

新型复合食用菌菌渣在盐碱地中草药种植中的肥效研究

赵春¹, 隋学圃¹, 陈壮壮¹, 韩金龙², 王志芬², 单成钢² (1. 东营职业学院, 山东东营 257091; 2. 山东省农业科学院农产品研究所/药用植物研究中心/农业部新食品资源加工重点实验室, 山东济南 250100)

摘要 为了评价一种新型复合食用菌菌渣对盐碱地种植中草药的影响, 研究施加不同梯度复合菌渣(667 m² 施 0、1、2、4、6、8 和 10 t) 对中草药产量性状以及对碱化土壤肥力的影响, 结果表明, 试验田施加不同剂量菌渣可以显著提升薄荷的株高、全株鲜重和干重, 6 和 8 t 处理增加最显著, 总计施加 2 t 以上菌渣的处理可以显著提高板蓝根的根鲜重和地上鲜重。4、6、8 和 10 t 试验田中土壤 pH 明显下降。施加 6 和 8 t 处理土壤中效磷、速效钾、有机质和对照相比都有明显提升, 且施加菌渣后土壤中全盐量控制在非盐化土范围内 (≤ 0.1 g/kg)。表明选用的复合菌渣是优良的盐碱土改良有机肥, 可以在盐碱地进一步推广示范。

关键词 食用菌菌渣; 盐碱地; 中草药; 土壤肥力

中图分类号 S141 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)24-0161-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.24.045



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Fertilizer Effect of New Compound Edible Mushroom Residue on the Chinese Medicinal Herb Planting in Saline-alkali Land

ZHAO Chun, SUI Xue-pu, CHEN Zhuang-zhuang et al (Dongying Vocation College, Dongying, Shandong 257091)

Abstract In order to evaluate the fertilizer of an edible fungus residue on the Chinese medicinal herb planting in saline-alkali land. The residue were added into soil with different gradient doses then the salt-tolerant crop yields and the alkaline soil fertility were detected, the results showed that application of the residue in the field could significantly increase the plant height, fresh weights and dry weights of *Mentha haplocalyx* Briq. The fresh weights of the tissue above ground and under the ground of *Isatis tinctoria* were significantly improved in the experimental group that applied more than 2 t of residue. Soil pH was decreased in 4, 6, 8 and 10 t treatment. Compared with the control, 6 and 8 t treatment showed significant improvement in soil phosphorus, available potassium and organic matter. By using the residue, the total salt content in the soil was controlled within the range of non-salted soil (≤ 0.1 g/kg). By the result it was concluded that the edible fungus residue used is an effective organic fertilizer that can improve saline-alkaline soil. Further, that residue would evaluation in multiple locations with large areas in the next years.

Key words Edible fungus residue; Saline-alkali soil; Chinese medicinal herb; Soil fertility

盐碱地包括各种盐土、碱土和盐化、碱化的土壤, 盐碱土中因含有较多的盐碱成分, 导致土壤的物理化学性质发生显著改变, 盐碱土存在易板结、渗水透气差、pH 升高和营养匮乏等特点^[1], 这也严重影响了土壤质量、土壤生态过程以及动植物的生长^[2]。全球约有各种盐碱地 9.55 亿 hm², 我国盐碱地总面积占国土面积的 1.03%^[2-3]。盐碱土理化性质不良, 对生长于其上的作物产生明显抑制作用, 严重制约了土壤的有效利用效率^[4]。盐渍土的改良是一个较为复杂的综合治理系统工程, 目前盐碱地改良多采取灌溉排水、地表覆膜、施加改良剂及生物改良等措施^[1,5], 生物改良盐碱地多采用种植防盐碱植物修复盐碱土壤, 研究表明耐盐牧草可明显改善盐碱土理化性质^[6]。另外种植中草药等高经济价值的作物是解决土壤盐碱化的有效途径^[7], 王明强等^[8]研究表明板蓝根有明显降低土壤碱化的作用。薄荷具有很高的药用经济价值, 李晓侠等^[9]在黄河三角洲盐碱地进行薄荷引种试验, 结果表明, 薄荷对盐碱地有很强的适应力。生物改良可以在改良土壤的同时创造经济价值, 但盐碱地土壤肥力偏弱, 种植作物时, 为增加抗盐作物的产量, 还需要额外补充肥料, 而化肥的大量施用又会造成土壤的进一步破坏^[10]。

生物有机肥有机质含量丰富, 养分元素含量虽不及化肥但种类全面, 肥效释放缓慢, 培肥效果好, 环境无残留^[5]等, 利用生物有机肥可以改良土壤环境, 相比于传统的改良技术不仅可以提高农产品产量还廉价环保, 是当前研究较为热门的方向。食用菌菌渣作为一种生物有机废料, 不仅营养丰富, 而且内部的抗菌性物质可以帮助植物抵抗病害^[11], 目前, 国内食用菌菌渣的再利用主要包括掺入基质种植食用菌、作为有机肥料还田等^[12]。利用食用菌菌渣改良盐碱地的报道较少。

该试验采用的新型食用菌菌渣基质是一种土壤肥力调节剂, 主要成分是食用菌菌渣, 在确保各种营养成分的基础上, 保持和提高菌渣中菌丝体活性, 提高有机肥质量, 可以改善土壤微生物群落和土壤环境, 提高土壤肥力。笔者通过大田试验, 在盐碱地施加上述混合菌渣作为有机肥料, 并种植板蓝根和薄荷 2 种中草药, 测量施加不同剂量的肥料对薄荷和板蓝根产量的影响, 同时检测施加肥料后土壤肥力和 pH 的变化, 了解施加有机肥对盐碱土耕作后的影响, 探究食用菌菌渣在盐碱地土壤改良中的利用价值。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料 试验地点为山东省东营市东营职业学院试验田, 土壤为碱性土壤。食用菌菌渣有机基质和化肥由山东省农业科学院研发和提供(专利申请号: 2017102498034), 基质主要组分和质量分数: 菌渣 85%~90%, 麦麸 3%~5%, 天然杀虫组分 3%~5%, 凹凸棒土 3%~5%, 磷酸二氢钾 0.5%~1.0%, 尿素 0.5%~1.0%, 石灰 1%~2%,

基金项目 山东省农业产业技术体系中中草药创新团队项目(SDAIT-20); 山东省科技重大专项(2015ZDJS03001); 山东省农业科学院农业科技创新工程(GXGC2016A02-4, CXGC2017D02, 2017YQ029)。

作者简介 赵春(1978—), 女, 山东烟台人, 讲师, 博士, 从事药用植物栽培研究。

收稿日期 2020-04-14; **修回日期** 2020-04-29

化肥为金正大 N-P₂O₅-K₂O 复合肥。薄荷品种为安徽亳州品种“阜油 1 号”,板蓝根品种为小叶板蓝根,2 种中草药种子都由山东省农业科学院提供。每个处理面积均为 667 m²,试验分为 8 个处理组,分别为①空白处理(CK,不添加化肥或有机基质);②播前基施 1 t 有机基质作为基肥施入(1.50 kg/m²);③播前基施 2 t 有机基质作为基肥施入(3.00 kg/m²);④播前基施 4 t 有机基质作为基肥施入(6.00 kg/m²);⑤播前基施 6 t 有机基质作为基肥施入(9.00 kg/m²);⑥播前基施 8 t 有机基质作为基肥施入(11.99 kg/m²);⑦播前基施 10 t 有机基质作为基肥施入(14.99 kg/m²);⑧播前基施化肥 80 kg (0.12 kg/m²)。不同处理随机排列,每个处理 3 个重复。不同处理间起垄隔开,不同处理田间管理均保持一致。

1.2 测定指标与方法 薄荷的鲜重、干重和株高是衡量薄荷产量的重要指标^[13],主根长度、地上鲜重和地下鲜重是板蓝根产量的重要衡量指标^[14-15]。分别在 2017 年 11 月 10 日对板蓝根进行测产验收,2017 年 10 月 15 日对薄荷进行测产验收,每个重复中随机选取 10 m² 的样方进行采样,并检测相关指标。

土壤理化性质可以反映出肥料对于盐碱地改良的效果,土壤中有效磷、速效钾和有机质的含量直接反映土壤的肥力^[11],全盐量和 pH 可以反映出土壤盐碱变化^[16]。土壤取样为耕地表层土壤,分别检测播种前和采收后土壤的有效磷、速效钾、有机质含量以及全盐量和 pH。在施加有机基质之前,随机采 3 个土壤样品,混合后检测土壤基础肥力,作物采摘完毕,在相同肥料处理的样地中随机采 3 个土壤样品,混合后检测土壤肥力。土壤指标检测在谱尼测试集团(中国,青岛)完成,参照《土壤农业化学常规分析方法》^[17]进行检测分析。

1.3 数据处理 利用 Excel 对试验数据进行收集处理,利用 SPSS 软件进行单因素方差分析,绘图由 GraphPad Prim5 软件完成。

2 结果与分析

2.1 薄荷产量 田间施加有机肥或化肥后,可以显著增加薄荷株高,有机肥 8 t 处理最显著,超过了 120 cm,比 CK 处理(60 cm)提升 1 倍,相比于化肥处理(93 cm)也有显著提升。由表 1 可知,不同浓度梯度处理后薄荷鲜重变化明显,8 t 处理产量最高达 8.51 kg/m²,相比于 CK 处理鲜重增加 5.55 kg/hm²,其次是 6 t 处理(7.44 kg/m²),化肥处理对薄荷鲜重的提升与 CK 无显著差异,菌渣 1~10 t 处理的薄荷产量明显高于化肥处理。不同处理薄荷干重增加规律和鲜重相似,相比于 CK 处理(0.64 kg/m²),也是 8 t 处理(1.84 kg/m²)增产效果最明显,6 t 次之,干重产量为 1.61 kg/m²,化肥处理(0.71 kg/m²)对薄荷干重的积累与 CK 相比无显著差异。

2.2 板蓝根产量 田间施加有机肥同时也可以增加板蓝根的产量,不同肥料处理对板蓝根主根长度的影响不明显,不同处理的根长度差异显著,但 2 t 以上的有机肥处理和化肥处理中,板蓝根根鲜重显著高于空白组,且随着有机肥施用量的增加,板蓝根根鲜重也随之增加,10 t 处理根鲜重最高为

1.083 kg/m²,不同基质处理和化肥处理之间的根鲜重无显著差异。板蓝根地上部分鲜重差异较大,施加 2 t 以上的有机肥可以显著提高板蓝根地上部分的鲜重,6 t 处理(0.727 kg/m²)地上部分产量增加明显,8 和 10 t 处理产量分别达 0.884 和 0.953 kg/m²,与 6 t 处理相比地上鲜产量无显著差异。化肥处理可以显著提高板蓝根地下部分的产量,但对于地上部分鲜重增加不明显,和对照组无显著差异,与 2 t 及以上有机肥处理相比有机肥处理产量显著高于化肥处理组(表 2)。

表 1 不同处理对薄荷产量的影响

Table 1 Effect of different treatments on peppermint yield

处理 Treatment	株高 Plant height cm	鲜重 Fresh weight kg/m ²	干重 Dry weight kg/m ²
CK	60.00±15.58 f	2.96±0.56 a	0.64±0.09 c
1 t	70.33±5.56 e	3.93±0.34 a	0.85±0.06 f
2 t	91.67±9.67 d	5.05±0.43 b	1.09±0.07 e
4 t	94.33±3.68 d	5.59±0.24 bc	1.21±0.07 de
6 t	107.67±3.40 c	7.44±0.31 cd	1.61±0.08 b
8 t	125.00±11.78 a	8.51±0.21 d	1.84±0.03 a
10 t	114.67±11.44 b	6.05±0.36 c	1.31±0.04 cd
化肥	93.67±4.03 d	3.30±0.33 a	0.71±0.05 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters mean significant difference between different treatments at 0.05 level

表 2 不同肥料对板蓝根产量的影响

Table 2 Effect of different treatments on Radix isatidis yield

处理 Treatment	根长 Root length cm	根鲜重 Root fresh weight//kg/m ²	地上鲜重 Ground fresh weight//kg/m ²
CK	26.17±2.78 a	0.22±0.04 c	0.13±0.02 c
1 t	29.00±1.77 a	0.57±0.14 bc	0.18±0.01 c
2 t	24.47±4.75 a	0.65±0.11 ab	0.43±0.04 b
4 t	28.00±5.66 a	0.67±0.13 ab	0.44±0.17 b
6 t	28.43±1.74 a	0.79±0.24 ab	0.73±0.25 a
8 t	25.83±7.55 a	0.90±0.32 ab	0.88±0.12 a
10 t	25.40±3.13 a	1.08±0.22 a	0.95±0.06 a
化肥	28.57±6.97 a	0.96±0.16 ab	0.15±0.02 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters mean significant difference between different treatments at 0.05 level

2.3 各处理土壤 pH 和营养物质变化 土壤在播种前 pH 为 8.5(表 3),经过作物栽培,土壤 pH 略微上升(CK 处理,pH=8.6),施加有机肥后土壤 pH 变化较大,1 和 2 t 处理收获后土壤 pH 相比于播种前略微上升,4、6 和 8 t 处理,随着肥量的增加,土壤 pH 逐渐下降,施加 8 t 有机肥土壤 pH 降低幅度最大,10 t 处理土壤 pH 又回升到 8 以上,表明过多的施加基质反而不能有效地调节土壤 pH,化肥处理组土壤 pH 为 8.1。

分别在播种前和采收后检测表层土壤的有效磷、速效钾、有机质含量以及全盐量,用于衡量有机基质对盐碱土耕作后的影响。由表 3 可知,土壤中有机质变化规律不明显。播种前土壤中速效钾含量为 218 mg/kg,不施加肥料,栽种作物后土壤有机质略微下降,有机肥处理 2、4、6 和 8 t 处理速效钾含量明显高于 CK,化肥处理速效钾含量和栽种前相比基本不变。耕种前后无处理组土壤中有效磷含量略微下降,

施加 1~8 t 有机基质后土壤中有效磷有所增加,6 和 8 t 处理组增加最高,化肥处理有效磷含量与 CK 相比略微下降。采收后土壤有机质含量也相对于栽种前下降,有机基质处理后都能提高土壤有机质含量,另外有机质 8 t 处理含量相对较高,化肥处理有机质含量无明显变化。土壤全盐量可以反映土壤盐化程度,6 t 处理土壤全盐量(1.00 g/kg)明显高于其他有机基质处理,化肥处理土壤全盐量最高,达 1.32 g/kg。

表 3 不同处理土壤 pH、营养物质含量变化

Table 3 Changes of soil pH and fertility under different treatments

处理 Treatment	土壤 pH Soil pH	速效钾 Available potassium mg/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	有机质 Organic matter g/kg	全盐量 Total salt g/kg
播种前	8.5	218	8.53	11.10	0.37
CK	8.6	174	3.92	8.44	0.39
1 t	8.6	229	23.60	14.60	0.64
2 t	8.6	292	34.60	12.10	0.50
4 t	8.4	375	21.70	12.80	0.32
6 t	8.0	283	46.00	16.00	1.00
8 t	7.9	375	45.60	47.60	0.57
10 t	8.3	217	6.12	15.60	0.42
化肥	8.1	201	6.10	13.30	1.32

3 结论与讨论

试验样地按照盐碱地划分标准^[1],pH 8.5 属于碱性土壤,全盐量 0.37 g/kg 属于非盐化土壤。根据土壤肥力来看,营养成分较不均衡,参照全国第二次土壤普查分级标准(6 级标准),速效钾>200 mg/kg 属于极高,有效磷为 8.53 mg/kg 属于 4 级,有机质 11.10 g/kg 同属于 4 级,有效磷和有机质比较缺乏。薄荷和板蓝根为抗盐碱植物^[18-19],在碱化土地种植耐碱作物,不仅可以改善土壤环境,同时也能创造一定的经济价值^[20]。

东营市以滨海盐碱地为主,东营区耕地面积 94.34% 属于盐碱耕地^[2],然而滨海盐碱地土壤较为贫瘠^[2,21],种植耐盐碱作物虽然可以改善土壤,但会进一步消耗土壤中的营养物质,为了提高作物产量同时保证土壤的持续利用,一般需要肥料的投入。该试验发现施用化肥可以提高薄荷的鲜重,显著提高板蓝根的根鲜重,但同时会大大增加土壤含盐量,化肥处理收获后,土壤含盐量由初始的 0.37 g/kg(非盐化土壤)增加到 1.32 g/kg(轻度盐化土壤)^[22]。另外,使用化肥并没有明显改善土壤中有效磷和有机质的缺乏。

菌渣作为一种有机肥^[23-24],可以改善土壤性状,增加土壤肥力,菌渣也有用于盐碱地改良^[11,24]。该试验结果表明复合菌渣更适用于碱性土壤,具体表现:首先,可以显著提高薄荷全株鲜重,板蓝根地上部分和地下部分鲜重。菌渣处理的增产效果显著优于化肥,特别在促进板蓝根地上部分生长方面。板蓝根地上和地下部分都是重要的药材来源,且地上部分生长状态直接影响根部的产量^[25];其次,施加复合菌渣后,不仅增加作物产量,采收后土壤中有效磷和有机质的含量都有提升;最后,4、6、8 和 10 t 菌渣处理均能显著改善土壤 pH,但过多施加有机基质会导致土壤 pH 的波动,表明在一

定范围内随着施加有机肥量的增多改善效果更加明显,这与邹尊涛^[26]和于秀丽等^[27]的研究结果相符。其中 8 t 处理改善最为明显。以上结果表明复合菌渣是一种非常优良且有效的土壤改良剂。

试验样地中施加复合菌渣可以显著提高薄荷株高,根据杨华云等^[28]研究表明土壤中钾肥含量可以显著提高薄荷前期植株的株高,根据收获期土壤检测结果显示 2、4、6 和 8 t 处理速效钾含量显著高于 CK 组,推测菌渣中存在大量的钾元素,促进了薄荷株高的生长,也保证了后期薄荷产量的增加,其中 6 和 8 t 处理增产最显著。2 t 以上的复合菌渣处理后,都能显著提升板蓝根的地下部分和地上部分鲜重,且随着肥量的上升,产量也逐步提升。6 和 8 t 处理可以将土壤 pH 降低 0.5 以上。另外 6 和 8 t 处理均能较好改善土壤肥力,提升土壤中有效磷和有机质含量。但土壤中菌渣施用量并不是越多越好,首先是成本问题,现国内菌渣虽偏低,但菌渣的运输、保存、复合菌渣的制备都需要一定成本,大量使用也会使田间作物成本上升;其次,菌渣使用过多使有机物质过度积累反而会造成作物的减产和环境污染^[29],造成减产和一些农艺性状不显著等问题,10 t 处理并没有使土壤中的有机质达到更高的标准,这也是后续试验中需要重点关注的问题。所以 1 hm² 的土地推荐 90 t (9 kg/m²) 和 120 t (11.99 kg/m²) 的施用量较为合适。

综上所述,该试验所选用的新型复合菌渣肥料是一种有效的盐碱地改良有机肥,在 9.00 和 11.99 kg/m² 施用量时,可以有效增加土壤肥力,改善土壤 pH,和化肥相比,还能较好控制土壤盐含量。同时,该复合菌渣也可以提高耐碱作物薄荷和板蓝根在碱性土壤中的产量,是一种优良的化肥替代品,该研究结果为新型复合食用菌菌渣在盐碱地的进一步推广利用提供了参考。

参考文献

- [1] 董合忠.盐碱地棉花栽培学[M].北京:科学出版社,2010.
- [2] 董红云,朱振林,李新华,等.山东省盐碱地分布、改良利用现状与治理成效潜力分析[J].山东农业科学,2017,49(5):134-139.
- [3] 赵明范.世界土壤盐渍化现状及研究趋势[J].世界林业研究,1994(1):84-86.
- [4] 杨真,王宝山.中国盐渍土资源现状及改良利用对策[J].山东农业科学,2015,47(4):125-130.
- [5] 谷思玉,耿泽铭,汪睿,等.不同配比生物有机肥对盐渍土改良效果的分析[J].东北农业大学学报,2014,45(7):26-30.
- [6] 胡伟,单娜娜,钟新才.耐盐牧草生物修复盐渍化耕地效果研究[J].安徽农业通报,2008,14(7):148-149,151.
- [7] 贾恢先,肖雯,张振霞,等.沿黄灌溉盐渍区杜仲引种的研究[J].甘肃农业大学学报,2003,38(1):39-42,56.
- [8] 王明强,刘旭平,孙海滨.中草药板蓝根对盐碱地 pH 值的影响初步研究[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2011,24(1):32,49.
- [9] 李晓侠,张效宝,苏亚平.8 种薄荷属植物在黄河三角洲盐碱地区引种试验研究[J].山东林业科技,2018(1):47-49.
- [10] 李燕青.不同类型有机肥与化肥配施的农学和环境效应研究[D].北京:中国农业科学院,2016.
- [11] 谢放,杨建北,李建宏,等.香菇渣和平菇渣对土壤钾、磷元素含量及 pH 值影响的比较研究[J].吉林农业科学,2012,37(4):18-20,44.
- [12] 董琼娥,童江云,包涛,等.食用菌渣在草莓栽培中的应用[J].安徽农业科学,2018,46(19):54-56.
- [13] 何传龙,刘枫,王道中.砂姜黑土薄荷施肥技术研究[J].中国土壤与肥料,2007(6):46-49.
- [14] 张文斌,张荣,李文德,等.水肥耦合对河西绿洲板蓝根生理特性及产量影响[J].西北农业学报,2017,26(1):25-31.

定7次,计算回收率及其相对标准偏差(RSD)。从表3可以看出,5种农药平均回收率为82.1%~109.9%,RSD为0.48%~1.34%,表明该方法的回收率和精密度良好。

表2 线性回归参数和检出限

Table 2 The linear regression parameters and limit of detection

农药 Pesticides	线性方程 Linear equation	相关系数 Correlation coefficient	检出限 LOD μg/kg
甲胺磷 Methamidophos	$Y=61\ 208.5X+17.719\ 0$	0.999	0.01
乙酰甲胺磷 Acephate	$Y=52\ 834.4X+14.374\ 2$	0.999	0.01
氧化乐果 Omethoate	$Y=95\ 101.2X+30.038\ 5$	0.999	0.01
敌百虫 Trichlorfon	$Y=25\ 808.4X+33.466\ 2$	0.995	0.01
辛硫磷 Phoxim	$Y=47\ 196.7X+193.774\ 0$	0.998	0.01

表3 样品加标回收率和精密度试验

Table 3 Sample recovery rate and precision test

农药 Pesticides	加标量 Spiked amount μg/kg	回收率 Recovery rate//%	RSD %
甲胺磷 Methamidophos	0.5	106.5	1.34
乙酰甲胺磷 Acephate	0.5	107.0	1.25
氧化乐果 Omethoate	0.5	100.3	0.70
敌百虫 Trichlorfon	0.5	109.9	0.80
辛硫磷 Phoxim	0.5	82.1	0.48

2.6 样品定量分析 对农药场地土壤样品进行了定量分析,结果表明,甲胺磷、乙酰甲胺磷、氧化乐果、辛硫磷均未检出,敌百虫浓度为0.5 μg/kg,加标回收率为98.2%,能满足土壤中甲胺磷、乙酰甲胺磷、氧化乐果、辛硫磷、敌百虫同时测定的要求。

3 结论

该研究采用超高效液相色谱-串联质谱法对土壤中的甲胺磷、乙酰甲胺磷、氧化乐果、辛硫磷、敌百虫进行同时测定。用0.1%乙腈超声提取,以乙腈(甲酸铵)和水(甲酸铵)梯度洗脱,ACQUITY UPLC BEH C₁₈柱分离柱,实现了二者的分

离,正离子模式下MRM定量测定,同时有效降低基质对目标物质的影响。该方法快速方便准确,能满足土壤中甲胺磷、乙酰甲胺磷、氧化乐果、辛硫磷、敌百虫同时测定的要求,为土壤有机磷农药液质检测提供参考。

参考文献

- [1] SATOH T, HOSOKAWA M. Organophosphates and their impact on the global environment[J]. Neurotoxicology, 2000, 21(1/2): 223-227.
- [2] 吴昭阳, 李政一, 刘效兰, 等. 有机磷农药检测方法的应用与研究进展[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2004, 22(4): 15-19.
- [3] 丁浩东, 万红友, 秦攀, 等. 环境中有机磷农药污染状况、来源及风险评估[J]. 环境化学, 2019, 38(3): 463-479.
- [4] 于笑霞, 王立新, 田俊阁, 等. 血液灌注对有机磷农药清除的作用[J]. 中华急诊医学杂志, 2005, 14(4): 282-285.
- [5] YI X H, HUA Q, LU Y T. Determination of organophosphorus pesticide residues in the roots of *Platycodon grandiflorum* by solid-phase extraction and gas chromatography with flame photometric detection[J]. Journal of AOAC International, 2006, 89(1): 225-231.
- [6] ZHAO L, MA Z H, PAN L G, et al. MISPE combined with GCMS for analysis of organophosphorus pesticides from environmental water sample[J]. Advanced materials research, 2011, 239/240/241/242: 3216-3220.
- [7] ZHANG L J, CHEN F, ZHANG W H, et al. Analysis of six organophosphorus pesticide residues in apples and pears using cloud-point extraction coupled with HPLC-UV[J]. Journal of AOAC International, 2014, 97(4): 1202-1205.
- [8] 兰韬, 初侨, 郝东宇, 等. Sin-QuEChERS 结合 UPLC-MS/MS 同时检测茶叶中 10 种有机磷农药残留[J]. 质谱学报, 2019, 40(3): 268-279.
- [9] 邱朝坤, 刘晓宇, 任红敏, 等. 酶抑制法检测蔬菜中有机磷农药残留[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 40-42.
- [10] 薛瑞, 康天放, 鲁理平. 层层自组装纳米金与乙酰胆碱酯酶电化学传感器检测有机磷农药[J]. 分析测试学报, 2012, 31(8): 940-944.
- [11] KOLOSOVA A Y, PARK J H, EREMIN S A, et al. Fluorescence polarization immunoassay based on a monoclonal antibody for the detection of the organophosphorus pesticide parathion-methyl[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(5): 1107-1114.
- [12] SANGHI R, PILLAI M K K, JAYALEKSHMI T R, et al. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in breast milk from Bhopal, Madhya Pradesh, India[J]. Human & experimental toxicology, 2003, 22(2): 73-76.
- [13] 赵蕾, 张媛媛, 李轶, 等. 同时测定蔬菜中 15 种有机磷农药的残留方法[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 113-118.
- [14] SAWYER L D, THE LUKE, et al. Method for determining multipesticide residues in fruits and vegetables: Collaborative study[J]. J Assoc Off Anal Chem, 1985, 68(1): 64-71.

(上接第163页)

- [15] 黄勇, 田汉卿, 邓乔华, 等. 不同间作模式下板蓝根产量及经济效益分析[J]. 现代中药研究与实践, 2012(4): 9-11.
- [16] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181.
- [17] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [18] 李哲, 郭凯, 胡雪艳, 等. 气相色谱-质谱法评价 NaCl 胁迫对椒样薄荷精油产量和品质的影响[J]. 环境化学, 2014, 33(10): 1802-1805.
- [19] 客绍英. 松蓝组培快繁体系的建立及四倍体株系选育和品质鉴定[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [20] WANG W J, HE H S, ZU Y G, et al. Addition of HPMA affects seed germination, plant growth and properties of heavy saline-alkali soil in north-eastern China: Comparison with other agents and determination of the mechanism[J]. Plant & soil, 2011, 339(1/2): 177-191.
- [21] 尚晓阳. 控盐施肥对中和和重度滨海盐化潮土养分盐分和作物产量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.

- [22] 祝寿泉, 王遵亲. 盐渍土分类原则及其分类系统[J]. 土壤, 1989(2): 106-109.
- [23] 刘中良, 郑建利, 孙哲, 等. 麦秸、稻壳及菌渣还田对设施菜地的青椒品质及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(1): 98-102.
- [24] 李杰, 姬景红, 李玉影, 等. 施用改良剂对大庆盐碱土的改良效果研究[J]. 中国土壤与肥料, 2016(2): 50-54.
- [25] 何尤. 旱地保护性耕作及叶片采收对松蓝产量品质的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [26] 邹尊涛. 生物有机肥对盐碱地改良的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [27] 于秀丽, 赵明家. 增施生物有机肥对盐碱土壤养分的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(1): 50-54, 57.
- [28] 杨华云, 郭世平. 薄荷施用钾肥试验初探[J]. 江苏农业科学, 1993(3): 54-55.
- [29] 李吉进, 宋东涛, 邹国元, 等. 不同有机肥料对番茄生长及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(10): 300-305.