中,等. 粉煤灰改土效应研究[J]. 土壤学报,1995,32(3):334-340.

[20]吴金桂,宁运旺,娄德仁,等. 磁化肥研制与应用综合评价[J]. 江苏农业科学,1994(6):42-45.

[21]Natusch D S,Wallace J R. Urban aerosol toxicity:the influence of particle size[J]. Science,1974,186(4165):695-699.

[22]刘 斌. 桑树菌根化容器苗应用技术研究[D]. 重庆:西南大学,2014:22.

[23]车 玲. 蚓粪基质对番茄幼苗生长的影响研究[D]. 扬州:扬州大学,2014:24.

[24]白 岩,史万华,邢小军,等. 烟草壮苗指数模型研究[J]. 中国农业科学,2014,47(6):1086-1098.

[25]王勤礼,许耀照,闫 芳,等. 以牛粪、食用菌废料为主的辣椒育苗基质配方研究[J]. 中国农学通报,2014,30(4):179-184.

[26]韩素芹,王秀峰,魏 珉,等. 甜椒穴盘苗壮苗指数及其与苗期性状的相关性研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2004,35(2):187-190,195.