

卢 信,刘丽珠,范如芹,等. 保水剂对发酵床垫料栽培基质性状及小白菜生长的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(19):196-199.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.19.044

保水剂对发酵床垫料栽培基质性状及小白菜生长的影响

卢 信,刘丽珠,范如芹,张振华,罗 佳,严少华

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所,江苏南京 210014)

摘要:将不同用量的淀粉接枝聚丙烯酸盐(SAP1)、聚丙烯酸钠/丙烯酰胺(SAP2)这2种常见保水剂添加到养猪发酵床垫料基质中,以台湾小白菜为研究对象,考察发酵床垫料基质理化性状和对小白菜生长的影响。结果表明,添加保水剂的基质能较长时间保持相对湿润的状态,且随保水剂用量从0.3%增加到0.9%的效果更加明显;高浓度保水剂(0.9%)可使基质容重升高、孔隙度降低、pH值及EC值增大,导致小白菜出苗率降低;SAP1添加量为0.6%时,不仅能显著提高发酵床垫料基质的持水量,且栽培基质符合理想的pH值、EC值范围,基质容重显著降低,有效调节基质的通气孔隙度,改善作物根际环境,小白菜产量达到1357 g/盘,较对照有显著提高($P < 0.05$)。

关键词:发酵床垫料;基质;小白菜;高吸水性树脂;保水剂;容重;孔隙度

中图分类号: S634.304 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)19-0196-04

生态环保发酵床养猪技术的推广应用不仅解决了养猪场周边的环境污染难题,而且以粉碎的秸秆作为垫料也开辟了秸秆资源化利用的新途径,有助于减轻每年夏收和秋冬之际农村地区大量焚烧小麦、玉米等秸秆而造成的大气污染和资源浪费问题。以废弃的养猪发酵床垫料为原料之一,辅以蛭石、泥炭等有机、无机材料制作蔬菜栽培基质已获得成功,不仅解决了环境污染问题,而且实现了资源的循环利用,提高了经济附加值^[1]。然而,在蔬菜生产过程中,养猪发酵床垫料基质的保水性能往往较差,夏季容易干燥而造成台湾小白菜等高需水型蔬菜萎蔫失水而影响其产量及品质,因此,筛选出适合的保水剂品种并确定其添加量尤为迫切。

高吸水性树脂(super absorbent polymer, SAP)别称保水剂,是近30年来逐渐发展起来的一种新型高分子材料,具有特殊的物理结构和大量亲水基团,能够迅速吸收相当于自身质量几十倍乃至几千倍的液态水,且不易失水,保水性能极强,在农、林、医药、污水处理等各行业被广泛应用。近年来,有关保水剂的研究报道多见于土壤栽培中,有研究表明,SAP能使土壤含水率显著增加,土壤孔隙度提高,改善土壤结构,提高土壤肥料利用效率,具有明显的增产作用^[2-4],而相比之下,无土基质栽培中保水剂的应用研究相对缺乏^[5-6]。本研究针对养猪发酵床垫料基质保水性能较差的缺点,考察2种常见的不同类型保水剂对发酵床垫料基质理化性状的影响,筛选出具有良好抗旱节水效果、有利于栽培作物生长的保水剂品种及其最佳添加量,为减少基质栽培人工成本、提高农业

用水利用率及蔬菜产量提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

养猪发酵床垫料由江苏省农业科学院六合基地有机肥厂提供,是基于水稻秸秆的猪圈发酵床垫料圈内自然腐解2年,并经过再次堆肥1个月制成;木薯渣、蛭石、泥炭,购于南京市花卉苗木市场;市面上常用的2种不同类型保水剂SAP1-淀粉接枝丙烯酸盐共聚交联物(S1)、SAP2-聚丙烯酸钠/丙烯酰胺交联型共聚物(S2),分别购自河北省任丘市金丰化工产品有限公司、任丘市润达化工产品有限公司;试验蔬菜品种为台湾小白菜,种子由江苏省农业科学院蔬菜研究所提供。

试验基质配方为发酵床垫料:木薯渣:蛭石:泥炭=2:3:3:2(体积分数),配好的基质总氮、总磷、总钾养分含量分别为14.5、3.7、16.5 g/kg,速效氮、速效磷、速效钾含量分别为1.7、1.4、5.9 g/kg,pH值为7.0,EC值为3.2 mS/cm。基质拌匀后装袋,置于阴凉处放置平衡1周;移栽前,将保水剂与基质拌匀装盆,每盆装基质2.2 kg;同时,取样测定不同保水剂添加比例下基质的基本理化性质,包括容重、总孔隙度、通气孔隙度、pH值、EC值、速效养分等。

1.2 试验方法

试验于2016年8月中旬在江苏省农业科学院日光温室进行,采用长、宽、高分别为54、28.5 cm,平盘、底部无漏水孔的育苗盘种植小白菜,9月中旬收获。将SAP分别添加到准备好的基质中,混匀;将种子点播于育苗盘中,每盘50粒种子,置于温室大棚内随机区组摆放,观察并记录小白菜出苗率;待小白菜苗龄约15 d时,每盘留取大小均匀一致的小白菜幼苗32株,并选取大小长势均匀的多余幼苗移栽到出苗率差的处理中,同样每盘32株。试验设7个保水剂处理,分别为:不加保水剂(CK)、基质添加0.3% SAP1(0.3% S1,质量分数,下同)、0.6% SAP1(0.6% S1)、0.9% SAP1(0.9%

收稿日期:2017-02-23

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1003-6]。

作者简介:卢 信(1978—),女,广西都安人,博士,副研究员,主要从事现代农艺与土壤修复研究。E-mail: lxdeng@126.com。

通信作者:张振华,博士,研究员,主要从事农业废弃物资源化利用及土壤改良与修复研究。E-mail: zhenhuaz70@hotmail.com。

S1)、0.3% SAP2(0.3% S2)、0.6% SAP2(0.6% S2)、0.9% SAP2(0.9% S2),每个保水剂处理又给予正常供水(N)、缺水(D)2个供水频率,共14个处理,每处理3盘,随机区组排列。正常供水为无保水剂添加基质田间持水量的80%,即46.4%。待小白菜幼苗缓苗1周,N处理为每2d浇水1次,每次2L;D处理为每3d浇水1次,每次2L。小白菜生长成熟期进行收获,测定其产量。

1.3 测定内容和方法

添加不同比例SAP的基质与去离子水按1:5比例混合搅拌,静置,用pH计、EC计进行测定pH值、EC值。容重、总孔隙度、通气孔隙度等指标参照澳大利亚基质测定标准^[7]进行测定,具体为:取已知体积和质量基质浸入去离子水中充分吸水,重力排水,反复3次以确保基质吸水饱和,重力排水30min,测定其体积及质量;烘箱中105℃烘干1周,称质量;根据测得的质量及体积计算容重、总孔隙度、通气孔隙度值^[8]。为研究SAP对基质失水特征的影响,取相同质量的各处理基质,加水至饱和,排除重力水,称质量;恒温烘箱中40℃脱水,分别于4、8、12、16、20、24、28、32、36、44、52h称质量,计算基质含水量。将基质样品风干,磨碎,经硫酸和过氧化氢消煮,分别采用凯氏定氮仪、钼锑抗比色法、火焰光度计、碱解扩散-稀硫酸滴定法测定全氮、全磷、全钾、速效氮含量,采用碳酸氢钠浸提、钼锑抗比色法测定速效磷含量,采用醋酸铵浸提、火焰光度法测定速效钾含量。

1.4 统计分析

采用SPSS 18.0统计对数据进行单因素方差分析,采用Duncan's新复极差法进行差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 不同保水剂处理对基质基本性状的影响

2.1.1 含水量 由图1可见,添加保水剂的基质初始持水量均明显高于对照(CK);随SAP添加量从0.3%增加到0.9%,

添加S1的基质初始含水量由130%增加到156%,而添加S2的基质初始含水量由126%增加到143%;同样添加量条件下,添加S1的基质初始含水量明显高于添加S2的基质,表明淀粉基型保水剂(S1)的保水性优于聚丙烯酸盐型保水剂(S2);未添加保水剂的基质水分损失相对最快,56h时水分损失达97.7%;对添加同一SAP而言,随SAP添加量的增加,基质水分损失呈下降趋势,添加S1的基质水分损失依次为91.3%、85.2%、83.4%,添加S2的基质水分损失依次为96.1%、92.2%、86.8%。添加保水剂的基质能较长时间保持相对湿润的状态,且随保水剂用量的增加,保水效果更加明显;SAP1的保水性能要明显优于SAP2。

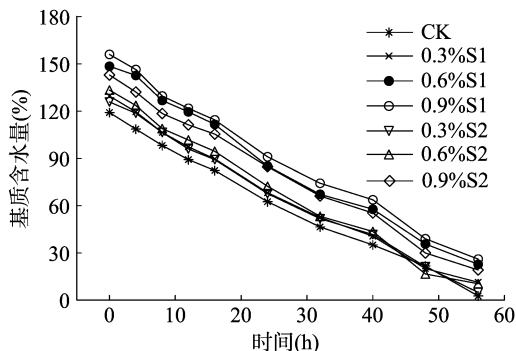
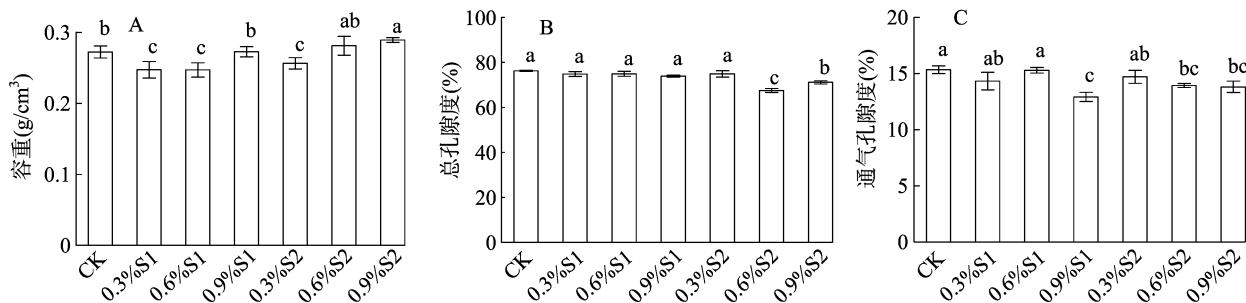


图1 添加不同比例保水剂基质含水量随时间的变化

2.1.2 基质容重、孔隙度 由图2可见,添加不同SAP的基质,其容重、总孔隙度、通气孔隙度发生不同程度的变化,容重在0.25~0.29 g/cm³之间,总孔隙度在67.6%~76.3%之间,通气孔隙度在12.9%~15.3%之间;SAP2添加量为0.6%、0.9%时,其基质总孔隙度显著低于对照($P < 0.05$),而其他处理与CK相比差异不显著($P > 0.05$);与CK相比,添加低浓度SAP(0.3% S1、0.6% S1、0.3% S2)具有显著降低基质容重的作用($P < 0.05$);SAP用量不是越大越好,过高用量反而影响基质的通气性。



同一柱形图中标注不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同

图2 添加不同比例保水剂基质的容重(A)、孔隙度(B、C)变化

2.1.3 pH值与EC值 由图3可见,添加SAP对基质pH值、电导率(EC)有较大影响;除0.3% S1处理的基质pH值较CK有显著降低($P < 0.05$)外,其他处理的基质pH值与CK相比有显著增加($P < 0.05$);对同一SAP而言,随SAP添加量的增加,pH值有显著升高($P < 0.05$);添加S2对pH值的影响要小于S1;与CK相比,添加SAP可显著提高基质的EC值;添加SAP1的基质,其0.9% S1处理的基质EC值相对最大,显著高于0.3% S1、0.6% S1处理($P < 0.05$),其中0.6% S1处理的基质EC值相对最小;随SAP添加量的增加,

添加SAP2的基质电导率逐渐升高,但0.9% S2与0.6% S2处理的基质EC值相互间差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 不同保水剂处理对基质速效养分的影响

由表1可见,基质中添加保水剂虽然不会改变基质本身的总养分含量,但对各养分的有效性产生一定的影响;与CK相比,添加2种保水剂的基质其速效氮含量多显著增加($P < 0.05$),对速效磷、速效钾的影响差异不显著($P > 0.05$);随SAP1添加量从0.3%增加到0.9%,基质中速效氮的含量从2.04 g/kg增加到3.07 g/kg,呈显著的剂量效应($P < 0.05$);

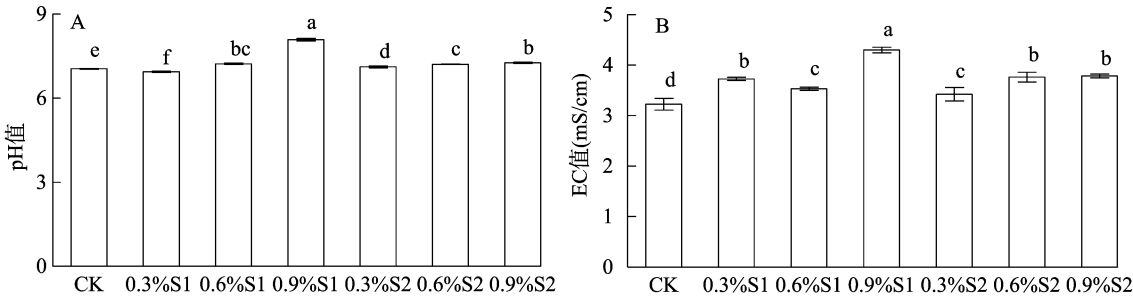


图3 添加不同比例保水剂基质的 pH 值(A)、EC(B)值变化

SAP2 添加量从 0.3% 增加到 0.9% , 基质中速效氮的含量虽明显高于 CK, 但相互间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 不同保水剂处理对基质速效养分含量的影响

处理	速效养分含量(g/kg)		
	速效氮	速效磷	速效钾
CK	1.67 ± 0.03e	1.37 ± 0.07a	5.88 ± 0.10a
0.3% S1	2.04 ± 0.04c	1.31 ± 0.01a	5.89 ± 0.31a
0.6% S1	2.50 ± 0.04b	1.32 ± 0.05a	6.17 ± 0.37a
0.9% S1	3.07 ± 0.19a	1.37 ± 0.05a	6.40 ± 0.16a
0.3% S2	1.87 ± 0.04cd	1.29 ± 0.07a	5.95 ± 0.31a
0.6% S2	1.88 ± 0.05cd	1.29 ± 0.09a	5.98 ± 0.32a
0.9% S2	1.83 ± 0.03de	1.32 ± 0.08a	5.94 ± 0.34a

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 不同保水剂处理对小白菜生长的影响

2.3.1 对小白菜出苗率的影响 由图 4 可见, CK、0.3% S1、

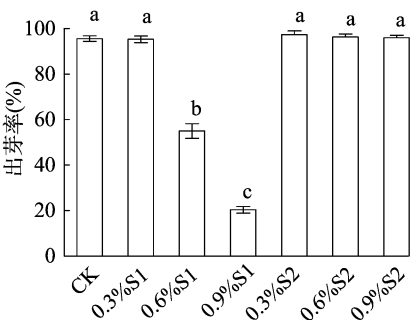


图4 不同 SAP 基质对小白菜出苗率的影响

缺水条件下, CK、0.3% S1、0.3% S2、0.6% S2、0.9% S2 处理在第 3 d 午后小白菜出现明显萎焉现象, 而添加 0.6% S1、0.9% S1 处理的小白菜植株生长状况仍然良好, 并未出现萎焉; 无论是否添加保水剂, 缺水处理均使小白菜的产量较相应正常浇水处理有明显降低。由图 5 可见, 缺水条件下, CK、0.3% S1、0.6% S1、0.9% S1、0.3% S2、0.6% S2、0.9% S2 处理的小白菜产量分别比正常浇水条件下降低 19.7%、19.6%、22.3%、19.2%、16.7%、14.8%、18.9%; 基质中未添加保水剂处理 (CK) 的小白菜产量为 917 g/盘, 除 0.3% S2、0.6% S1 处理外, 其他处理的小白菜产量与 CK 处理差异不显著 ($P > 0.05$); S1 添加量为 0.6% 时, 小白菜产量达 1 038 g/盘, 比 CK 显著增加 13.2% ($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

与未添加保水剂的基质 (CK) 相比, 添加 0.3%、0.6% 淀

0.3% S2、0.6% S2、0.9% S2 基质的小白菜出苗率相互间差异不显著 ($P < 0.05$), 且出苗率在 95% 以上, SAP2 不同添加量对小白菜的出苗率没有显著影响; 随 SAP1 用量的增加, 小白菜出苗率显著下降 ($P < 0.05$), 0.6% S1、0.9% S1 基质的出苗率分别仅为 55%、20%, 显著低于 CK ($P < 0.05$)。

2.3.2 对小白菜产量的影响 由图 5 可见, 正常浇水处理下, 基质中未添加保水剂 (CK) 的小白菜产量为 1 142 g/盘, 添加 SAP1 为 0.3%、0.9% 时的基质对小白菜产量无显著影响 ($P > 0.05$), SAP1 添加量为 0.6% 时的小白菜产量为 1 357 g/盘, 显著高于对照 18.8% ($P < 0.05$); 基质中添加 SAP2 对小白菜产量非但没有促进作用, 反而产生了不良影响, 0.6% S2、0.9% S2 处理的小白菜产量分别为 930、1 025 g/盘, 比 CK 略低但差异不显著 ($P > 0.05$), 而添加 0.3% S2 处理的小白菜产量仅为 799 g/盘, 显著低于 CK ($P < 0.05$)。

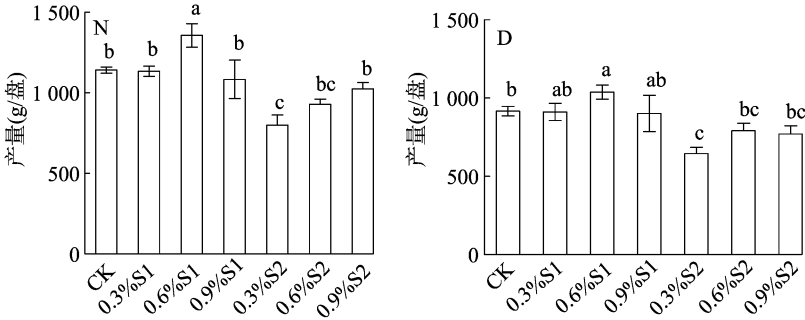


图5 不同 SAP 处理下正常浇水、缺水处理对小白菜产量的影响

粉接枝丙烯酸盐共聚交联物 (SAP1)、0.3% 丙烯酸钠/丙烯酰胺交联型共聚物 (SAP2) 的基质容重有显著降低 ($P < 0.05$), 此时基质容重更接近作物生长的最佳容重范围^[9]。李谦盛等认为, 总孔隙度在 70% ~ 90% 之间、通气孔隙在 15% ~ 30% 之间的基质相对为佳^[10]。本研究中, 除 SAP2 添加量为 0.6%、0.9% 时会显著降低基质的总孔隙度 ($P < 0.05$) 外, 其他处理的基质总孔隙度约 75% 左右, 与 CK 差异不显著 ($P > 0.05$); SAP1 添加量为 0.3%、0.6% 及 SAP2 添加量为 0.3% 时的基质通气孔隙度为 15% 左右, 与 CK 差异不显著 ($P > 0.05$), 而添加较高比例的保水剂会影响基质的总孔隙度、通气孔隙度, 与范如芹等的研究结果^[6]一致, 这可能是基质中加入保水剂, 由于保水剂是一种高分子电解质, 分子间以复杂的三维网状结构交联, 与水接触时, 分子链无限长延伸, 分子表面网状结构上的羧基、羟基等亲水基团电离而与水分子形成氢键, 吸水膨胀使基质含水量增加, 液相比也随之增加, 基

质变得疏松,容重减小。本研究未添加保水剂的基质(CK)本身性状比较优良,容重为 0.29 g/cm^3 ,相对比较小,在添加较高剂量保水剂条件下,保水剂亲水基团数量显著增加,蓄水空间加大,持水量的增加幅度也较大,使基质的质量增加明显,因而容重增加,孔隙度降低^[11]。因此,在实际基质栽培中,保水剂用量并不是越大越好,添加 0.6% SAP1 的基质容重及孔隙特征较其他处理更适合作物生长。

本研究中,除 SAP1 添加量为 0.9% 的基质 pH 值 8.08 偏高外,其他处理的基质 pH 值在 6.94 ~ 7.26 之间,为中性略偏碱性,符合张秀丽提出的基质最理想 pH 值范围(6.0 ~ 7.5)^[12]。EC 值表示基质内部已电离的盐类浓度,反映基质中含有可溶性盐类的量。本研究各处理的 EC 值在 3.22 ~ 4.30 mS/cm 之间,根据 Garcia - Gomez 等提出的理想育苗基质 EC 值范围 0.75 ~ 3.49 mS/cm^[13],7 个处理中仅 CK、SAP2 添加量为 0.3% 的基质 EC 值低于 3.49,符合理想 EC 值范围,其他处理 EC 值偏高,可能会影响作物的出苗。

不论淀粉接枝型还是聚丙烯酸盐型保水剂,其最大持水量均随添加量的增加而明显升高;相应地,水分损失量则表现出随添加量增加而降低的趋势,这由保水剂自身的高吸水性和缓慢释水性能所导致的。添加保水剂的基质在 40 °C 恒温脱水过程中一直保持随保水剂含量增加、含水量相应增加的特点,这充分说明添加保水剂具有明显的延缓基质水分蒸发、保持基质水分的效果^[14-15]。相同用量下,发酵床垫料基质中添加 SAP1 比 SAP2 的持水性能要好,这可能是由于接枝共聚物的表面呈多孔网状结构,而这种结构使其具有较强的吸水功能^[16]。此外,添加 SAP1 的基质能有效增加速效氮含量,但对速效磷、速效钾的影响不显著,而添加 SAP2 对基质养分没有显著影响($P > 0.05$)。

SAP1 添加量为 0.6%、0.9% 时,虽然基质保水性有明显提高,但孔隙度降低、pH 值及 EC 值过高,最终导致小白菜的出苗率显著降低($P < 0.05$);相比之下,添加 SAP2 的基质保水性虽较差,但对 pH 值及 EC 值影响较小,即便添加量为 0.9% 时小白菜的出苗率也不受影响。移栽后正常浇水条件下,添加 SAP1 的发酵床垫料基质种植的小白菜产量比未加保水剂有所增加,尤其添加量为 0.6% 时的小白菜产量比 CK 有显著增加($P < 0.05$);而基质中添加 SAP2 则没有增产效果,这可能是 SAP2 以聚丙烯酸钠为主,其吸水速率虽然较高,但存在反复吸水能力较低、耐盐性及凝胶强度不高等缺点^[17],而发酵床垫料基质盐分含量相对较高(EC 值为 3.22 mS/cm),进一步导致添加 SAP2 发酵床垫料基质中小白菜生长不佳,而添加 SAP1 虽然引起基质 EC 值升高,用量 0.6% 以上不利于出苗,但移栽后小白菜耐盐性显著增强,其基质 EC 值(3.53 mS/cm)仍在适合蔬菜生长的 EC 值范围^[18]内,加上基质容重、孔隙度、持水性等有利影响逐渐显现,最终使小白菜的产量增加。缺水条件处理的小白菜产量明显低于正常浇水的,说明保水剂只能缓解干旱问题,不可能从根本上解决生产问题。

总之,淀粉接枝聚丙烯酸盐保水剂添加量为 0.6% (质量分数)时,不仅能显著提高发酵床垫料基质的持水量,符合栽

培基质理想 pH 值、EC 值范围,而且可以显著降低基质的容重,有效调节基质的松紧度,从而改善作物根际环境,有利于作物根系生长,使小白菜产量提高。

参考文献:

- [1] Luo J, Fan R Q, Wang T, et al. Evaluation of spent pig litter compost as a peat substitute in soilless growth media [J]. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2015, 31(4): 219 - 229.
- [2] 李景生, 黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J]. *中国沙漠*, 1996, 16(1): 86 - 91.
- [3] 侯贤清, 李 荣, 何文寿, 等. 保水剂施用量对土壤水分利用及马铃薯生长的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2015, 41(5): 558 - 566.
- [4] 罗 华, 宋 涛, 刘 辉. 施用保水剂对生菜生长发育的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2014(2): 72 - 76.
- [5] 李永胜, 杜建军, 谢 勇, 等. 聚丙烯酰胺型保水剂对基质持水性和菜心生长的影响[J]. *中国农学通报*, 2005, 30(10): 402 - 424.
- [6] 范如芹, 罗 佳, 刘海琴, 等. 淀粉基高吸水性树脂对基质理化性质及小青菜生长的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2015, 38(4): 617 - 623.
- [7] Bustamante M A, Paredes C, Moral R, et al. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2008, 52(5): 792 - 799.
- [8] Sánchez - Monedero M A, Roig A, Cegarra J, et al. Composts as media constituents for vegetable transplant production [J]. *Compost Science & Utilization*, 2004(12): 161 - 168.
- [9] Abad M, Noguera P, Burés S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain [J]. *Bioresource Technology*, 2001, 77(2): 197 - 200.
- [10] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(4): 515 - 519.
- [11] 张 璐, 孙向阳, 田 赞, 等. 添加复合保水剂对无土栽培基质保水性能的影响[J]. *应用基础与工程科学学报*, 2012, 20(5): 759 - 767.
- [12] 张秀丽. 秸秆型育苗基质理化性质的研究[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(19): 8967 - 8968.
- [13] Garcia - Gomez A, Bernal M P, Roig A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes [J]. *Bioresource Technology*, 2002, 83(2): 81 - 87.
- [14] 谢 勇, 杜建军, 李 永. 保水剂对基质栽培菜心生长及水分利用效率的影响[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(4): 228 - 233.
- [15] 于 茜, 姜小堂, 盛 伟, 等. 保水剂对基质保水性和芹菜幼苗生长的影响[J]. *江苏农业科学*, 2016, 44(10): 208 - 210.
- [16] 王志玉, 刘作新, 蔡崇光, 等. 两种农用高吸水树脂的制备工艺及其土壤保水效果[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(6): 64 - 67.
- [17] 徐 磊, 唐玉邦, 虞利俊, 等. 高吸水树脂的性能及农业应用展望[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(4): 16 - 17.
- [18] 卢 信, 罗 佳, 严少华, 等. 水葫芦 (*Eichhornia crassipes*) 基质中铜残留对蔬菜生长和食用安全的影响[J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(3): 492 - 499.