

## 葱属植物组培再生体系研究进展

李韦瑶, 秦立刚\* (东北农业大学动物科学技术学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

**摘要** 葱属植物是百合科具有较高的饲用、食用及观赏等经济和生态价值的重要植物资源, 开发利用及深入研究价值潜力巨大。总结了葱属植物组培快繁过程中出现的关键问题, 详细阐述了葱属植物组培过程中从外植体选择、培养基、植物生长调节物质、生根培养和炼苗移栽等环节的研究现状, 并对存在的问题及发展前景进行了展望, 为葱属植物的组培体系构建、优化及其深入研究提供参考。

**关键词** 葱属植物; 组织培养; 外植体; 生根培养; 植物生长调节剂; 再生体系

**中图分类号** S633 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)22-0029-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.22.006



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Research Progress on Tissue Culture Regeneration System of *Allium L.*

LI Wei-yao, QIN Li-gang (College of Animal Science, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract** *Allium L.* is an important family of Liliaceae plant with high economic and ecological value, such as edible, medicinal and ornamental, which has great potential for development, utilization and in-depth research. This article summarized and analyzed the key problems in the process of tissue culture and rapid propagation of *Allium L.*. The research status of explant selection, medium, plant growth regulating substances, rooting culture and seedling refining and transplanting in the process of *Allium L.* tissue culture were reviewed in detail, and the existing problems and development prospects were prospected, in order to provide references for the construction, optimization and further study of the tissue culture system of *Allium L.*.

**Key words** *Allium L.*; Tissue culture; Explant; Rooting culture; Plant growth regulator; Regeneration system

葱属植物(*Allium L.*)为百合科多年生草本植物,是单子叶植物纲百合科中最大的属之一<sup>[1]</sup>。全球约有660个种,大多数种分布于季节性干旱地区,广泛分布于北半球,亚洲居多,部分分布于非洲和中南美洲<sup>[2]</sup>。在我国,葱属植物共包括138个种、23个变种及2个亚种<sup>[3]</sup>,主要分布在东北、华北、西北和西南地区的高山平原、草甸、草原、荒漠、沙丘等环境<sup>[2]</sup>,并且其适应性较强,具有较强的抗旱性,可在干旱半干旱地区的植被恢复中进行广泛应用<sup>[4]</sup>。葱属植物资源丰富、形态多样,具有重要的经济价值,可作为饲料作物、调料作物、草药作物和装饰用植物<sup>[5]</sup>。

一直以来,葱属类植物多被作为蔬菜、药用和饲草饲料,在农业、养殖业及医药业方面均具有重要作用。有研究表明,葱属植物活性成分具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎、免疫调节等作用<sup>[6]</sup>,如葱属植物中的许多生物活性成分(多糖、黄酮、类黄酮和多酚)具有较好的清除自由基的作用,从而能够表现出良好的抗氧化功能<sup>[7-9]</sup>。葱属植物还有抑制病菌的功能,如埃及红葱的甲醇提取物、乙酸乙酯提取物和丁醇提取物对成人血吸虫曼氏蠕虫具有显著的抑制作用,表现出较好的抗血吸虫功效<sup>[10]</sup>,并且与其他植物间套作可以降低植物病虫害发生,提高作物产量和品质<sup>[11]</sup>。葱属植物中的不少品种也可以药用,如大蒜可以增强仔猪的免疫力,并减少腹泻<sup>[12]</sup>;洋葱皮乙醇提取物可以改善血糖和葡萄糖的餐后峰值,延缓碳水化合物吸收<sup>[13]</sup>。葱属植物功能性成分可以通过免疫器官、免疫细胞、细胞因子等发挥免疫调节作用,维

持机体生理动态平衡与相对稳定<sup>[14]</sup>。

鉴于葱属植物资源功能作用丰富,国内外部分学者对葱属植物的组培体系建立方面也进行了一定的探索和试验。笔者通过对葱属植物组培过程中外植体选择、培养基选择、植物生长调节剂以及炼苗移栽等方面进展进行综述,对其组织培养体系的研究进展进行了初步整理,以期对葱属植物组织培养、开发利用及分子生物学研究提供依据。

### 1 外植体

**1.1 外植体选择** 植物组织培养主要基于植物细胞全能性和再生理论,在培养过程中,由于分化程度不同植物不同组织的脱分化恢复分裂能力和形成愈伤组织的再分化能力也有所差别<sup>[15]</sup>。不同的外植体对再生体系的建立具有重要影响,主要是由于外植体的生长部位、生理状态具有显著的差异,进而造成了愈伤组织诱导、不定芽分化和不定芽生根等过程中的结果差异巨大。因此,在葱属植物组织培养体系建立的过程中,选择合适的外植体是体系建立成功与否的关键因素。有报道发现愈伤组织仅在根尖分生组织区域形成<sup>[16-19]</sup>,也有研究表明愈伤组织的形成和芽再生均匀分布在根段<sup>[20-21]</sup>。已有研究发现,葱属植物的茎段、叶片、鳞茎、根、茎尖等部位均可以作为外植体进行愈伤组织的诱导。

庄丹<sup>[22]</sup>以寒葱的根、茎、叶分别作为外植体进行增殖、继代及生根,发现寒葱的茎是生产实践中进行愈伤组织及不定芽诱导的最佳外植体。在对薤白的组织培养研究中发现,组织培养植物在根中表现出的活性比在叶中观察到的活性更高<sup>[23]</sup>。胡小京等<sup>[24]</sup>以大蒜茎尖为外植体进行愈伤组织的诱导和不定芽的增殖并获得了较好的效果,表明茎尖可作为大蒜快速繁殖的有效外植体。而在大蒜的组织培养研究中,分生组织外植体比茎尖外植体更成功<sup>[25]</sup>。高行英<sup>[26]</sup>使用韭菜胚根尖的不同部位诱导愈伤组织分化,结果表明胚根尖为

**基金项目** 哈尔滨市应用技术与开发项目(2017RAQXJ007);国家自然科学基金项目(31702160)。

**作者简介** 李韦瑶(1997—),女,吉林吉林人,硕士研究生,研究方向:草地植物资源利用。\*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事草地植物资源利用研究。

**收稿日期** 2021-03-17

诱导愈伤组织的最佳外植体。王立科等<sup>[27]</sup>研究发现以蒙古韭鳞茎部位为外植体诱导愈伤组织,只有靠近绿色叶片的一端可以诱导愈伤组织,并不是两端都可以生长愈伤组织。何林玉等<sup>[28]</sup>以洋葱鳞茎盘、种子、未开花茎、未开花蕾为外植体,结果发现鳞茎盘和花茎愈伤组织诱导率高达100%,而且鳞茎盘和花茎的污染率也较低。

**1.2 外植体消毒** 在植物组织培养中,获得无菌外植体是成功的重要前提。为获得无菌外植体,消毒是必要环节,通常可采用75%乙醇、升汞、次氯酸钠等试剂对外植体进行消毒。次氯酸钠一般用于一些较软或者较幼嫩的组织消毒,消毒时间一般在5~30 min。升汞灭菌效果最好,一般用于种子、块根、块茎及较硬组织的灭菌,但其残留液很难去除,而且对植物组织的伤害也较大,因而必须严格控制好时间,并且要进行多次冲洗<sup>[29]</sup>。通常为75%乙醇和0.1%升汞交叉使用对外植体进行灭菌<sup>[30-31]</sup>。75%乙醇能够顺利渗入到细菌体内,吸收细菌蛋白水分,使其脱水变性凝固而失去功能,达到杀菌目的。0.1%升汞能使蛋白质变性,达到灭菌作用<sup>[32]</sup>。在洋葱组培试验中,对外植体鳞茎盘使用75%乙醇处理50 s和0.1%升汞处理7 min,可控制污染率至2%,并使转绿率达85%;对茎尖用75%乙醇处理50 s和0.1%升汞处理5 min,可控制污染率至7%,转绿率达86%<sup>[33]</sup>。在对寒葱外植体消毒

时,首先使用自来水冲洗外植体5 min,后用75%乙醇浸洗30 s,然后利用0.1%升汞灭菌10 min,最后用蒸馏水冲洗4~5次,可以达到最佳的消毒效果<sup>[22]</sup>。孔素萍<sup>[34]</sup>在大蒜的组培快繁研究中对外植体进行消毒的过程为:将大蒜鳞茎内健康的鳞茎去皮,经自来水冲洗0.5~1.0 h后,在无菌条件下先用75%乙醇消毒1 min,再用0.1%次氯酸钠溶液消毒3 min,最后用无菌水冲洗3遍。李勇等<sup>[35]</sup>在韭菜的组培快繁研究中,先用清水洗净韭茎上的尘土,再用毛笔蘸肥皂水将其洗干净,流水冲洗2~4 h后,在超净工作台上使用75%乙醇浸泡30 s消毒,再用0.1%的升汞溶液浸洗8 min,最后无菌水冲洗6~8次。众多研究表明,虽然消毒时间及具体操作有所差别,但采用75%乙醇和0.1%升汞交叉消毒是葱属植物外植体消毒最常用的方法。

## 2 培养基

植物组织生长发育所需要的营养均由培养基提供,植物组织在不同培养阶段有不同的营养需求,而各种培养基所含无机盐和有机物不同,其种类和成分直接影响组培苗的生长<sup>[36]</sup>,因此选择合适的培养基对植物组织培养有重要意义。葱属植物的常用培养基有Murashige and Skoog (MS)、1/2MS、Knudson C (KC)、Gamborg (B5)等(表1)。

表1 不同培养基对不同葱属植物不同部位的培养效果

Table 1 The cultivation effect of different medium on different parts of different *Allium* plants

培养基种类 Type of culture medium	试验植物 Test plant	部位 Part	效果 Effect
MS	寒葱	叶片	愈伤组织诱导效果好 <sup>[37]</sup>
改良 KC	寒葱	叶片	叶片枯萎,诱导率为零 <sup>[37]</sup>
1/2MS	寒葱	株苗	愈伤组织诱导率较低,不定芽诱导率也相对偏低 <sup>[37]</sup>
1/2MS	大蒜	微鳞茎	愈伤组织诱导效果好 <sup>[38]</sup>
MS	大蒜	鳞茎幼芽及下部带茎盘组织	能形成愈伤组织增殖和小鳞茎 <sup>[39]</sup>
MS	大蒜	茎尖	愈伤组织诱导效果好,其分化苗分化状态好 <sup>[40]</sup>
B5	蒜头	鳞茎盘	愈伤组织诱导率高 <sup>[41]</sup>

不同种的葱属植物不同部位的最适培养基不同,这可能是与植物种不同有关。但常用培养基多为MS培养基,其对葱属植物愈伤组织的诱导和增殖有较好效果。另外,Fereol等<sup>[42]</sup>研究发现每14 d更新一次培养基是细胞繁殖和胚进一步再生的最佳条件。

## 3 植物生长调节剂

植物组织培养过程中,植物生长调节剂对芽、根诱导和增殖分裂起关键作用<sup>[43]</sup>。葱属植物再生体系建立中通常使用的生长调节剂有吲哚丁酸(Indole-3-butyrlic acid, IBA)、6-苄基腺嘌呤(6-Benzyladenine, 6-BA)、吲哚乙酸(Indole-3-acetic acid, IAA)、萘乙酸(Naphthalene acetic acid, NAA)、2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-dichloro phenoxyacetic acid, 2,4-D)和激动素(Kinetin, KT)等。IBA、IAA、NAA和2,4-D属于生长素类,在组织培养中被用于诱导细胞的分裂和根的分化。6-BA和KT为细胞分裂素类,其作用主要是促进细胞分裂和使愈伤组织分化或器官分化不定芽。生长素单独使用或

与细胞分裂素配合使用可以有效促进细胞的增殖和持续生长,从而更利于形成愈伤组织。庄丹<sup>[22]</sup>在寒葱的组培研究中发现NAA浓度与诱导率成正比,NAA浓度为1.0 mg/L时诱导率最高,高于此浓度则抑制诱导率;在此NAA浓度下,配合使用6-BA且浓度为2.0 mg/L时可进一步提高诱导率并达到最高,因此,寒葱茎部诱导愈伤组织的最适合的激素组合为2.0 mg/L 6-BA + 1.0 mg/L NAA。张松等<sup>[44]</sup>研究发现韭菜在MS培养基上,添加1 mg/L NAA + 2 mg/L 6-BA的生长调节剂时,不定芽诱导频率最高,平均出芽数也最多。野生蒙古韭的鳞茎作为外植体接入诱导愈伤培养基MS + 1 mg/L NAA + 2 mg/L 6-BA中,经培养可萌发愈伤组织和丛生芽<sup>[27]</sup>。Monemi等<sup>[45]</sup>对韭菜的组织培养研究表明,叶片外植体愈伤组织形成的最佳培养基激素组合为0.5 mg/L 2,4-D + 0.1 mg/L 6-BA。以MS为基础培养基,添加0.4 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA时分蘖洋葱组培苗可获得最佳效果<sup>[46]</sup>。洋葱愈伤分化丛生芽的最优培养基为MS + 0.2 mg/L 6-BA +

0.1 mg/L NAA;在 MS+1.5 mg/L IBA+0.01 mg/L NAA 培养基上可诱导出白色健壮根<sup>[47]</sup>。当 2,4-D 浓度为 1 mg/L 时,大蒜鳞芽诱导率随 NAA 浓度的增加而降低,当 NAA 浓度为 0.5 mg/L 时,诱导率随 2,4-D 浓度的增加而增加,但 2,4-D 浓度超过 1.25 mg/L 时诱导率反而不再上涨<sup>[48]</sup>。同时有研究表明洋葱根与 2,4-D 接触时间较长会有中毒的趋势<sup>[49]</sup>。在大蒜的离体再生中,根尖外植体最适合在添加 5.0 mg/L 6-BA 和 0.5 mg/L NAA 的 MS 培养基中生长<sup>[50]</sup>,当 NAA 和 KT 浓度相同时 NAA 诱导率较高,说明 KT 和 NAA 对不定芽的诱导有协同作用,并且相关数据表明,KT 比 6-BA 更适合诱导不定芽<sup>[51]</sup>。

不同种的葱属植物,最佳培养基激素组合及比例都不相同,这可能是与植物种不同有关,但常用的组合及比例为 MS+1 mg/L NAA+2 mg/L 6-BA。虽然这是一个比较常用的组合比例,针对不同葱属不同种,在构建组培体系时,仍需要进行激素的种类和比例的摸索,找到适宜于该种或者品种的最佳生长调节剂组合及含量比例。

#### 4 生根培养

生根培养最主要是把不定芽从增殖改成不增殖,从而分化不定根,这个阶段必须创造一个适于根的发生和生长的条件,主要措施是降低培养基中无机离子的浓度及加入生长素<sup>[52]</sup>。相对其他植物而言,葱属植物通常易于生根和驯化<sup>[16,53-55]</sup>。植物组织培养中,组培苗能否生根是再生体系能否建立的关键,影响组培苗生根的因素很多,植株的生理状态、培养基、植物激素和环境因子等,激素是最重要的调节因子,植株生根常用的生长激素有 NAA、IAA、IBA 等<sup>[56]</sup>。赵丽华<sup>[57]</sup>在洋葱组培快繁技术研究中采用 1/2MS 培养基加 IBA 进行不定根的诱导,结果发现,没有加 IBA 的 1/2MS 培养基虽然有不定根形成,但加 IBA 培养基的平均生根率及平均生根数都优于不加 IBA 的培养基,且在 IBA 浓度为 1.0、1.5 mg/L 时最高,表明适当浓度的生长素可以促进侧根的生长。在分蘖洋葱组培苗生根率的研究中发现,培养基中添加 0.01 mg/L NAA+1.5 mg/L IBA+0.1 mg/L 多效唑(PP333)分蘖洋葱组培苗生根率最高,表明低浓度 NAA 和一定浓度配比 IBA、PP333 的组合最有利于分蘖洋葱组培苗的生根<sup>[47]</sup>。在韭菜植株生根培养中发现,与 MS 培养基相比,在 1/2MS 培养基中生根较早,当采用 NAA 和 IAA 作为外源激素添加时,在含 NAA 的培养基中,韭菜根系均呈现短粗状态,而在含 IAA 的培养基中,植株进行生根的条数与形态最佳<sup>[56]</sup>。

#### 5 炼苗移栽

炼苗和移栽是影响组培苗成活率的关键因素,种苗大小、育苗基质等都影响组培苗的成活率。杨瑶君等<sup>[58]</sup>在细香葱幼苗移栽前,先炼苗 7 d,然后在适宜温度和时间内移入珍珠岩中;利用生根粉 150 mg/L+细土 100 g/L 的溶液进行移栽,移栽后 7 d 内进行 50%~70%遮阴;缓苗后定期追施 1/2MS 大量元素的水溶液,移栽成活率可达 90%以上。在大蒜的组培苗炼苗移栽过程中,可将再生的小鳞茎在 24 ℃ 和 80% 相对湿度的生长室条件下驯化 7 d 后转移至温室中含有

泥炭藓的盆中能获得较好的成活率<sup>[59]</sup>。不同基质及其组合对再生植株的生长也有不同程度的影响。胡永军等<sup>[59]</sup>在寿光马蔺韭再生苗移栽的研究中将园田土分别与河沙、蛭石、棉籽皮混合配制成混合基质,结果发现获得的再生植株中,以移栽在园田土中或园田土与河沙混配的基质中长势最好。也可采用草炭及田土处作为混合育苗基质,同时进行覆膜保湿,能有效提高分蘖洋葱组培苗的成活率至 95% 以上<sup>[60]</sup>。在对野韭试管生根苗移栽研究中,以泥炭、珍珠岩、园田土、棉籽皮、进口泥炭土为基质,同时进行单一基质和混合基质试验,发现如果采用单一基质,则园田土最佳,如果采用混合基质,则泥炭土 2 份+珍珠岩 1 份处理最佳<sup>[61]</sup>。

#### 6 展望

葱属类植物在农业生产中发挥着较大作用,如在养殖业中可以作为饲料添加剂,可以与其他植物合理套作提高农作物产量,还有些葱属物种可以药用。采用分子生物学手段对葱属植物进行遗传转化和分子育种研究,更有利于对其优良性状的深度发掘和优良品种的选育。因而,建立和优化科学合理的组织培养体系对于其产业化培养和分子生物学研究是十分必要的。但目前,通过组织和器官培养技术,仅在少数几种葱属植物上建立起了离体再生体系,所以对葱属植物组培快繁体系还需进行更加广泛且深入的研究。

#### 参考文献

- [1] 马毓泉.内蒙古植物志[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,1989.
- [2] 刘会良.中亚干旱区的葱属植物[J].人与生物圈,2020(21):16-17.
- [3] 王越.内蒙古 10 种葱属植物分子系统学研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2014.
- [4] 秦立刚,李雪,李韦瑶,等.PEG 干旱胁迫对 3 种葱属植物种子萌发期渗透调节物质及酶活性的影响[J].草地学报,2021,29(1):72-79.
- [5] 胡长青,邓颖莲,樊磊虎.内蒙古野生葱属植物资源的开发利用与保护[J].中国野生植物资源,2007,26(6):30-31.
- [6] 朱云峰,徐翠翠,金少瑾,等.葱属植物中的生物活性物质及功效研究进展[J].食品工业科技,2019,40(13):270-276,282.
- [7] 于晶,温荣欣,闫庆鑫,等.葱属植物活性物质及其生理功能研究进展[J].食品科学,2020,41(7):255-265.
- [8] 李朝阳,李珊,刘魁,等.大蒜多糖的分离纯化及抗氧化性的研究[J].河北科技大学学报,2007,28(3):243-246.
- [9] QIN L G, YU J, ZHU J M, et al. Ultrasonic-assisted extraction of polyphenol from the seeds of *Allium senescens* L. and its antioxidative role in Harbin dry sausage[J]. Meat Sci, 2021, 172: 108351.
- [10] ABDEL-LATEEF E, RABIA I, ABDEL-GAWAD M, et al. *In vitro* antischistosomal activity of *Allium cepa* L. (red onion) extracts and identification of the essential oil composition by GC-MS[J]. J Microbiol Biotechnol Food Sci, 2018, 7(3): 421-425.
- [11] 尉婷婷,程智慧,冯志煊.大蒜鳞茎粗提物对番茄灰霉病的抑菌和防治效果[J].西北农业学报,2010,19(6):176-180.
- [12] 刘振,康秀华,苗玉华,等.葱属植物在畜禽养殖中的应用及前景分析[J].今日畜牧兽医,2020,36(12):76-77.
- [13] KIM S H, JO S H, KWON Y I, et al. Effects of onion (*Allium cepa* L.) extract administration on intestinal  $\alpha$ -glucosidases activities and spikes in postprandial blood glucose levels in SD rats model[J]. Int J Mol Sci, 2011, 12(6): 3757-3769.
- [14] 徐翠翠,朱云峰,金少瑾,等.葱属植物功能性成分免疫调节作用研究进展[J].食品科学,2020,41(9):332-337.
- [15] 郑昕,张家春,蒋影,等.独蒜兰组培快繁技术研究进展[J].耕作与栽培,2020,40(5):34-36.
- [16] HAQUE M S, WADA T, HATTORI K. High frequency shoot regeneration and plantlet formation from root tip of garlic[J]. Plant Cell Tissue Organ Cult, 1997, 50(2): 83-89.
- [17] ROBLEDO-PAZ A, VILLALOBOS-ARÁMBULA V M, JOFRE-GARFIAS A E. Efficient plant regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) by root-tip

- culture[J]. *Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 2000, 36(5): 416-419.
- [18] SCOTTON D C, BENEDITO V A, DE MOLFETTA J B, et al. Tulmamn Neto A, Figueira A Response of root explants to *in vitro* cultivation of marketable garlic cultivars[J]. *Hortic Bras*, 2013, 31(1): 80-85.
- [19] TUBIĆ L, ANAČKOV G, MILOJEVIĆ J, et al. High variability in the tissue culture response of root-tips of *Allium ascalonicum* individuals and optimization of the regeneration procedure[J]. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 2014, 118(1): 101-110.
- [20] MYERS J M, SIMON P W. Continuous callus production and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) using root segments from shoot tip-derived plantlets[J]. *Plant Cell Rep*, 1998, 17(9): 726-730.
- [21] ZHENG S J, HENKEN B, KRENS F A, et al. The development of an efficient cultivar-independent plant regeneration system from callus derived from both apical and non-apical root segments of garlic (*Allium sativum* L.) [J]. *Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 2003, 39(3): 288-292.
- [22] 庄丹. 濒危植物寒葱快繁体系的建立[D]. 长春: 长春师范大学, 2019.
- [23] ŠTAJNER D, POPOVIĆ B M, ČALIĆ-DRAGOSAVAC D, et al. Comparative study on *Allium schoenoprasum* cultivated plant and *Allium schoenoprasum* tissue culture organs antioxidant status[J]. *Phytother Res*, 2011, 25(11): 1618-1622.
- [24] 胡小京, 耿广东, 王建龙. 大蒜组织培养快繁技术的研究[J]. *长江蔬菜*, 2011(20): 13-15.
- [25] TAŞKIN H, BAKTEMUR G, KURUL M, et al. Use of tissue culture techniques for producing virus-free plant in garlic and their identification through real-time PCR[J]. *The scientific world journal*, 2013, 7: 1-5.
- [26] 高行英. 韭菜根再生体系建立及遗传转化相关因素研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2013.
- [27] 王立科, 张边江, 杨平, 等. 野生蒙古韭组培快繁体系的建立[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(1): 201-205.
- [28] 何林玉, 惠林冲, 陈微, 等. 洋葱外植体的组织培养方法与对策[J]. *浙江农业科学*, 2020, 61(5): 896-897, 900.
- [29] 邢立栋. 细香葱再生体系的建立[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [30] 李静, 王云德. 西伯利亚百合鳞片组织培养与快速繁殖[J]. *生物学通报*, 2012, 47(4): 56-58.
- [31] 李建民, 文清成, 吕守成, 等. 大岩桐的组培快繁及其产业化技术研究[J]. *北方园艺*, 2011(4): 153-154.
- [32] 董颖苹, 黄萍, 李裕荣, 等. 猕猴桃组培中控制细菌污染的研究[J]. *贵州农业科学*, 2001, 29(3): 32-34.
- [33] 赵丽华. 洋葱组培外植体消毒灭菌技术[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(9): 34-35.
- [34] 孔素萍. 大蒜组培快繁与四倍体诱导技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
- [35] 李勇, 杨桦, 龙蔚, 等. 韭菜组织培养及快速繁殖技术研究[J]. *江西农业学报*, 2006, 18(4): 106-107.
- [36] 程广有. 名优花卉组织培养技术[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2001: 64-69.
- [37] 庄丹, 魏健. 以寒葱叶片为外植体的快繁体系建立[J]. *农家参谋*, 2019(1): 104-105.
- [38] 梁艳, 陈典, 黄晓梅, 等. 大蒜试管微鳞茎形成的激素筛选研究[J]. *东北农业大学学报*, 2005, 36(5): 589-592.
- [39] 曾淑水. 从蒜瓣再生完整植株[J]. *植物生理学通讯*, 1981, 17(4): 45.
- [40] 栾非时, 陈典, 陈友. 脱毒大蒜花原始体培养增殖技术的研究[J]. *中国蔬菜*, 1995(3): 4-6.
- [41] YAN M M, XU C, KIM C H. Effects of explant type, culture media and growth regulators on callus induction and plant regeneration of Chinese jiaotou (*Allium chinense*) [J]. *Sci Hortic*, 2009, 123(1): 124-128.
- [42] FEREOLO L, CHOVELON V, CAUSSE S, et al. Establishment of embryogenic cell suspension cultures of garlic (*Allium sativum* L.), plant regeneration and biochemical analyses[J]. *Plant Cell Rep*, 2005, 24(6): 319-325.
- [43] 丁晓霞. 菊花组培再生体系研究进展[J]. *辽宁林业科技*, 2018(4): 64-65, 68.
- [44] 张松, 达克东, 曹辰兴, 等. 韭菜组织培养高频植株再生体系的研究[J]. *园艺学报*, 2002, 29(2): 141-144, 197.
- [45] MONEMI M B, KAZEMITABAR S K, BAKHSHEE KHANIKI G, et al. Tissue culture study of the medicinal plant leek (*Allium ampeloprasum* L.) [J]. *Int J Mol Cell Med*, 2014, 3(2): 118-125.
- [46] 牟彬, 韩玉珠, 张嘉越, 等. 分蘖洋葱组培苗启动和生根培养基的优化[J]. *吉林农业大学学报*, 2021, 43(3): 297-302.
- [47] 王勇, 梁誉, 陈典, 等. 分蘖洋葱再生体系的建立与优化[J]. *东北农业大学学报*, 2013, 44(7): 96-100, 161.
- [48] 吐尔逊娜依·迪力夏提, 刘旭新, 石强. 大蒜鳞芽组培再生体系建立方法研究[J]. *农村经济与科技*, 2018, 29(17): 67-69.
- [49] ÖZKUL M, ÖZEL Ç A, YÜZBAŞIOĞLU D, et al. Does 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) induce genotoxic effects in tissue cultured *Allium* roots? [J]. *Cytotechnology*, 2016, 68(6): 2395-2405.
- [50] KIZIL S, ICGIL D Y, KHAWAR K M. Improved *in vitro* regeneration and propagation of Tunceli garlic (*Allium tuncelianum* L.) [J]. *J Hortic Sci Biotechnol*, 2014, 89(4): 408-414.
- [51] FAN B L, HE R F, SHANG Y T, et al. System construction of virus-free and rapid-propagation technology of Baodi garlic (*Allium sativum* L.) [J]. *Sci Hortic*, 2017, 225(18): 498-504.
- [52] 徐启江, 陈典, 张修. 分蘖洋葱茎尖培养脱毒苗技术研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2002, 30(2): 101-106.
- [53] ZHENG S J, HENKEN B, SOFIARI E, et al. Factors influencing induction, propagation and regeneration of mature zygotic embryo-derived callus from *Allium cepa* [J]. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 1998, 53(2): 99-105.
- [54] XU Z, UM Y C, KIM C H, et al. Effect of plant growth regulators, temperature and sucrose on shoot proliferation from the stem disc of Chinese jiaotou (*Allium chinense*) and *in vitro* bulblet formation [J]. *Acta Physiol Plant*, 2008, 30(4): 521-528.
- [55] ALIZADEH B, ROYANDAZAGH S D, KHAWAR K M, et al. Micropropagation of garlic chives (*Allium tuberosum* Rottl. ex Spreng) using mesocotyl axis [J]. *J Anim Plant Sci*, 2013, 23(2): 543-549.
- [56] 高行英. 韭菜根再生体系建立及遗传转化相关因素研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2013.
- [57] 赵丽华. 洋葱组培快繁技术研究[J]. *北方园艺*, 2013(18): 86-88.
- [58] 杨瑶君, 罗林龙, 弓加文, 等. 细香葱组织培养与快速繁殖[J]. *农业科技通讯*, 2007(2): 37.
- [59] 胡永军, 林桂玉, 田素波, 等. 寿光马蔺韭组织培养快繁体系的研究[J]. *蔬菜*, 2013(9): 5-8.
- [60] 苏雪娇, 王秀峰, 张悦, 等. 分蘖洋葱微鳞茎盘快繁技术体系建立[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2021, 49(2): 105-111.
- [61] 王茜. 建立野韭菜离体培养体系的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2015.