·专论·

中药材工厂化育苗现状及发展趋势△

李向东[1]，蒋靖怡[2a]，王娟娟[2]，曾燕[1]，焦连魁[1]，樊红梅[3]，王继永[1,3*]

1. 中国中药有限公司，北京　100195；

2. 全国农业技术推广服务中心，北京　100125；

3. 国药种业有限公司，北京　102600

［**摘要**］　中药材工厂化育苗具有节约土地、节省劳力、节约成本、缩短育苗周期、提升种苗质量等特点，通过工厂化育苗可以实现精确播种、精准控制和集约化管理，是解决部分珍稀或大宗中药材种苗供应紧缺、质量良莠不齐等问题的有效途径。综述中药材工厂化育苗行业发展现状、存在问题及发展趋势，目前，中药材工厂化育苗总体生产规模小、工厂化程度不高、产业集中度较低，存在研发技术不成熟、育苗技术单一、种苗成本高等问题，提出加大研发投入、加快关键设备和技术的开发、加强科研院所与育苗企业的合作、实现资源优势互补等建议，以期为提升中药材工厂化育苗技术水平、促进育苗行业健康快速发展提供参考和借鉴。

［**关键词**］　中药材；工厂化育苗；种植栽培；产业发展

［**中图分类号**］　R282. 2　　［**文献标识码**］　A　　［**文章编号**］　1673-4890(2021)11-1857-07

doi：10. 13313/j. issn. 1673-4890. 20200805006

Status Quo and Development Trend of Industrial Seedling Raising of Chinese Medicinal Materials

LI Xiang-dong[1], JIANG Jing-yi[2a], WANG Juan-juan[2], ZENG Yan[1], JIAO Lian-kui[1], FAN Hong-mei[3], WANG Ji-yong[1,3*]

1. *China National Traditional Chinese Medicine Co. , Ltd. , Beijing* 100195, *China*;

2. *National Agro-Tech Extension and Service Center*, *Beijing* 100125, *China*;

3. *China Traditional Chinese Medicine Seed & Seeding Co. , Ltd. , Beijing* 102600, *China*

[**Abstract**]　Industrial seedling raising of Chinese medicinal materials has the advantages of saving land, labor, and cost, shortening propagation cycle, and improving seedling quality. Moreover, it can help realize precise sowing, precise control, and intensive management. Thus, it is regarded as an effective way to tackle the shortage of seedlings and uneven quality of some rare or bulk Chinese medicinal materials. This paper summarized the status quo, problems, and development trend of the industrial seedling raising of Chinese medicinal materials. At present, industrial seedling raising of Chinese medicinal materials has the problems of small scale, low industrialization, low industrial centralization, immature research and development technology, a few techniques available, and high seedling cost. Thus, we should increase the investment in research and development to accelerate the development of key equipment and technologies and strengthen the cooperation between research institutes and seedling raising enterprises to achieve resource complementary. This paper is expected to serve as a reference for elevating the technical level for industrial seedling raising of Chinese medicinal materials and promoting the healthy and rapid development of seedling raising industry.

[**Keywords**]　Chinese medicinal materials; industrial seedling raising; planting; industrial development

工厂化育苗是随现代农业发展出现的一项先进农业技术，是现代化农业的重要组成部分。传统的育苗方式占地多、费工费时、效率低下，而工厂化育苗具有集约化、规模化、生产效率高、自动化程度高等特征[1]。改变传统的育苗方式、实施工厂化育苗是提高我国农业产业化的必然选择。工厂化育苗

△［**基金项目**］　财政部和农业农村部：国家现代农业产业技术体系资助项目（CASR-21）；国家重点研发计划项目（2017YFC1701400，2017YFC1700700）；中国中药有限公司自主研发项目（2020YC01）

*［**通信作者**］　王继永，研究员，研究方向：中药资源研究与产业化应用；Tel：（010）89259576，E-mail：wangjiyong75@163.com

a　并列第一作者

可以在可控环境条件下进行育苗并缩短育苗周期、保证秧苗质量，在国内呈现加速发展的势态[2]。

目前，国内不仅有蔬菜、花卉、水稻、林木等进行工厂化育苗生产，中药材的育种育苗也在开展研发和工厂化生产[3]，石斛、白及、金线莲等品种在工厂化育苗方面已取得了成功，推动了相关种苗产业的升级换代，有效解决了这些药材优良种苗缺乏的产业发展瓶颈问题[4]。但中药材工厂化育苗总体发展存在产业规模小、产业集中度低、规模化推广品种少、育苗技术单一、种苗成本高等问题，因此，摸清中药材工厂化育苗现状、总结育苗过程中的关键技术、提出针对性的对策建议对推动中药材工厂化育苗进程具有重要意义。

1 中药材工厂化育苗发展现状

笔者调研发现，目前实现工厂化育苗的中药材品种较少，仅有铁皮石斛、霍山石斛、白及、金线莲等几个品种。工厂化育苗生产种苗最成功、产值最高的是铁皮石斛，其成年植株产出的蒴果内含有大量细小种子，可通过组培育苗技术实现种苗的规模化生产。据估算，2017年铁皮石斛组培苗年出苗量在20亿株以上，年产值达10亿元[5]。

霍山石斛、白及与铁皮石斛均为兰科植物，同样可以产生大量细小种子，并利用组培育苗技术实现了种苗的大量繁育。目前，霍山石斛种苗年供应量达1亿株，年产值约1亿元[6]。白及通过直播育苗技术，种苗年供应量达2亿株，年产值约1.4亿元[7]。金线莲因自然条件下自我繁育困难导致种苗稀缺，可利用组培育苗技术实现金线莲种苗的批量供应。三七采用集约化育苗技术实现了种苗的规模化生产。现就主要的中药材工厂化育苗品种发展现状进行阐述。

1.1 石斛

组培育苗技术采用无性系繁育方式，是保证石斛类药材优良性状并快速扩繁的最佳途径。自20世纪60年代以来，组培育苗已从研究试验迅速成为大批量生产种苗的工厂化方法[8]。组培育苗是工厂化育苗的核心技术之一，通过组织培养进行工厂化育苗在许多名贵花木扩繁上成效卓越[9]。目前，这一技术也在石斛属药材育苗方面取得成功，实现了石斛种苗的工厂化生产[10]。

1.1.1 铁皮石斛 铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo是兰科石斛属珍稀药用植物，种子细小呈面粉状，没有胚乳，不含供给幼苗萌发和生长的营养成分。因此，其在自然条件下自我繁殖率很低，野生资源已濒临灭绝。由于铁皮石斛为珍稀名贵药材且具有良好的保健作用，近年来其种植产业发展迅速，种苗需求量较大[9]。

在石斛类药材中，铁皮石斛是率先通过组培工厂化育苗实现向市场大批量供应优质种苗的品种。国内企业和科研机构通过不断试验和摸索，最终掌握了铁皮石斛种子-蒴果（内含数万粒细小种子）无菌组织培养技术（包括出苗、扩繁、生根等技术环节），通过规模化生产，有效解决了市场上对种苗的迫切需求，促进了全国石斛产业全产业链的发展，带动了千千万万种植户脱贫致富[11]。

目前，国内石斛产业发展较好的有浙江天皇药业有限公司、金华寿仙谷药业有限公司、杭州天目山药业股份有限公司等企业。其中，浙江天皇药业有限公司是国内石斛产业实力最强的企业。该公司经过长期艰辛摸索，在国内率先攻克铁皮石斛组培育苗、炼苗、模仿野生环境等技术难关，突破了濒危植物铁皮石斛的繁殖和栽培两大难题，对铁皮石斛的资源保护和可持续利用作出了重要贡献。该公司不断发展扩大铁皮石斛组培育苗规模，现已建成2.6万m^2的铁皮石斛育苗大楼，年生产铁皮石斛组培苗400万瓶（约2亿株），有效满足了铁皮石斛产业化发展对种苗的需求。大规模利用组培技术工厂化繁育铁皮石斛不仅满足了企业自身种植需求，还为市场提供了大量的优质铁皮石斛种苗，促进了全国铁皮石斛产业快速、高效的发展。

经实地调研和测算，利用组培工厂化育苗技术繁育铁皮石斛种苗，按照中等规模育苗车间5000 m^2、年出产瓶苗100万瓶、每瓶40株、培养周期6个月的标准核算，达到出厂移栽的1瓶种苗综合成本约为10元（单株成本0.25元）。其成本主要为4个部分：一是育苗所需厂房、设备等固定资产的折旧，约占20%；二是种苗培育的人工成本，约占40%；三是种苗培育所需光照的电费成本，约占30%；四是其他成本，包括购买试剂、耗材等，约占10%。

2007—2015年，铁皮石斛种苗每株售价可达到2元，利润率可达到80%以上；2015年后，随着参与组培育苗技术企业不断增多，导致价格下跌。目前，铁皮石斛种苗每株售价约为0.5元，育苗企业出售铁皮石斛种苗的收益也在不断下滑甚至只能保本销售。

1.1.2　霍山石斛　霍山石斛 *D. huoshanense* C Z Tang et S J Cheng 俗称米斛，是兰科石斛属的草本植物，主产于大别山区的安徽省霍山县。其市场需求量大，但目前国内自然资源已枯竭，很难采到野生植株。同时，霍山石斛繁殖难、生长慢、周期较长，产量远远不能满足药用需求[12]。

目前，霍山石斛种苗可以利用种子组织培养的方法进行工厂化育苗。中国中药霍山石斛科技有限公司与霍山县政府及当地厂家合作，在获得优质、纯正霍山石斛种源基础上，在当地开展了霍山石斛工厂化育苗工作。其在霍山县组建近 2000 m^2 霍山石斛种苗繁育中心，可实现霍山石斛种苗组培扩繁、炼苗、驯化到移栽的集约化生产（图 1~3）。霍山石斛种苗年出苗量达 5000 万株，可满足约 13.3 hm^2 种植基地的用苗量。这为发展壮大霍山石斛产业奠定了坚实的基础[13]。

图 1　霍山石斛组培育苗

图 2　霍山石斛种苗炼苗

1.1.3　金钗石斛　贵州赤水市是我国著名的道地石斛产区。该地金钗石斛的人工栽培已有 50 多年历史。“赤水金钗石斛”于 2006 年获国家地理标志产品保护。金钗石斛自然条件下种子自我繁殖率低，利用组培技术可在短期供应大量的种苗，有效满足种苗的市场需求。

图 3　霍山石斛种苗驯化

贵州赤水金斛产业开发公司成功解决了金钗石斛种苗繁育技术，在遵义市建立了种苗繁育中心，具有每年 50 万瓶石斛种苗的生产能力，驯化种苗 1000 多万株。经过近几年的发展，赤水金钗石斛种植面积已达 133 hm^2。

1.2　白及

1.2.1　组培育苗　白及 *Bletilla striata*（Thunb.）Reichb. f. 为兰科白及属地生植物，广泛分布于中国长江流域各省[14]，尤以贵州量大、质优[15]。白及作为国家濒危药材，种子细小、没有胚乳，自然萌发率极低、自我繁殖困难，野生白及被滥采乱挖，导致野生资源越来越少，而市场对其需求量逐年递增，2014 年白及需求量已达到 2000 t 以上。

为保护白及野生资源，人工培育和繁育白及迫在眉睫。白及传统栽培主要靠分割假鳞茎进行分株繁殖，但繁殖率低、耗种大，难以满足市场需求。采用白及蒴果无菌播种的方式能有效提高种子萌发率，庞文波等[16]试验了白及种子无菌播种的技术并对培养条件进行了优化，达到了较好的增殖效果。张洁等[15]在白及种子无菌播种的基础上，攻克了移栽驯化成活率低的难题（成活率达到 95% 以上），总结出一套白及工厂化育苗技术体系，包括无菌播种、增殖与壮苗培养、组培苗驯化等环节，有效缩短了育苗时间，并降低了成本，可以在短时间内获得大量均一的白及种苗。该体系的建立对促进白及种植产业的健康发展和资源保护具有重要意义。

1.2.2　直播育苗　牛俊峰等[7]研究了一种白及种子直播育苗新方法，简单易行、出苗速度快，可有效降低白及种植成本至每公顷 0.9 万元。该方法包括

搭建育苗棚、建设育苗床、种子处理及直播育苗、苗期管理、设施大棚苗床驯化等过程，使白及种子萌发率提高至70%，实现了白及种苗的规模化繁育，为白及快速繁殖开辟了一条新途径。

本方法已在合作基地推广，在陕西汉中、安康、商洛和云南普洱建立白及直播育苗基地约20 000 m^2，年出苗1亿株以上，推广种植约300 hm^2。白及种子直播工厂化育苗现已在全国多地付诸实施。该技术为市场提供了大量优质种苗，大幅度降低了种苗成本，有效解决了白及种苗的供需矛盾，实现了白及育苗产业的升级换代。

以位于湖北罗田的白及育苗基地2019年情况为例（图4），该基地占地面积约12 000 m^2，建成投产育苗大棚100余座，年出产白及成苗约2000万株，种苗成本可控制在每株0.3元以内。种苗成本主要为设施大棚和设备的固定资产折旧、人力成本、农资花费等，市场售价每株约0.5元，利润率约40%，年收益约400万元，规模效益显著。

图4　湖北罗田白及种子直播育苗基地

1.3　金线莲

金线莲主产于福建、浙江、台湾和江西等地。由于野生金线莲资源匮乏，早在1990年福建省将其列为濒危植物[17]。近年来，金线莲人工种植不断扩大，而金钱莲种苗组培工厂化生产技术也已成熟，金线莲的组织育苗主要以不定芽和茎段作为繁殖材料，组织培养条件逐渐得到优化，设施规模化栽培等关键技术也已取得突破，这为金线莲产业的健康快速发展奠定了良好的基础[18]。

福建省是国内金线莲产量最大的省份，也是金线莲种苗工厂化育苗和栽培技术较为成熟的省份。福建省南靖县是最早开展金线莲种苗组培技术的地区，由福建省林业科技试验中心研发成功后向社会进行了推广，南靖县已成为中国最大的金线莲产地。福建省金草生物集团有限公司专业从事金线莲的母种诱导、组培工厂化育苗和林下生态种植。福建省武平县引进了金线莲组培快繁技术，现有金线莲组培车间2000 m^2，已实现金线莲种苗的集约化、工厂化生产[19]。

1.4　三七

杨文彩等[20]分析了三七主产地云南三七产业存在的问题，总结了当地有机三七种植和集约化育苗的现状和不足，提出工厂化育苗可以实现精密播种，有效减少种子用量，人为控制环境条件，缩短育苗周期，生产出病害少的优质种苗，有效解决实际生产种植过程中连作障碍的问题。

同时，杨文彩等[21]针对云南当地三七育苗产业种植模式仍以传统人工模式为主、播种效率低、种苗质量参差不齐的现状，提出了基于农机农艺融合的三七机械化精密播种系统的概念，并开展了相关实验研究，包括三七种子机械化精密播种机、三七种子包衣、标准育苗槽等，以期为实现三七工厂化育苗做好准备。

1.5　其他

由于人工栽培半夏用种量大，用种多来源于野生资源，受限于野生资源的缺乏，使得半夏的种苗供应长期处于紧缺状态。张晓伟等[22]研究了半夏的组培快速繁殖，建立了一套半夏工厂化育苗技术体系，种苗生产具有生产周期短、繁殖系数高等特点，但种苗的生产成本较高，限制了其规模化育苗生产的开展。

魏莉霞等[23]试验了秦艽温室工厂化育苗的方法，对种子处理、播种方法、苗期管理、移栽驯化和大田种植技术进行了研究，总结出繁育要点和关键技术，可以缩短生长周期，为种植户提供优质种苗，形成了一套可行的秦艽工厂化育苗与大田移栽技术，为秦艽的人工栽培奠定了基础。

霍国琴等[24]尝试利用扦插快速繁殖技术对五味子、连翘、杜仲、黄芩、金银花等在连栋温室内进行中药材立体育苗试验。在试验成功的基础上，进行了工厂化生产，每平方米年产苗量达1000株以上，缩短育苗周期至3个月，达到了种苗成活率高、健壮、易包装运输等特点，为中药材类植物工厂化育苗生产探索了一种新途径。

2　中药材工厂化育苗品种选择标准

当前，采用工厂化育苗的中药材品种主要是利用组培育苗和大田集约化育苗，与现代农业相比存在技术单一、先进设备和技术利用度低、投资规模和产业集中度小、规模效益不显著等劣势，差距较大。

已实现工厂化育苗的中药材品种具有如下特征：1）种子细小且数量巨大或者产量较大容易获得；2）药材价值高，种苗成本较高市场也可以承受；3）利用集约化育苗规模化生产种苗，有效降低成本。铁皮石斛、霍山石斛和白及均具有前述3个特征，金线莲和三七具有第二个和第三个特征。由此可见，其他中药材品种若想实现工厂化育苗可以借鉴上述3个特征，特别是第二个和第三个特征。

总之，目前实现工厂化育苗的中药材品种较少，原因主要有以下几点：1）工厂化育苗种苗成本较高，限制了其在市场上的推广种植；2）现有的工厂化育苗研发基础薄弱，技术攻关不强，优良品种选育进展缓慢，导致优质和价格适中种苗欠缺；3）多数中药材品种以种植户自繁为主，通过大田育苗或简易温棚育苗实现种苗的批量供应，种植户对工厂化培育的种苗接受度低。由此可见，加大科研投入和产业化开发，利用工厂化育苗技术有效降低成本并培育出大量优质的种苗才能实现规模化推广种植。

3　中药材工厂化育苗关键技术和设备

通过分析已开展工厂化育苗的中药材品种的相关技术，以及分析有报道的中药材工厂化育苗的相关试验和技术攻关，结合现代农业的先进技术、设备和设施，现将中药材工厂化育苗已使用或可能使用的相关技术、设备和设施等的信息汇总及分析如下。

3.1　组培育苗技术

自20世纪60年代以来，组培育苗已从研究试验阶段迅速成为大批量生产种苗的工厂化方法。组培育苗技术是一种无性系繁育方式，在保证药材优良性状的同时实现种苗快速大量培育。组培育苗是工厂化育苗的核心技术之一，目前，这一技术也在石斛属药材育苗方面取得了成功。

组培育苗技术的核心是培养基的营养成分，现已发展出MS、B5、N6等多种培养基，不同植物适合的培养基也不同，经选择对比试验可以选出单个中药材品种的最适培养基成分。组培核心设备有高压蒸汽灭菌器、超净工作台、臭氧发生器等，高压蒸汽灭菌器选购的关键是安全等级和品牌影响力，核心要求是操作安全和仪表精确度；超净工作台的核心部件是空气过滤系统，要保证符合无菌接种的微生物过滤系统。

组培育苗技术由于育苗过程需要消耗大量的电能、频繁转接种苗需要大量的人工、对环境的要求高、厂房设备的折旧也高，很大程度上提高了种苗繁育成本，如铁皮石斛成苗的单株成本约0.25元，白及组培苗成苗的单株成本约0.6元。故本技术适用于繁育种子产量大或药材价值较高的中药材品种。

该技术可以快速繁育出种源纯正、脱毒、遗传性状一致的大量种苗，用于开展大田推广及植物新品种选育等工作，是现代工厂化育苗的核心技术，具有明显的快速、高效繁育种苗优势。但是，该技术提高了种苗繁育成本，因成本高，农户不愿意订购，导致大田推广困难。另外，该技术初期投入大、设备设施维护专业性强、技术要求高，导致其实际生产应用难以普及[25]。

3.2　水培育苗技术

水培是指植物根系直接与营养液接触，不用基质的栽培方法。营养液是无土栽培的关键，不同作物要求不同的营养液配方。营养液配方中，差别最大的是其中氮和钾的比例。

水培供液方式很多，有营养液膜、灌溉法、漫灌法、滴灌系统、喷雾法和人工浇灌等，归纳起来可以分为循环水系统和非循环水系统两大类。水培营养液的供应系统是水培育苗技术的关键点，要特别重视营养液供应量、时间和周期，水泵控制器的选择，营养液的过滤，营养液的添加和pH调节等环节。应选择质量可靠的厂家供应设备，可以将水泵、pH计及控制器等集成在一起，便于控制和管理[26]。

水培育苗是现代农业的新兴技术，叶菜类（包括生菜、芹菜、韭菜和西红柿）的水培生产技术已较为成熟，利用现代育苗大棚可以实现水培蔬菜的优质高产且无病害及农药残留，其生产效率已远高于大田种植。水培育苗大棚、环境控制设施等投入较大，折旧占成本主要部分，需要精细化管理、协调设施设备，有效分摊折旧成本，才可以产生规模效益，实现盈利。

该技术也有一定的局限性，特别是营养液成分

复杂，筛选适用的营养液难度大。在生产过程中，营养液管理复杂，需要不断调节营养液的pH和电导率（EC），还需做好各项防护措施，避免营养液藻类大量繁殖争夺营养和病害侵袭。该技术也同样存在设备设施维护专业性强、技术要求高，导致其实际生产成本高。

3.3　工厂化穴盘育苗和机械化精量播种技术

穴盘育苗具有育苗整齐、出苗率高、移栽容易、不伤根、可以机械化播种等有力优势。工厂化穴盘育苗是将机械化精密播种机械搬进育苗车间，为育苗的快速生产提供了保障。自动化机械播种系统是工厂化育苗过程最重要的技术，包括多个环节，分别是送料系统、基质填料系统、精量播种系统、基质覆土系统[27]。国内研究应用较成熟的是穴盘机械化自动播种机，根据工作原理不同分为气吸式播种和机械转动式播种2种。

机械转动式播种机对种子形状要求较为严格，种子需要进行处理方能使用，而气吸式播种机对种粒外形适应性相对较好，适用播种范围广，更容易与播种生产线相配套，现成为主流应用设备。气吸式播种育苗机播种速度快，可播种穴盘（200穴/盘）120盘/h，且播种深度均匀、过程易于控制，秧苗优质、整齐度高，生产过程自动化、机械化，是理想的苗盘播种育苗机械。

工厂化穴盘机械化精量播种育苗技术是现代化农业生产种苗的关键技术，可大大提高种苗繁育效率、提高自动化水平，明显减轻种苗生产中繁重的劳动强度，有效降低人工成本[28]。该技术对种子的要求较高，一些不规则或不均一的种子需要包衣处理，才可以达到精量播种的目的，这无形增加了生产成本。

4　存在的问题及建议

4.1　市场需求与供应不匹配

种苗市场上种植户对优质、价格适中的种苗需求迫切，而生产企业不能有效满足其需求，生产出的种苗存在质量标准欠缺或不完善、种苗成本较高、优良品种缺乏、品牌影响力弱等突出问题。这就需要种苗生产企业牢固树立质量优先意识，建立健全相应种苗标准，通过科研攻关完善工艺和有效降低成本，不断增强服务意识，树立起牢固的品牌影响力。这样才能生产出满足市场需要的优质产品，实现公司的规模和经济效益最大化。

4.2　生产规模小，工厂化程度不高

目前，相当一部分工厂化育苗企业规模还较小，且自动化程度较低，无法形成规模化效应，劳动力成本投入大、设备质量不一、协调性差、生产效益低等共性问题严重制约着工厂化育苗行业的健康发展。

建议加大扶持力度和资金投入，培育大型企业。目前，国内中药材工厂化育苗还处于发展阶段，基础较弱，技术和设施还不完善，仅依靠社会资本的投入无法满足产业发展的需要，还需获得政府的大力支持（包括基础设施建设、项目补贴、贷款贴息等措施和手段），有力推动工厂化育苗行业做大做强，满足社会对优质中药材种苗的迫切需求。

4.3　设施设备成本高，投资成本大

工厂化育苗集成了智能控制、设施工程、生命科学和现代管理等技术，但在实际生产过程中所需的播种生产线等关键设备和配套设施价格昂贵，开展大规模工厂化育苗初期投入很高，这在一定程度上限制了该技术的发展。

建议前期做好各项论证，保障所购设备的适用性和可靠性，研究各设备、设施之间的协调与配合，使所购设备、设施能良好地投入运行，以尽快产出效益、收回成本。

4.4　研发技术不成熟，关键技术有待突破

国内研发的育苗设备和设施虽然价格较低，但往往性能差强人意且配套性差、故障较多。例如，育苗播种机械属于核心设备，基于中药材种子的多样性，该设备多存在播种效益不高的问题，漏播、重播、少播现象较为常见，播种质量不稳定。

同时，育苗所用基质的研究较少，不同批次间质量差异大，导致基质使用效果不稳定。对于基质的重复利用技术攻关缺乏。基质在重复利用前的处理方法、合理的消毒和灭菌方法研究不足，导致育苗产出不稳定，严重影响了经济效益[29]。

应加大科研投入，加强科研院所与育苗企业的合作，实现资源优势互补，让育苗企业在生产中遇到问题时能及时与科研人员沟通并进行联合攻关，达到优势互补，使科技成果快速转化为生产力，加快关键设备和技术的开发，提高设备的精度和可靠性，利用技术降低育苗的生产成本。

5　发展趋势

5.1　生产工艺和技术的标准化是实现中药材工厂化育苗生产的关键

工厂化育苗技术集成度高、工艺较多、对人员的要求较高，为保障种苗质量，需要对整个生产流程严格把控、精细管理，而将相关的生产工艺和操作流程规范化和标准化是解决上述高要求的最好方法。实现相关工艺和流程的标准化也是有效降低种苗成本和实现常年安全生产的保障措施。

5.2　中药材工厂化育苗将以设备、设施和技术等协同配合促进发展

中国的工厂化育苗将从分散、落后向规模化、集约化生产转变，设备、工艺和技术将协同配合、协调发展。机械化、自动化、信息化的“三化”结合将成为未来工厂化育苗的发展方向[30]。从设备到设施，整个育苗系统将更集约化，管理也将更趋于智能化，而生产工艺各流程技术体系的协同与完善将有力地促进工厂化育苗的健康、快速发展。

5.3　大型化、专业化是未来的发展方向

工厂化育苗的优势之一就是利用规模效应达到降低单位产品生产成本和提高生产效率的目的，规模小不能充分发挥出育苗设备、设施的效率，专业化的设备、设施可以实现自动化、智能化精确控制，降低人力成本和运行成本，更高效地提升生产力。

参考文献

[1]　郝金魁，张西群，齐新，等. 工厂化育苗技术现状与发展对策[J]. 江苏农业科学，2012，40(1)：349-351.

[2]　王莉. 中国工厂化育苗生产现状与发展[J]. 农业工程技术(温室园艺)，2017，37(4)：15-19.

[3]　王敏珍，李书民，李俊. 中药材工厂化快繁育苗技术[J]. 农业工程技术(温室园艺)，2009，29(10)：46-47.

[4]　孔凡真. 药用植物栽培工厂是未来的发展趋势[J]. 中国现代中药，2005，7(12)：46.

[5]　赵菊润，张治国. 铁皮石斛产业发展现状与对策[J]. 中国现代中药，2014，16(4)：277-279，286.

[6]　戴亚峰，李诚，王诗文，等. 霍山石斛产业发展现状[J]. 安徽农业科学，2018，46(27)：202-204.

[7]　牛俊峰，王喆之. 白及种子直播繁育新方法[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版)，2016，44(4)：83-89.

[8]　李泽生，白燕冰，高燕，等. 石斛组培工厂化育苗成本核算[J]. 中国热带农业，2011，40(3)：24-26.

[9]　胡金全，王国发，姚占民，等. 高品质铁皮石斛工厂化育苗关键技术研究[J]. 农业与技术，2016，36(13)：10-13.

[10]　李小丽，李弟. 石斛兰组培苗工厂化育苗管理技术总结[J]. 热带林业，2008，36(2)：46-48.

[11]　陈潇倩. 铁皮石斛工厂化生产技术研究[D]. 福州：福建农林大学，2016.

[12]　李向东，成彦武，周海燕，等. 霍山石斛的种源鉴定及种植产业发展现状考察报告[J]. 中国现代中药，2015，17(6)：525-528，532.

[13]　李静，毛礼和. 霍山县石斛产业发展现状及对策建议[J]. 安徽农学通报，2019，25(9)：103-111.

[14]　曹建新，姜远标，张朝玉. 药用植物白及研究进展[J]. 林业调查规划，2016，41(3)：29-32.

[15]　张洁，王军晶，方小波，等. 贵州道地药材白芨工厂化育苗技术[J]. 种子，2014，33(3)：114-115.

[16]　庞文波，钟能. 试析贵州道地药材白芨工厂化育苗技术[J]. 农业与技术，2015，35(6)：74.

[17]　刘丹. 福建戴云山金线莲工厂化育苗关键技术研究[D]. 福州：福建农林大学，2013.

[18]　张月娇. 台湾金线莲组培工厂化育苗技术研究[J]. 湖北林业科技，2011，170(4)：26-28，31.

[19]　汤珺琳. 福建省金线莲产业化现状及市场开发策略分析[D]. 福州：福建农林大学，2016.

[20]　杨文彩，朱有勇，杜迁，等. 云南三七工厂化育苗工程技术体系分析[J]. 南方农业学报，2012，43(12)：2069-2073.

[21]　杨文彩，朱有勇，杜迁，等. 基于农机农艺融合的三七机械化精密播种系统研究[J]. 广东农业科学，2014，41(2)：175-180.

[22]　张晓伟，王小峰，周昌华，等. 半夏工厂化育苗技术体系研究初探[J]. 中草药，2007，38(3)：432-435.

[23]　魏莉霞，漆燕玲，龚成文，等. 秦艽工厂化育苗与大田移栽技术研究初报[J]. 中国农学通报，2007，23(12)：194-197.

[24]　霍国琴，李书民，王凌云，等. 中药材工厂化立体育苗新技术[J]. 现代种业，2003(3)：18.

[25]　鲍顺淑，张成波，马承伟. 药用植物工厂化栽培探讨[J]. 中国现代中药，2005，7(5)：39-42

[26]　赵有生，于海业. 国外工厂化育苗发展现状及其启示[J]. 世界农业，2009，368(12)：47-48.

[27]　于亚波，伍萍辉，冯青春，等. 我国蔬菜育苗装备研究应用现状及发展对策[J]. 农机化研究，2017(6)：1-6.

[28]　张俊杰，张西群，彭发智，等. 蔬菜工厂化播种育苗技术及应用前景[J]. 河北农业科学，2013，17(4)：20-23.

[29]　柴文臣，阎世江，张微. 蔬菜工厂化育苗关键技术研究现状与对策[J]. 山西农业科学，2017，45(7)：1188-1192.

[30]　郑刚，刘佳，聂晓波，等. 设施蔬菜工厂化育苗技术和设备应用[J]. 温室园艺，2019(4)：60-65.

(收稿日期：2020-08-05　编辑：戴玮)