

凹凸棒石添加量对草莓栽培基质及果实品质产量的影响

柴宗越¹, 陈馨², 强浩然¹, 闫永琴³, 王奉军¹, 王玉鹏^{2,3,4}, 胡轶林¹

(1. 兰州新区农业科技开发有限责任公司, 甘肃 兰州新区 730000; 2. 甘肃西部凹凸棒石应用研究院, 甘肃 白银 730900; 3. 白银市园林局, 甘肃 白银 730900; 4. 甘肃萃华生态农业科技有限责任公司, 甘肃 白银 730900)

摘要: 在草莓品种京藏香栽培基质(草炭、蛭石、珍珠岩体积比为 3:1:1)中分别添加基质质量的 20%、15%、10%、5%凹凸棒石, 以不添加凹凸棒石为对照(CK), 观测凹凸棒石添加量对草莓栽培基质营养、草莓品质及产量的影响。结果表明, 基质铵态氮、硝态氮、有效磷、速效钾含量随凹凸棒石的添加显著高于 CK, pH 随着凹凸棒石的添加而升高, EC 值减小; 添加量为 20%时, 草莓 Vc 含量、单果重显著高于对照处理, 可溶性糖、可滴定酸、糖酸比差异不显著。随着凹凸棒石添加量的增加, 草莓产量在添加量 15%~20%时呈增大趋势, 20%处理较 CK 增产 11.97%, 15%处理较 CK 增产 5.33%。凹凸棒石添加量为基质质量的 20%时, 基质理化性状较好, 草莓品质及产量较高。

关键词: 草莓; 凹凸棒石; 基质营养; 品质; 产量

中图分类号: S663.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)04-0047-06

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.04.012](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.04.012)

Effect of Attapulgite Addition Amount on Strawberry Cultivation Substrate and Fruit Quality Yield

CHAI Zongyue¹, CHEN Xin², QIANG Haoran¹, YAN Yongqin³, WANG Fenjun¹, WANG Yupeng^{2,3,4}, HU Shilin¹

(1. Lanzhou New Area Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730000, China; 2. Western Gansu Attapulgite Applied Research Institute, Baiyin Gansu 730900, China; 3. Baiyin Municipal Bureau of Parks and Forestry, Baiyin Gansu 730900, China; 4. Gansu Cuihua Ecological Agriculture Technology Co., Ltd., Baiyin Gansu 730900, China)

Abstract: 20%, 15%, 10% and 5% attapulgite of the mass of the substrate were added to the cultivation substrate of strawberry cultivars jingzangxiang-beijing (Peat Charcoal: Vermiculite: Perlite = 3:1:1), and the effects of attapulgite on the nutrition of the cultivation substrate, strawberry quality and yield were observed. The results showed that the content of ammonium, nitrate, available phosphorus and available potassium in the substrate was significantly higher than that of CK treatment with the addition of attapulgite. The pH increased with the addition of attapulgite, and the EC value decreased. When the amount was 20%, the vitamin C and single fruit weight of strawberry were significantly higher than that of the control. The difference of soluble sugar, titratable acid and sugar-acid ratio was not significant. With the increase of attapulgite addition, strawberry yield increased from 15% to 20%. 20% treatment increased yield by 11.97% compared with CK, and 15% treatment increased yield by 5.33%. In summary, the addition amount of attapulgite is 20% of the matrix mass, the

收稿日期: 2020-01-13

作者简介: 柴宗越(1980—), 男, 甘肃白银人, 工程师, 主要从事农业科技工程开发工作。联系电话: (0) 13519637541。Email: 342227724@qq.com.

physical and chemical properties of the matrix are better, and the quality and yield of strawberry are higher.

Key words: Strawberry; Attapulgitite; Substrate nutrition; Quality; Yield

草莓(*Fragaria ananassa* Duch)属于蔷薇科(*rosaceae*)草莓属(*Fragaria*),以其色、香、味俱佳的优势被誉为“水果皇后”,是世界性水果之一。截至2017年,世界草莓种植面积已达40.3万 hm^2 ,其中亚洲种植面积为16.84万 hm^2 ,占世界草莓种植面积的41.73%^[1-2]。中国野生草莓资源虽十分丰富,但大果型栽培草莓历史只有103 a,草莓栽培品种以引进为主,先后从国外引进了数百个品种,近年日韩品种较为流行^[3]。

凹凸棒石(Attapulgitite)也叫坡缕石,是一种层链状过渡结构的以含水富镁硅酸盐为主的黏土矿^[4],其分子式为 $\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2(\text{OH}_2)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。我国是世界凹凸棒石主要蕴藏国,而甘肃省的凹凸棒石资源占世界的70%以上,主要分布在白银市的靖远县、会宁县和张掖市的临泽县。甘肃的凹凸棒石富含动植物有机体所需的铜、锌、钒、钼、硒、碘、铁、硼等多种有益微量元素,且其较大的比表面积使凹凸棒石具有较强吸附性^[5],在石油化工、日用化工、食品加工、新型材料、环保、饲料、农药等领域有着广泛的应用^[6-7]。目前,凹凸棒石在农业技术上应用于包衣肥^[8]、复混肥^[9],在小麦^[10]、马铃薯^[11]、油菜^[12]、番茄^[6]等果蔬作物上增产效果明显,产品品质有不同程度地提高,但凹凸棒石作为基质配料在草莓生产上的研究较少。基质栽培作为无土栽培的主要形式,尤其对西北地区发展丝路寒旱农业有着举足轻重的作用^[13]。凹凸棒石是一种具有独特晶体结构的天然一维纳米材料,具有吸附性、缓释性、流变性、悬浮性和离子交换性等优良的物化性质,并富含动植物有机体所需的多种有益微量元素,可有效填补土壤微量元素不足的短板^[14]。我们以添加不

同比例凹凸棒石为基质原料,研究了不同凹凸棒石添加量对草莓栽培基质营养及果实品质的影响,以期为扩大凹凸棒石应用范围和提升基质及果实品质提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验区地处兰州市、兰州新区、白银市形成的“金三角”区域。属温带半干旱大陆性气候,年平均气温 $6.7\text{ }^\circ\text{C}$,年平均降水量 $232\sim 285\text{ mm}$,海拔高、气温低,昼夜温差大,光照条件充足,全年日照率超过60%。试验于2018年11月5日至2019年5月15日在兰州新区现代农业示范园日光温室内进行。

1.2 供试材料与试验方法

指示草莓品种为京藏香。供试基质为草炭、蛭石、珍珠岩按体积比 $3:1:1$ 配制,加入 10 kg/m^3 的中药有机肥,在此基础上分别添加基质质量20%(处理T1)、15%(处理T2)、10%(处理T3)、5%(处理T4)的凹凸棒石,以不添加凹凸棒石为对照(CK)。试验温室长80 m,跨度9 m。采用育苗移栽方式定植,每处理种植18槽,株行距 $20\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ 。采用梯形基质槽种植,基质槽长7 m,上口0.3 m,下口0.2 m,深0.25 m。采用滴灌施肥技术,各处理日常管理措施均一致。采用测土配方施肥,按照生产1000 kg草莓需氮(N)8.06 kg、磷(P_2O_5)2.03 kg、钾(K_2O)8.87~12.06 kg、钙(CaO)5.1 kg、镁(MgO)5.1 kg计算施肥量,其吸收比例约为 $1:0.4\sim 0.5:1.1\sim 1.5:0.7:0.7$ 。

1.3 测定项目及方法

在草莓幼苗期、现蕾期、开花和结果期、盛果期分别按照5点取样法分别取不同配方基质,测定其铵态氮、硝态氮、有效

磷、速效钾、pH、EC，盛果期测定果实单果重及可溶性固形物、可溶性糖、Vc、可滴定酸含量。

铵态氮含量采用 KCl 浸提—靛酚蓝比色法测定^[15]，硝态氮含量采用酚二磺酸比色法测定^[15]，有效磷采用钼锑抗比色法测定^[15]，速效钾采用火焰光度法测定^[15]，pH 采用 pH5-4C+ 酸度计测定^[15]，EC 采用 DDS-307+ 电导率仪测定^[16]，单果重采用电子天平称量(精度0.000 1 g)，可溶性固形物采用手持糖度仪测定，可溶性糖采用蒽酮比色法测定^[16]，Vc 采用二甲苯萃取比色法测定^[16]，比色使用 T2600 型紫外可见分光光度计测定，可滴定酸采用氢氧化钠滴定法测定^[16]。

1.4 数据处理

利用 Excel 2010 对试验数据进行整理，利用 Spss 17.0 软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 凹凸棒添加量对草莓栽培基质铵态氮含量的影响

不同凹凸棒添加量对草莓栽培基质铵态氮有显著影响。由图 1 可知，幼苗期、现蕾期、开花和结果期铵态氮含量均以 T2 处理最高，显著高于 CK；盛果期 T1 处理显著高于 CK 及其余 3 个处理。从整个生育期来看，铵态氮含量随着生育期的延长整体呈下降趋势，其中 T2 处理在幼苗期—现蕾期铵态氮含量下降幅度最大，为 54.43 mg/kg；在

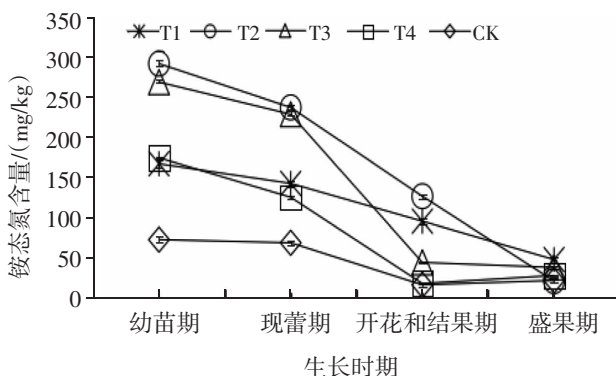


图 1 凹凸棒添加量对草莓栽培基质铵态氮含量的影响

现蕾期至开花和结果期 T3 处理铵态氮下降幅度最大，为 184.36 mg/kg；T1 处理和 CK 在整个生育期内铵态氮含量下降较为平缓。对各处理的铵态氮下降趋势分析，各处理均在现蕾期—开花和结果期对铵态氮的吸收量较大，高于其余各时期，这可能原因为幼苗期阶段缓苗时间过长，导致根系不发达，对氮肥的吸收能力较弱。现蕾期后，叶片光合作用加强，对促进产量提高及改善果实品质起到关键性作用。

2.2 凹凸棒添加量对草莓栽培基质硝态氮含量的影响

由图 2 可知，硝态氮含量在各时期均以 T4 处理含量最高，显著高于 CK。从整个生长时期看，除 T3 处理外，其余各处理硝态氮含量随着生育期的延长整体呈下降趋势，在各个时期处理间硝态氮含量下降并无明显规律性，但 T3 处理在开花和结果期—盛果期阶段含量有所上升。可能的原因是盛果期果实对磷、钾的吸收量加大，对氮的吸收量有一定抑制作用，加之草莓对铵态氮的吸收量大于硝态氮，导致其含量有所上升。

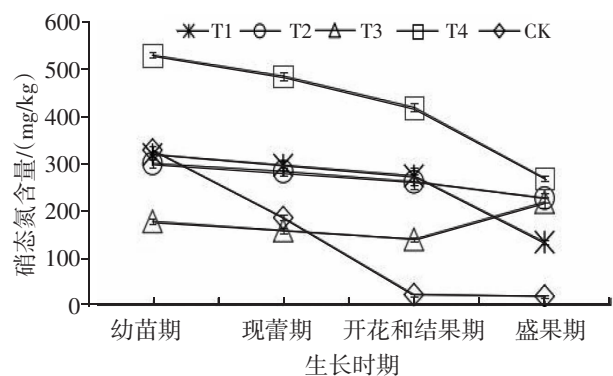


图 2 凹凸棒添加量对草莓栽培基质硝态氮含量的影响

2.3 凹凸棒添加量对草莓栽培基质有效磷含量的影响

由图 3 可知，幼苗期、现蕾期及盛果期的有效磷含量均以 T1 处理为最高，分别为 68.01、54.56、62.63 mg/kg，显著高于 CK。开花和结果期 T4 处理含量最高，为 73.97

mg/kg, 显著高于 CK 及其余各处理, T1 处理、T2 处理、T3 处理均高于 CK。从整个生长周期看, 除 CK 外, 有效磷含量呈“s”型变化趋势, 在现蕾期—开花和结果期有效磷含量上升, 这可能是因为此阶段外界气温较低, 根系活力较弱, 对有效磷的吸收能力下降, 导致有效磷在基质内积累使其含量上升。CK 有效磷含量随着生育期的延后呈下降趋势, 可能是因为 CK 未加入凹凸棒石, 对肥料的固持能力较低, 持水孔隙度较小, 肥料利用率低, 导致肥料随水淋洗, 含量逐渐下降。

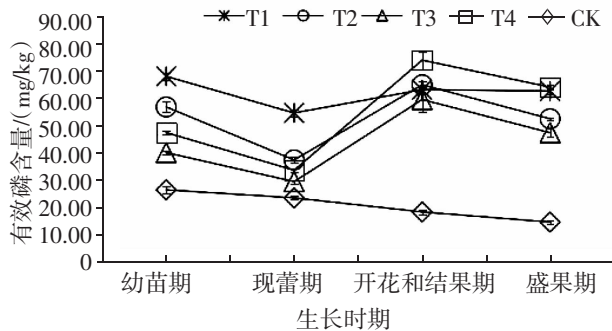


图3 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质有效磷含量的影响

2.4 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质速效钾含量的影响

由图4可知, 不同凹凸棒石添加量对草莓栽培基质速效钾含量的影响显著。幼苗期与现蕾期添加不同凹凸棒石基质的速效钾含量显著高于 CK; 在开花期和结果期, T3 处理、T4 处理速效钾含量与 CK 差异显著, T1 处理、T2 处理差异不显著; 盛果期 T3 处

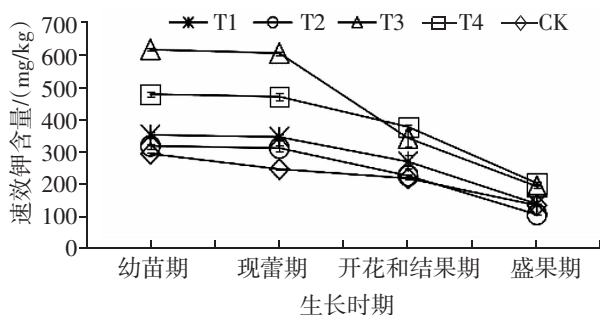


图4 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质速效钾含量的影响

理、T4 处理含量较高, 两者间无显著差异, 但均显著高于 CK。从整个生育期看, 速效钾含量整体呈下降趋势, 且在现蕾期—开花和结果期, 开花和结果期—盛果期下降幅度较大, 这可能与此时期钾元素的吸收对植物体内糖分积累起到关键作用有关。

2.5 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 pH 的影响

由图5可知, 不同凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 pH 影响显著。除 T4 处理外, 其余各处理基质 pH 随着生育期的延后呈下降趋势。各时期 CK 基质 pH 最高, 显著高于其余各处理, T3 处理、T4 处理与 T1 处理、T2 处理相比 pH 整体偏低, 这可能与凹凸棒石添加量有关。在整个生育期内, T1 处理 pH 浮动变化最大, 浮动值为 0.81, T4 处理最小。

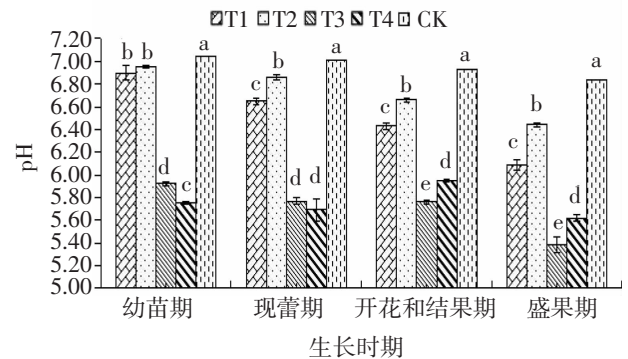


图5 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 pH 的影响

2.6 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 EC 值的影响

由图6可知, 不同凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 EC 值影响显著。在草莓不同生育时期, T3 处理 EC 值最高, 显著高于 CK 及其余处理, 测定值分别为 0.71、0.82、1.28、1.18 ms/cm。从整个生育期看, 各处理 EC 值均呈现先升高后降低的趋势, 主要是因为随着生育期的延后, 草莓需肥量加大, 导致 EC 值在一定程度上升高。

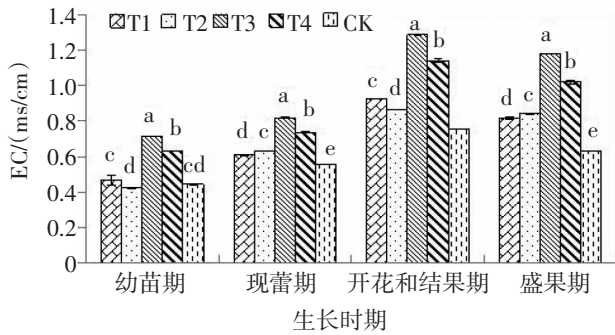


图 6 凹凸棒石添加量对草莓栽培基质 EC 值的影响

2.7 凹凸棒石添加量对草莓品质的影响

由表 1 可知，不同凹凸棒石添加量对草莓品质影响显著。随着凹凸棒石添加量的增加，草莓可溶性固形物、可溶性糖、Vc、单果重基本呈下降趋势。T1 处理的 Vc、单果重显著高于 T3 处理、T4 处理，可溶性糖含量各处理间差异不显著；可滴定酸含量 T3 处理较高，但与 T2 处理、T4 处理、CK 间差异不显著，与 T1 处理有显著差异；糖酸比 T1 处理较高，但与 T2 处理、CK 差异不显著，显著高于 T3 处理、T4 处理。

2.8 凹凸棒石添加量对草莓产量的影响

由图 7 可知，不同凹凸棒石添加量对

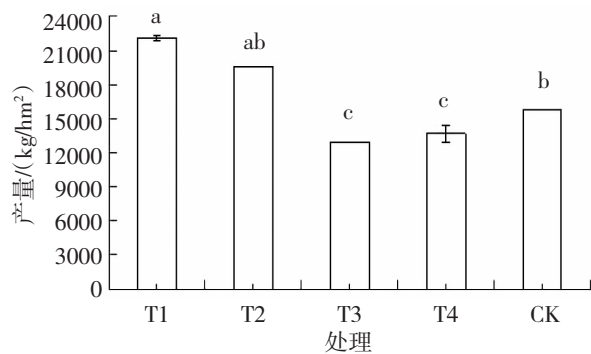


图 7 凹凸棒石添加量对草莓产量的影响

草莓产量影响显著。T1 处理产量最高，为 22 084.65 kg/hm²，除与 T2 处理差异不显著外，与其余处理差异显著。产量最低的是 T3 处理，为 12 975.15 kg/hm²。CK 产量为 19 724.1 kg/hm²。与 CK 相比，T1 处理增产 11.97%，T2 处理增产 5.33%。

3 结论与讨论

本试验发现，基质铵态氮、硝态氮、有效磷、速效钾含量随着凹凸棒石的添加显著高于对照处理，表明凹凸棒石添加可在一定程度上增加基质的持水孔隙度、降低通气孔隙度，这与容重增大相吻合，使其具有更好的保水保肥作用。而对照处理氮、磷、钾含量普遍较低，说明其肥料利用率低，肥料随水淋洗程度较大^[17-18]。从凹凸棒石添加量来看，凹凸棒石添加量分别为基质质量百分比的 20%、15% 时，其 pH 较 10%、5% 处理高。从凹凸棒石结构分析，其含量的增加使基质呈现碱性，而理想草莓栽培基质的 pH 以 5.5 ~ 6.5 为宜^[19]。添加 20% 处理的基质 pH 在 6.09 ~ 6.90，添加 15% 处理的基质 pH 在 6.44 ~ 6.95，幼苗期基质 pH 偏高，但随着酸性肥料的使用，基质 pH 降到理想范围之内。随着凹凸棒石添加量的增加，基质 EC 值呈现降低的趋势，这可能是基质 EC 由于凹凸棒石较大的比表面积使得吸附性能提升，对吸附基质中过高的盐离子较为有效所致。

本研究发现，随着凹凸棒石添加量的增加，草莓可溶性固形物、Vc 含量增加，单果重也呈增加趋势，可溶性糖各处理间差异

表 1 凹凸棒石添加量对草莓品质的影响

处理	可溶性固形物 /%	可溶性糖 /%	可滴定酸 /%	Vc /(mg/100 g)	单果重 /g	糖酸比
T1	9.27±0.13 a	5.93±0.49 a	0.55±0.05 b	52.77±1.62 a	32.43±0.29 a	11.02±1.16 a
T2	8.50±0.21 ab	5.97±0.58 a	0.66±0.07 ab	46.87±1.66 b	25.13±0.86 b	9.12±0.37 ab
T3	7.37±0.30 c	4.83±0.03 a	0.75±0.03 a	25.40±0.17 e	16.67±0.95 d	6.48±0.07 c
T4	7.47±0.58 bc	5.13±0.68 a	0.71±0.04 ab	36.27±1.64 d	17.59±0.38 d	7.21±0.59 bc
CK	8.37±0.19 abc	5.97±0.37 a	0.61±0.06 ab	40.43±0.18 c	20.28±0.96 c	9.84±0.41 a

不显著,但可滴定酸含量随着凹凸棒石添加量的增加呈减小趋势,糖酸比 20%处理较 CK 提高 11.99%。产量方面,20%处理较对照增产 11.97%,15%处理较 CK 增产 5.33%。10%、5%处理较 CK 减产的主要原因可能是凹凸棒石添加量不足未起到降低基质 EC 值的作用,却使基质容重等在一定程度上增大,吸附盐离子能力有限,导致盐分积累。幼苗期草莓基质理想 EC 值为 0.3~0.5,10%、5%处理高于理想草莓 EC 值,致使其可能受到盐害,其产量下降。

综上所述,20%凹凸棒石添加下,基质营养较佳,适宜用作草莓栽培基质。未来,凹凸棒石的改性研究将对无土栽培基质研究起到关键作用^[20],且其丰富的微量元素供应也将对产品品质提升发挥不可限量的作用。

参考文献:

- [1] 万春雁,糜林,李金凤,等.我国草莓新品种选育进展及育种实践[J].江西农业学报,2010,22(2):37-39.
- [2] 汤玲,贺欢,孔芬,等.甘肃省草莓产业发展现状及建议[J].甘肃农业科技,2017(12):86-89.
- [3] 冀芦沙,肖庆振,于守超,等.山东境内 11 个草莓品种的品质及遗传特性分析[J].甘肃农业大学学报,2012(2):39-44.
- [4] 陈馨,蔺海明.凹凸棒石新型材料必将在现代生态农业中发挥重要作用[J].甘肃农业,2019(8):95-98.
- [5] 钱运华,费泽才.凹凸棒石黏土填充橡胶研究[J].非金属矿,2000,23(6):25-26.
- [6] 范如芹,罗佳,高岩,等.凹凸棒土对无土栽培基质性能及番茄育苗的影响[J].江苏农业学报,2015,31(4):792-797.
- [7] 王永斌,李文东,陈馨,等.日粮中添加凹凸棒石粉对鸡蛋品质的影响[J].甘肃农业科技,2014(12):21-23.
- [8] 刘学周,蔺海明,王蒂,等.坡缕石包膜对尿素氮行为的影响[J].中国生态农业学报,2009,17(3):443-447.
- [9] 邓济承,纪瑛,蔺海明,等.矿质肥对当归生长动态、产量及品质的影响[J].广东农业科学,2013(13):72-75.
- [10] 蔺海明,罗春燕,邱黛玉,等.坡缕石包衣尿素对春小麦产量与后效的影响及其生态意义[J].天水师范学院学报,2009(5):1-4.
- [11] 蔺海明,丁亮,王蒂,等.坡缕石种薯包衣剂对马铃薯产量及品质的影响[J].科技导报,2010,28(7):73-76.
- [12] 尚千涵,蔺海明,邱黛玉,等.坡缕石包衣缓释肥对油菜经济性状及生理指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2009,44(5):72-77.
- [13] 范如芹,罗佳,高岩,等.农业废弃物的基质化利用研究进展[J].江苏农业学报,2014,30(2):442-448.
- [14] 牛婕,翟丹云,陈庆安,等.临泽县凹凸棒石产业化发展的 SWOT 分析[J].农业科技与信息,2019(12):71-73.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:30-107.
- [16] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006
- [17] DE BOODT M, VERDONCK O. The physical properties of substrates in horticulture [J]. Acta Hort, 1972, 26: 37-44.
- [18] ABAD M, NOGUERA P, BURÉS S. National inventory of organicwastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain [J]. Bioresource Technology, 2001, 77: 197-200.
- [19] 张更,颜志明,王全智,等.我国设施草莓无土栽培技术的研究进展与发展建议[J].江苏农业科学,2019(18):1-4.
- [20] 王红艳,张艳,周守勇,等.硫酸改性凹凸棒黏土的性能表征及吸附 Pb II 工艺研究[J].淮阴师范学院学报:自然科学版,2005,4(1):47-50.

(本文责编:陈珩)