

农林废弃物堆腐后生产栽培基质的理化性质分析

赵懿 (北京市延庆区农业技术推广站, 北京 102100)

摘要 利用延庆区玉米秸秆、蘑菇渣、芦苇和园林树枝作为原材料进行好氧发酵腐熟,混合好的腐熟物通过 30% 替代草炭、50% 替代草炭、70% 替代草炭和 100% 替代草炭,制成蔬菜栽培复合基质并分析其理化性质。结果表明,废弃物生产基质的安全性是有保障的;不同类型的农林废弃物腐熟的温度变化不同,但在 45 d 均可达到基质要求;物理性质方面,通气孔隙和持水孔隙均与草炭基质有显著差异;化学性质方面,pH 属于正常范围内,养分元素(N、K、Ca、Mg)及电导率与草炭基质有不同程度的变化。

关键词 农林废弃物;堆腐;栽培基质

中图分类号 S141.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)19-0074-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.19.018



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Physicochemical Property in the Production of Cultivation Medium for Composting Agricultural and Forestry Wastes

ZHAO Yi (Beijing Yanqing Agricultural Technology Extension Station, Beijing 102100)

Abstract Corn straw, mushroom residue, reed and garden branch in Yanqing District were adopted as raw materials for aerobic fermentation and compost maturity. Mixed maturation can produce vegetable cultivation medium and analyze its physicochemical property through 30% replaced peat, 50% replaced peat, 70% replaced peat and 100% replaced peat. The result showed that the medium produced from wastes had an ensured security. Since the maturation of different agricultural and forestry wastes might vary from each other in different temperatures, however, could meet the basic medium requirement within 45 days. In terms of its physical aspect, there was a significant effect with peat medium in ventilation and retention porosity while in its chemical aspect, pH value was still within the normal range and a different change was seen in nutrient elements like N, K, Ca and Mg and electric conductivity compared with peat medium.

Key words Agricultural and forestry wastes; Composting; Cultivation medium

延庆区是北京市的农业大区,常年玉米种植面积为 2 万 hm^2 ,近几年随着平原造林和土地整理等项目的开展,玉米播种面积下降至 0.87 万 hm^2 左右^[1],随之带来了树木的增多。在农林业生产过程中会产生大量的林业和农业废弃物,这些废弃物不仅处理难而且会造成严重的面源污染^[2-3]。农林废弃物中含有丰富的有机质成分和矿物质^[4],通过堆腐处理可形成优良的基质材料^[5-6],用于无土栽培。目前,基质材料已经广泛用于蔬菜育苗、花卉栽培和土壤改良以及屋顶绿化等生产过程中,这些基质的主要成分包括草炭、蛭石、珍珠岩,而草炭又是我国农林生产基质的主材料,草炭是不可再生资源,农林废弃物的腐熟物成为替代草炭生产栽培基质的最佳原料^[7-11]。笔者利用延庆区农林业生产过程中产生的几种废弃物,经过发酵堆腐混合后,替代部分草炭形成不同比例的栽培基质,分析其理化性质,旨在为延庆区农业废弃物生产栽培基质提供支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 废弃物供试材料包括农业废弃物(玉米秸秆 500 kg、蘑菇渣 500 kg),林业废弃物(树枝 500 kg、芦苇 500 kg)。微生物菌剂由中农绿康(北京)生物科技有限公司提供。尿素:市场购买 46% 含量尿素。

1.2 材料预处理 将玉米秆、树枝、芦苇和蘑菇渣除去杂质,主要除杂玉米秸秆中的大块泥土、树枝中较粗的难以粉碎的部分,蘑菇渣中的塑料袋和菌棒的风口塑料箍,保证后续过程的数量。将除去杂质的废弃物进行粉碎,玉米秆粉碎成 2 cm,树枝和芦苇粉碎至 10 cm 用于高温发酵。

1.3 废弃物高温发酵方法 废弃物好氧发酵地点位于延庆区旧县镇大柏老村,时间于 2020 年 5 月 4 日开始,6 月 19 日结束。将废弃物堆置成 1.5 m 的发酵垛,喷施微生物腐熟菌剂、尿素和水,控制腐熟的环境。农林废弃物发酵菌剂加入量:每 500 kg 加 2 kg 菌剂;碳氮比控制:通过加入尿素水调节 C:N 控制在(25~30):1;含水率控制在 55%~60%,尿素添加量:玉米秆 1.31 kg;树枝 2.87 kg;蘑菇渣 1.07 kg;芦苇 0.68 kg。

1.4 堆体温度测定 采用温度计法分别测定表面 10 cm 深度温度和 50 cm 深度温度并记录数据。

1.5 腐熟物的理化性质测定方法 容重测定:采用重量法,参考《蔬菜育苗基质》NY 2118—2012 附录 A”。

通气空隙、持水空隙和总孔隙度:采用重量法测定,参考《蔬菜育苗基质》NY 2118—2012 附录 B。pH:采用玻璃电极法测定;电导率:采用电极法测定;水解性氮:采用容量法测定;速效磷:采用紫外可见分光光度法测定;速效钾:采用电感耦合等离子体原子发射光谱法测定。重金属:采用紫外分光光度法测定。

1.6 不同的基质配方 设 6 个处理,处理①:纯农业废弃物处理,比例为 3:2:2:3;处理②:常规基质配方 7:1:2(CK);处理③:废弃物 30% 替代草炭;处理④:废弃物 50% 替代草炭;处理⑤:废弃物 70% 替代草炭;处理⑥:废弃物 100% 替代草炭;各个处理的比例见表 1。

2 结果与分析

2.1 农业废弃物重金属安全性分析 试验前对 4 种农林废弃物进行重金属基础 5 项的测定,结果见表 2。由表 2 可知,4 种废弃物的铬含量在 2.5~12.7 mg/kg,符合北京市地方标

表 1 农林废弃物栽培基质配方

Table 1 Cultivation media formula for agricultural and forestry waste

处理 Treatment	成分 Component	比例 Proportion
①	废弃物(玉米秆:园林废弃物:蘑菇渣:芦苇秆)	3:2:2:3
②	草炭:蛭石:珍珠岩	7:1:2
③	废弃物:蛭石:珍珠岩	2.1:4.9:1:2
④	废弃物:草炭:蛭石:珍珠岩	3.5:3.5:1:2
⑤	废弃物:草炭:蛭石:珍珠岩	4.9:2.1:1:2
⑥	废弃物:蛭石:珍珠岩	7:1:2

表 2 农林废弃物重金属分析

Table 2 Analysis of heavy metals in agricultural and forestry wastes

废弃物 Waste	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Hg mg/kg	As mg/kg	结果 Result
蘑菇渣 Mushroom residue	7.55	0.230	3.51	未检出	0.59	安全
树枝 Branch	2.50	0.002	0.20	未检出	0.15	安全
芦苇 Reed	8.60	0.050	0.57	未检出	0.11	安全
玉米秆 Corn stalk	12.70	0.060	0.97	未检出	0.29	安全
标准 Standard	≤140	≤0.3	≤100	≤0.3	≤40	

2.2 废弃物好氧发酵过程中温度变化 堆体温度是废弃物好氧发酵的主要指标,大体可分为中温阶段、高温阶段和降温阶段,中温阶段是嗜温微生物较为活跃阶段,主要分解纤维素和半纤维素物质;高温阶段是嗜热微生物活跃阶段,主要分解较为复杂结构的有机化合物和纤维素等,降温阶段也是嗜温微生物对嗜热微生物分解的残余物质进行再分解。不同废弃物堆腐过程中 10 cm 温度变化见图 1。

由图 1 可知,10 cm 的堆体中堆腐后 3 d 玉米秆达到最高温度,为 61 °C,随后 7 d 内温度逐渐下降。芦苇、树枝和蘑菇渣在堆腐后 4 d 达到最高温度,为 45 °C,随后 7 d 蘑菇渣

准蔬菜花卉栽培基质 DB11/T 770—2010 的要求 ($Cr \leq 140$ mg/kg);金属镉含量在 0.002~0.230 mg/kg,符合 DB11/T 770—2010 的要求 ($Cd \leq 0.3$ mg/kg);金属铅含量在 0.20~3.51 mg/kg,符合 DB11/T 770—2010 的要求 ($Pb \leq 100$ mg/kg);金属汞未检出,符合 DB11/T 770—2010 的要求 ($Hg \leq 0.3$ mg/kg);砷含量在 0.11~0.59 mg/kg,符合 DB11/T 770—2010 的要求 ($As \leq 40$ mg/kg)。综上,延庆区 4 种农业废弃物重金属均在安全范围内,可以进行下一步基质化生产。

和芦苇温度逐渐下降,树枝温度保持不变。5 月 11 日第一次翻堆后,玉米秆的温度再一次上升到 61 °C,随后保持高温 7 d,此时是嗜热微生物活动较为活跃阶段。芦苇和蘑菇渣也逐渐升温到 45 °C,并保持此温度 7 d 左右,此时树枝温度也开始逐渐下降。5 月 18 日第二次翻堆后玉米秆温度逐渐上升,其他 3 个废弃物均保持稳定状态。5 月 28 日第 3 次翻堆后玉米秆和蘑菇渣温度再次升高,芦苇和树枝也有小幅度的升高,但并没有比前 2 次的温度更高,随着第 4 次的翻堆 4 种废弃物的温度开始下降。

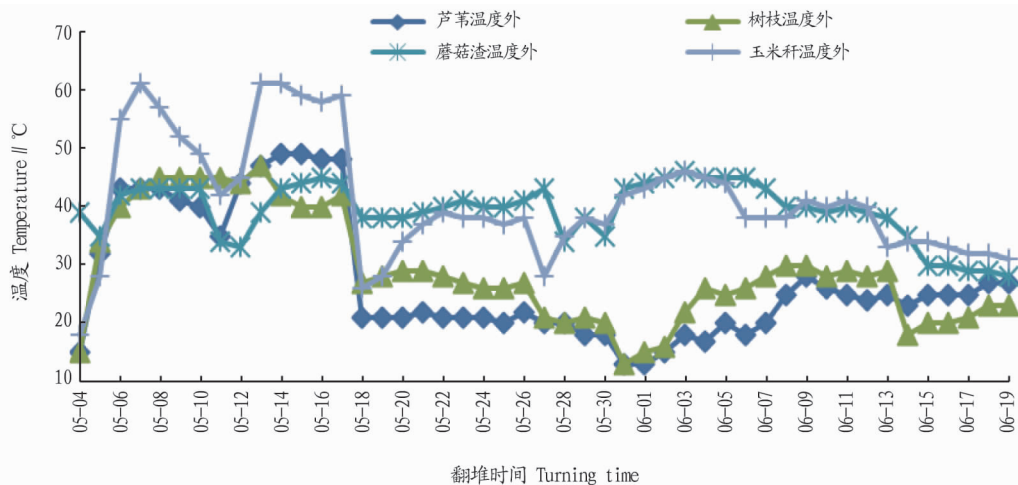


图 1 不同废弃物堆腐过程中表面 10 cm 温度变化

Fig. 1 Temperature change of 10 cm surface during composting of different wastes

堆体内 50 cm 的温度变化见图 2。由图 2 可知,内部温度变化和 10 cm 的温度变化趋势相似。堆腐前 3~4 d 温度达到最高点,随后下降。第一次翻堆后温度再次升高,保持高温约 7 d;第 3 次翻堆后温度有所提升但没有前 2 次翻堆所产生的温度高,第 4 次翻堆后温度开始趋于稳定。通过内外温度的测定,说明延庆区从 5 月初开始进行废弃物腐熟,

45 d 温度会趋于平稳能达到基质要求。

2.3 废弃物基质不同比例配比的理化性状分析 总孔隙度是指基质中通气孔隙和持水孔隙的总和,表示基质在可以容纳空气和水分空间的总和。从表 3 可以看出,不同配比的物理性状不同。通气孔隙最小的是处理②(CK),通过废弃物替代草炭,通气孔隙逐渐增大,不含有蛭石和珍珠岩的纯农

业废弃物腐熟物的通气空隙最大,达 40.1%。持水孔隙度最大的是处理②(CK),随着废弃物替代的增加持水孔隙逐渐减小。总孔隙度对照最大,其他处理较对照低,但差异不显著。总孔隙度在 66.1%~70.3%,符合花卉栽培基质的标准,符合 DB/T 770—2010 的要求。

容重是基质的一个重要指标,容重过大基质过于紧实,通透性能差,容重过小基质过于疏松,不利于根系的固定。容重最大的是处理①纯废弃物,为 0.26 g/cm^3 ,最小的是处理③,为 0.1 g/cm^3 ,基本符合室内栽培植物的容重 $0.1 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$ 的要求^[5]。

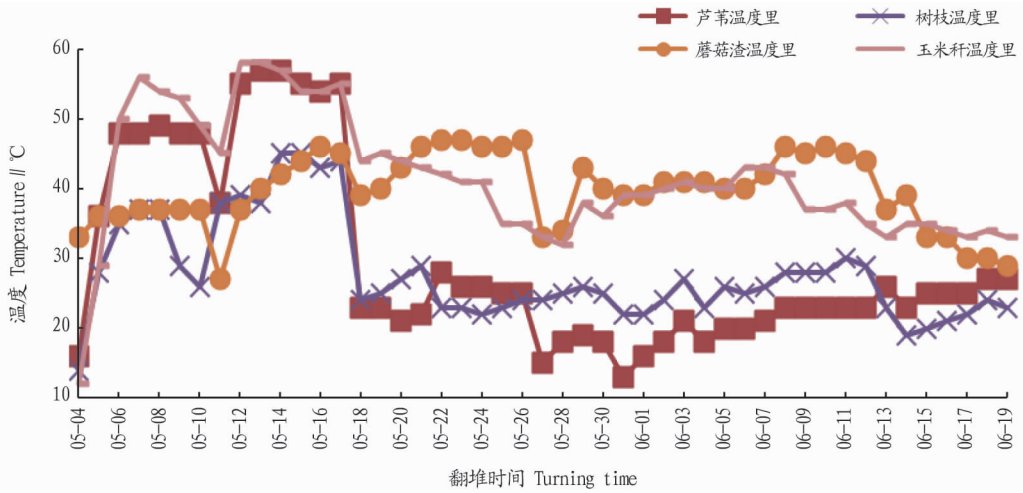


图 2 不同废弃物堆腐过程中表面 50 cm 温度变化

Fig. 2 Temperature change of 50 cm surface during composting of different wastes

表 3 不同配比基质物理性状

Table 3 Physical properties of different proportions of substrate

处理 Treatment	通气孔隙度 (体积百分比) Aeration porosity/%	持水孔隙度 (体积百分比) Water holding porosity %	总孔隙度 (体积百分比) Total porosity %	容重 Bulk density g/cm ³
①	40.10**	26.1**	66.1	0.26*
②	6.08	64.2	70.3	0.16
③	12.50**	56.2**	68.7	0.10
④	17.00**	49.8**	66.7	0.14
⑤	23.20**	43.6**	66.8	0.14
⑥	23.70**	46.0**	69.7	0.30*

注: ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$); * 表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: * meant extremely significant at 0.01 level; * meant significant at 0.05 level

废弃物基质不同配比后的化学性状见表 4。由表 4 可知,处理②对照的 pH 为 6.42,随着废弃物的添加 pH 逐渐增

加,处理⑥100%替代草炭 pH 为 8.33,纯废弃物 pH 为 8.29 略低于处理⑥,与对照差异显著。电导率也呈相似的趋势,处理②最低,随着废弃物的替代电导率也逐渐增加,处理⑥100%替代草炭电导率达 0.9 ms/cm ,处理①电导率最高为 1.5 ms/cm ,废弃物处理均与对照有极显著差异。水解性氮含量最高的是处理①,最低的是处理②,废弃物显著增加了原有基质中的水解性氮含量。处理②速效磷含量为 104 mg/kg ,处理③最高为 146 mg/kg ,与对照有显著差异,随着废弃物替代的增加速效磷呈逐渐降低趋势。

速效钾以处理②最低,添加废弃物的处理速效钾均远高于对照,呈极显著差异。交换性钙最低为对照,废弃物的替代均高于对照,除处理⑥为显著差异外,其他均呈极显著差异。对照的交换性镁为 $4.45 \text{ cmol}(1/2\text{Mg}^{2+})/\text{kg}$,通过废弃物替代草炭,交换性镁均显著或极显著高于对照。

表 4 不同配比基质化学性状

Table 4 Chemical properties of different proportions of substrate

处理 Treatment	pH	电导率 Conductivity ms/cm	水解性氮 Hydrolyzable nitrogen mg/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg	交换性钙 Exchangeable calcium cmol(1/2Ca ²⁺)/kg	交换性镁 Exchangeable magnesium cmol(1/2Mg ²⁺)/kg
①	8.2*	1.5**	614**	95.6	8.96×10^3 **	4.37**	6.68**
②	6.4	0.4	317	104.0	470	2.57	4.45
③	6.9	0.8**	557**	146.0*	2.78×10^3 **	6.00**	6.15**
④	7.1	0.9**	478**	123.0	2.93×10^3 **	3.97**	5.13*
⑤	7.6	0.9**	421**	115.0	3.12×10^3 **	4.54**	6.24**
⑥	8.3*	0.9**	380*	87.2*	4.74×10^3 **	3.04*	5.5**

注: ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$); * 表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: * meant extremely significant at 0.01 level; * meant significant at 0.05 level

3 结论与讨论

3.1 废弃物制作栽培基质的安全性方面 通过对延庆区玉米秆、树枝、蘑菇渣和芦苇秆重金属 5 项的测定,发现均在标

准范围内,延庆区利用废弃物制作基质的安全性是有保障的。不会因为重金属的超标而生产的园艺植物或蔬菜对人体有害。

3.2 废弃物制作栽培基质腐熟过程方面 基质材料的选择和粉碎过程是至关重要的,选择容易粉碎的废弃物其腐熟程度会提升,容易粉碎的玉米秆和蘑菇渣的温度影响较高,腐熟程度较好;而树枝和芦苇的温度变化较小。在延庆区 5 月初温度基本已经稳定通过 0℃,在这个日期进行废弃物腐熟基本在 45 d 可以完成。

3.3 废弃物不同比例配比基质的物理性状和化学性状方面 废弃物经过微生物的发酵降解,将木质素、纤维素等分解,同时也形成了与草炭不同的物理结构和化学结构。在通气和持水方面,废弃物的不同配比基质均与草炭基质有显著差异,表现为通气空隙增加,持水孔隙减小的特点。其主要原因可能是玉米秆的腐熟物容重较大引起,让废弃物配比的基质在整体上和草炭基质相比有极显著差异。化学性状方面,废弃物配比的基质在酸碱度方面比草炭基质有所升高,最大的 pH 在 8.33 属于碱性基质,也处于 DB11/T 770—2010 要求的正常范围内。另外,在以往研究中,农业有机废弃物堆腐后有效氮、磷、钾等主要营养元素和微量元素的含量可以得到提高^[12-13],该研究中废弃物配比的基质在氮、磷、钾、钙、镁离子及电导率均明显增加,其主要原因可能是微生物在降解过程中将一部分矿质元素分离出来,这些养分一部分会被植物吸收,一部分会在栽培前经过淋洗作用过滤掉,同

(上接第 46 页)

通过 L-HYP 进行筛选,可以获得抗性较强的变异体。李红等^[21]利用 HYP 作为选择压筛选叠氮化钠诱变的愈伤组织,得到高抗脯氨酸的突变体。赵明霞等^[22]以 L-HYP 作为选择压,筛选出耐旱性较强的花生单株。崔克强等^[14]研究发现,经 EMS 诱变的彩叶凤梨继代苗,以 7 mmol/L 的 L-HYP 作为选择压,筛选出的诱变株具有较强的抗寒性。该试验表明,随着 L-HYP 浓度的提高,无菌苗的致死率愈高。对照组在 1.2 mmol/L 时存活率仅为 5.6%,而经 EMS 诱变后的无菌苗,存活率高于对照组,说明经 EMS 诱变后的无菌苗已发生突变,能在高浓度的 L-HYP 条件下存活。且经 L-HYP 筛选存活下来的诱变株,经低温胁迫后其 POD、CAT 活性随着温度的降低而上升且始终高于对照组。MDA 和脯氨酸的含量随温度的降低而升高,但 MDA 含量低于对照组,而诱变组脯氨酸的含量高于对照组。因此,说明香蕉无菌增殖芽经 EMS 诱变后的突变体通过 L-HYP 定向筛选,可获得抗寒突变体。为了更全面及系统地鉴定香蕉无菌苗的抗寒突变体,还需在分子水平上进一步对变异体进行鉴定。

参考文献

- [1] 王安邦. 香蕉抗寒种质创新、筛选及鉴定[D]. 海口:海南大学,2013.
- [2] 祁伟. 红掌离体化学诱变技术的研究[D]. 苏州:苏州大学,2016.
- [3] 曲高平,孙妍妍,庞红喜,等. 甘蓝型油菜 EMS 突变体库构建及抗除草剂突变体筛选[J]. 中国油料作物学报,2014,36(1):25-31.
- [4] MALLICK M, AWASTHI O P, SINGH S K, et al. Physiological and biochemical changes in pre-bearing mutants of Kinnow mandarin (*C. nobilis* Lour×*C. deliciosa* Tenora) [J]. Scientia horticulturae, 2016, 199: 178-185.
- [5] 詹亚光,郝爱平,唐敬轩. 白桦愈伤组织化学诱变[J]. 植物学通报,2007,42(5):642-648.

时淋洗作用也适当地降低了基质中的电导率水平。

参考文献

- [1] 延庆统计年鉴委员会. 延庆区统计年鉴 2019[M]. 北京:北京市延庆区统计局,2019.
- [2] KIM S, DALE B E. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues [J]. Biomass and bioenergy, 2004, 26(4): 361-375.
- [3] 余高,陈芬,谢英荷,等. 农业有机废弃物资源化利用潜力与安全性评价[J]. 河南农业科学,2020,49(3):79-87.
- [4] 刘宇虹. 湖北农作物秸秆资源分布及其综合利用政策研究[D]. 武汉:华中师范大学,2018.
- [5] 黎榕,宋倩,陈碧露,等. 园林废弃物复合基质对绿萝生长的影响[J]. 现代农业科技,2019(24):112-113,118.
- [6] 赵佳颖,周晚来,戚智勇. 农业废弃物基质化利用[J]. 绿色科技,2019(22):232-234,241.
- [7] 孟宪民,王忠强. 我国泥炭资源属性、特征与保护利用[C]//第三届全国绿色环保肥料新技术、新产品交流会论文集. 广州:中国腐植酸工业协会,2003.
- [8] 索琳娜,金茂勇,张宝珠. 农林有机废弃物生产花木栽培基质技术和前景[J]. 北方园艺,2009(4):108-112.
- [9] 王中. 中国泥炭基质生产跌入低谷[J]. 中国花卉园艺,2004(4):20-21.
- [10] 索琳娜. 几种农林生物质废弃物再利用生产无土栽培基质技术及应用[D]. 北京:北京林业大学,2012.
- [11] 韦阳连,欧阳勤森,钟卫东,等. 农林有机废弃物生产轻型育苗基质研究进展[J]. 安徽农业科学,2012,40(32):15628-15630.
- [12] VÁZQUEZ M A, SOTO M. The efficiency of home composting programmes and compost quality [J]. Waste management, 2017, 64:39-50.
- [13] AZIM K, SOUDI B, BOUKHARI S, et al. Composting parameters and compost quality: A literature review [J]. Organic agriculture, 2018, 8(2):141-158.
- [6] 王晶,姜群峰,魏庆镇,等. 长春密刺黄瓜突变体库的构建和部分性状分析[J]. 核农学报,2015,29(8):1479-1486.
- [7] POUDEL P P, SINGH R S, SINGH M N, et al. EMS induced variability, frequency and spectrum of chlorophyll mutations in pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) [J]. Environment & ecology, 2017, 35(2):666-670.
- [8] 樊双虎,郭文柱,路小铎,等. 玉米 EMS 突变体库构建及突变体初步鉴定[J]. 安徽农业科学,2014,42(11):3162-3165,3185.
- [9] 何慧怡,樊丽娜,齐永文,等. EMS 诱变甘蔗茎尖分生组织的初步研究[J]. 中国农学通报,2016,32(6):55-60.
- [10] 孙慧. EMS 诱变海滨木槿及抗寒突变体筛选的初步研究[D]. 济南:山东师范大学,2019.
- [11] 杨宁. 'Heinz 1706' 番茄 EMS 诱变矮化突变体分析[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2020.
- [12] DHAKSHANMOORTHY D, SELVARAJ R, CHIDAMBARAM A. Utility of RAPD marker for genetic diversity analysis in gamma rays and ethyl methane sulphonate (EMS)-treated *Jatropha curcas* plants [J]. Complex rendus biologiques, 2015, 338(2):75-82.
- [13] 迟慧梅. 芦荟抗寒变异系的筛选及其特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2000.
- [14] 崔克强,王彦尊,史华平,等. 离体筛选彩叶凤梨耐羟脯氨酸变异体的研究[J]. 山西农业科学,2018,46(9):1455-1457,1487.
- [15] 任雪羽. 木槿种子的秋水仙素和 EMS 诱变与鉴定[D]. 长沙:中南林业科技大学,2019.
- [16] SUZUKI N, MITTLER R. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction [J]. Physiologia plant, 2006, 126(1):45-51.
- [17] 林定波,刘祖祺. 冷驯化和 ABA 对柑桔膜稳定性的影响及膜特异蛋白质的诱导[J]. 南京农业大学学报,1994,17(1):1-5.
- [18] 尚静,张会,王圣洁,等. EMS 诱变对茄子种子萌发、幼苗生长和抗氧化系统的影响[J]. 江西农业学报,2020,32(2):33-37.
- [19] 齐晓花,李倩倩,叶思佳,等. 黄瓜 EMS 诱变突变体库的构建[J]. 分子植物育种,2019,17(18):6066-6072.
- [20] 刘艳萌,张学英,葛会波,等. 草莓离体诱变及耐盐筛选技术初探[J]. 河北农业大学学报,2008,31(6):26-29,39.
- [21] 李红,李波,王丽玲,等. 紫花苜蓿耐羟脯氨酸变异体的筛选及抗性研究[J]. 草业科学,2008,25(10):29-33.
- [22] 赵明霞,孙海燕,隋炯明,等. 离体筛选花生抗逆突变体及其后代特征特性研究[J]. 核农学报,2012,26(8):1106-1110,1124.