

# 新兴林粮——黄精产业发展战略研究

斯金平<sup>1</sup>, 裘雨虹<sup>1</sup>, 孙云娟<sup>2</sup>, 刘京晶<sup>1</sup>, 陈东红<sup>1</sup>, 石艳<sup>1</sup>, 蒋剑春<sup>2\*</sup>

(1. 浙江农林大学黄精产业国家创新联盟, 杭州 311300; 2. 中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 南京 210042)

**摘要:** 当前, 全球粮食安全形势复杂严峻, 与饮食相关的慢性疾病普遍存在, “以健康为中心” “营养多元” “食物即药物” 等观点成为普遍共识; 利用农业生物多样性来探寻高产且有营养的新一代作物成为国际潮流, 黄精具有明显的特色和优势。本文从充分发挥黄精潜能的角度出发, 系统总结了黄精食药历史、黄精林粮营养与功效的物质基础、黄精资源分布与粮食生产潜力。现有研究发现, 黄精不含淀粉, 富含结构复杂、易降解、有能量的果聚糖等营养功效物质, 能够服务生命健康; 适合林下栽培或与玉米套种, 不占良田、不争林地, 产能潜力极大, 可用于保障粮食安全; 适合广大农户种植和加工, 经济效益良好, 有利于实现共同富裕。为解决黄精林粮产业存在的基础科学研究薄弱、应用技术支持不足、文化传承与政策支持滞后等问题, 需加强黄精基础科学研究、强化黄精全产业链应用技术研究, 同时将黄精生产列入木本粮油政策资金保障体系, 将黄精应用纳入医疗保健与人口健康规划, 将黄精产业列为乡村振兴和共同富裕的重要举措, 构建完备的黄精全产业链创新应用体系。

**关键词:** 黄精; 森林粮食; 营养成分; 功效成分; 生物经济

**中图分类号:** F316; R931 **文献标识码:** A

## Development Strategy of Huangjing Industry

Si Jinping<sup>1</sup>, Qiu Yuhong<sup>1</sup>, Sun Yunjuan<sup>2</sup>, Liu Jingjing<sup>1</sup>, Chen Donghong<sup>1</sup>,  
Shi Yan<sup>1</sup>, Jiang Jianchun<sup>2\*</sup>

(1. National Innovation Alliance of Huangjing Industry, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China; 2. Institute of Chemical Industry of Forest Products, Chinese Academy of Forestry, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** Currently, the situation of global food security is complicated and severe, and diet-derived chronic diseases are sweeping the world. Meanwhile, the views of “health-centered”, “nutritional diversity”, and “Food is Medicine” have become the general consensus. Using agricultural biodiversity to explore a new generation of crops that are both high-yield and nutritious has become an international trend, and Huangjing (i. e., *Polygonati rhizoma*) has notable characteristics and advantages. To fully unleash the potentials of Huangjing, this study systematically summarizes its history as both food and medicine, material basis of nutrition and efficacy as forest grain, as well as resource distribution and food production potentials. Huangjing does not contain starch, but rich in nutrients such as fructans with a complex structure, easy degradation, and energy, which is vital for serving life and health. Huangjing is suitable for in-forest planting or intercropping with maize and does not take up the farmland or compete for forest land. It has enormous production capacities and is crucial for ensuring food security. Huangjing is suitable for planting and processing in thousands of households, with good economic benefits, and is of great significance for achieving common prosperity. However, the Huangjing industry of China currently faces multiple challenges in terms of basic research, application technologies, as well as cultural heritage and policy support. Therefore, it is necessary to strengthen research on the basic sciences and application

收稿日期: 2023-09-28; 修回日期: 2023-10-25

通讯作者: \*蒋剑春, 中国林业科学研究院林产化学工业研究所研究员, 中国工程院院士, 研究方向为林产化工; E-mail: jiangjc@icifp.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“加快新兴‘林粮’特色产业发展战略研究”(2022-XY-140)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

technologies of the industry. Meanwhile, we suggest to incorporate Huangjing production into the policy and funding guarantee system for woody grain and oil, integrate Huangjing application into the healthcare and population health planning, and regard the Huangjing industry as an important carrier for rural revitalization and common prosperity, thus to establish a complete innovation and application system covering the entire industrial chain.

**Keywords:** Huangjing; forest grain; nutrient content; functional component; bioeconomy

## 一、前言

21世纪,人类遇到了百年变局、世纪疫情、地区冲突和自然灾害等前所未有的挑战,全球粮食安全形势复杂严峻。2022年全世界有6.91亿~7.83亿人面临饥饿,较2019年增加了1.22亿人<sup>[1]</sup>。我国虽然解决了温饱问题,但是每年需进口粮食 $1 \times 10^8$  t以上<sup>[2]</sup>,确保谷物基本自给、口粮绝对安全是头等大事。同时,全球超过31亿人无力负担健康膳食,约20亿人遭受隐性饥饿(营养素摄入不足或营养失衡),我国约有3亿人遭受隐性饥饿<sup>[1,3]</sup>。糖尿病、心脑血管疾病、癌症等慢性疾病的发生约有70%与隐性饥饿有关,因膳食不健康而患病甚至死亡的问题将更为凸显<sup>[3,4]</sup>。因此,联合国粮食及农业组织等正在利用农业生物多样性来探寻既高产又有营养的新一代作物<sup>[5,6]</sup>。

黄精始载于《神农本草经》,在我国已经有2000多年的食药用历史,久服轻身、延年、不饥;“九蒸九曝可以代粮”<sup>[7]</sup>。现有研究发现,黄精根茎不含淀粉<sup>[8]</sup>,富含复杂结构的果聚糖,口感好、营养多元<sup>[8,9]</sup>、食用安全<sup>[10]</sup>;适合亚热带、温带、寒温带广泛种植,特别是林下种植,不占良田、不争林地,是一种能解决显性饥饿与隐性饥饿问题的拥有较大发展潜力的作物<sup>[5,11]</sup>。

鉴于国内外的粮食安全和营养状况、黄精的特色和优势,本文系统地总结了黄精的食药用历史、黄精林粮的物质基础与生产潜力,明确黄精在服务生命健康、保障粮食安全、推进共同富裕等方面的战略意义,凝练黄精产业存在的问题,提出技术发展路径与发展建议,以期为解决国内外粮食安全和营养问题提供一条新的路径。

## 二、黄精的食药用历史、物质基础与产业潜力

### (一) 黄精的食药用历史

《博物志》记载,昔黄帝问天老曰:天地所生,岂有食之不死乎?天老曰:太阳之草曰黄精,饵之

可以长生。黄精的食用历史长达5000年。《神农本草经》首次记载了黄精属食药用历史:久服去面黑黧,好颜色,润泽,轻身,不老。《名医别录》进一步明确其功效:主补中益气,除风湿,安五脏,久服轻身、延年、不饥,其后历代本草均沿续至今。《抱朴子内篇》记载:服黄精仅十年,乃可大得其益耳。黄精甘美易食,凶年可以与老小休粮,人不能别之,谓为米脯也。《食疗本草》首次记载“九蒸九曝”“饵黄精,能老不饥”“其生者,若初服,只可一寸半,渐渐增之。十日不食,能长服之,止三尺五寸”“根、叶、花、实,皆可食之”,《证类本草》记载:“黄精,宽中益气,五脏调良,肌肉充盛,骨体坚强,其力倍,多年不老,颜色鲜明,发白更黑,齿落更生”。《本草纲目》集历代本草记载:“黄精为服食要药,以其得坤土之精粹,故谓之黄精”“九蒸九曝,可以代粮,又名米脯”<sup>[7]</sup>。

黄精是现行法定的食药同源物质,2002年列入卫生部公布的86种《既是食品又是药品的物品名单》(卫法监发〔2002〕51号);2020年版《中国药典》载:黄精,补气养阴、健脾、润肺、益肾,用于脾胃气虚、体倦乏力、胃阴不足、口干食少、肺虚燥咳、劳嗽咳血、精血不足、腰膝酸软、须发早白、内热消渴。现代医学认为,黄精具有调节肠道菌群、提高免疫力、调节血糖、抗病毒、抗菌、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、降血脂、抗疲劳、保护神经、预防骨质疏松、抗辐射等功效<sup>[12]</sup>。

### (二) 黄精林粮的物质基础

黄精根茎与水稻、小麦、玉米、土豆、番薯等主要粮食作物的碳水化合物含量相当,约为65%~90%,但黄精根茎中碳水化合物主要为果聚糖,而主要粮食作物则为淀粉<sup>[9,12,13]</sup>。果聚糖是植物三大营养储存碳水化合物之一,约15%的被子植物以果聚糖为营养储存物质<sup>[14]</sup>。现有的观点普遍认为菊粉(有葡萄糖末端的 $\beta$ -2,1连接的果糖聚合物)是果聚糖的代表并被作为膳食纤维的代表。而黄精果聚糖是一类包含低聚合度与高聚合度、结构复杂的果聚

糖（以 $\beta$ -2,1和 $\beta$ -2,6键连接果糖基单元并具有内部葡萄糖残基的果糖聚合物）<sup>[9]</sup>。黄精适当加热能降解产生约30%的低聚果糖<sup>[13]</sup>，约38%的果糖<sup>[12]</sup>，除具有膳食纤维功能外，更是一种低热量、营养全面的食物。

蛋白质也是黄精根茎的主要营养成分之一，含量为6.7%~11.6%，与主要粮食作物相当，含有8种必需氨基酸，且精氨酸、亮氨酸、苏氨酸、甘氨酸和赖氨酸含量较高<sup>[15]</sup>。黄精根茎中含有一定的脂肪，多花黄精生品脂肪含量为1.2%，制品为0.8%，与大米（0.9%）、土豆（0.5%）、地瓜（0.8%）含量相当<sup>[16]</sup>。黄精根茎中含有丰富的矿质元素，常量元素Ca为4.7 mg/g，P为2.6 mg/g，K为4.2 mg/g，Na为0.02 mg/g，Mg为0.62 mg/g，Fe为0.12 mg/g；重金属含量均符合《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》<sup>[15]</sup>。

黄精中的次生代谢物主要包括皂苷、黄酮和生物碱等。其中甾体皂苷总含量为2.73%~5.01%，三萜皂苷总含量为1.3%~5.0%<sup>[15,17]</sup>。目前国内外已从黄精属植物分离得到的甾体皂苷124个、三萜皂苷21个。黄精根茎中总黄酮含量为0.13%~0.19%，分离得到黄酮27种，主要类型有黄酮类、黄酮醇类、二氢黄酮类、异黄酮类和高异黄酮类<sup>[9]</sup>。黄精根茎还含有一定的生物碱，主要为吲哚嗪类生物碱和酰胺类生物碱<sup>[18]</sup>。

黄精不仅营养多元，而且食用安全。2000多年来，历代本草均记载宜久服，《本草品汇精要》将其列为上品之上、草部第一，未见不宜人群报道。研究表明，对黄精属植物的急性毒性（64.5 g/kg）、慢性毒性6个月试验（51.6 g/kg），没有出现动物异常体征或死亡；遗传毒性也没有在小鼠的艾姆斯（Ames）试验、骨髓微核试验和精子畸形试验中发现<sup>[10]</sup>。

### （三）黄精资源分布与生产潜力

黄精在约2000万年前起源于横断山—喜马拉雅地区，野生资源在北半球温带地区广泛分布<sup>[19]</sup>。我国是世界上黄精的进化与分布中心，全球的黄精属植物约有60种，广泛分布于北半球亚热带、温带、寒温带；我国自然分布约有39种（特有种为20种）<sup>[20]</sup>，我国各地均有自然分布或人工栽培的黄精属植物。

《中华人民共和国药典》（2020年版）法定的药

材黄精有3种基原物种，黄精（*Polygonatum sibiricum* Red.）、多花黄精（*P. cyrtonema* Hua）和滇黄精（*P. kingianum* Coll.et Hemsl.），基本涵盖了全国适合人工经营的区域，其中黄精产自黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西、内蒙古、宁夏、甘肃、河南、山东、安徽，多位于海拔180~2800 m处，朝鲜、蒙古和俄罗斯西伯利亚地区也有分布。多花黄精产自浙江、福建、江西、安徽、湖南、重庆、贵州、湖北、四川、河南、江苏、广东、广西，多位于海拔200~2100 m处。滇黄精产自广西、贵州、四川、重庆、云南，多位于海拔700~3600 m处，越南、缅甸、泰国也有分布；滇黄精的变种大叶滇黄精（*P. kingianum* var. *grandifolium* D. M. Liu et W. Z. Zeng），自然分布于四川、重庆、湖南、湖北等，在自然分布区和长江流域海拔200~1200 m广泛栽培<sup>[21]</sup>。

黄精自然生长于山地林下、灌丛或山坡阴面，森林中郁闭度为0.4~0.6或遮荫50%左右的透光率条件下生长良好，适宜林下和山地栽培。黄精种苗繁育可以满足规模化需求<sup>[8,22]</sup>，浙江、湖南等地的多花黄精通过规范种植、合理经营，林下种植每公顷可年产1500 kg干品、云南通过三七种植地轮作每公顷可年产6000 kg，辽宁通过玉米套种每公顷可年产3000 kg。我国有林地2.8413×10<sup>8</sup> hm<sup>2</sup>（《第三次全国国土调查主要数据公报》），2×10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>国家储备林（《国家储备林建设规划（2018—2035年）》）、超过4×10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>经济林（其中核桃7.45×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>、油茶4.59×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>）（《中国林业和草原统计年鉴2021》）、4.332×10<sup>7</sup> hm<sup>2</sup>玉米地（国家统计局2021年统计公报）都可大面积进行黄精栽培适生地的选择和套种。黄精存在天然多倍化和非整倍化现象，在生物量、耐逆性、抗病性和适应性等方面均具有优势，为倍性育种和高效栽培提供了天然材料。黄精属于多年生草本植物，无需每年播种，生长季节长，具有广泛的抗逆性，可做到一次种植永续采收，符合多样化的多年生粮食种植理念，是实现农业可持续发展的材料<sup>[23]</sup>。

## 三、发展黄精林粮产业的战略意义

### （一）黄精不含淀粉、营养多元，服务生命健康意义重大

近年来，随着与饮食相关的慢性疾病越来越



多，通过“食物即药物”的“营养多元”干预措施，实现从粮食安全向营养安全的转变已成为全球共识<sup>[24,25]</sup>。国家发展和改革委员会发布《“十四五”生物经济发展规划》，明确了生物经济的4大重点发展领域，其中一是顺应“以治病为中心”转向“以健康为中心”的新趋势，发展面向人民生命健康的生物医药；二是顺应“解决温饱”转向“营养多元”的新趋势，发展面向农业现代化的生物农业。黄精作为我国传统药食两用植物，根茎不含淀粉，富含能够提供人体所需能量的特异果聚糖和其他多元营养功效物质，具有“以食养生”“以食治病”“以药治病”等多重功效，顺应“以健康为中心”“营养多元”的生物经济时代，对推进健康中国建设、保障人民健康乃至全球健康治理均具有重大战略意义。

## （二）黄精栽培不占良田、不争林地，保障粮食安全意义重大

我国人多地少，粮食始终处于紧平衡状态。“森林四库”，积粮为库，要端稳中国饭碗。国家发展和改革委员会等发布的《关于科学利用林地资源促进木本粮油和林下经济高质量发展的意见》（发改农经〔2020〕1753号），鼓励各类社会资本进山入林，大力发展木本粮油及林下经济。事实上，在人类早期发展阶段，森林赋予了人类进化过程中所需的主要食物。在人类文明高度发达的今天，板栗、核桃、枣、茶油、榛子、竹笋、香菇、木耳等森林食品更是人们膳食的重要补充。但板栗、核桃、茶油等经济林发展空间受到林地资源的限制，香菇、木耳等需要消耗林木资源，而黄精适合林下种植，不占良田、不争林地，既减轻对耕地、林地的压力，又不消耗林木资源。

利用现有技术，如果有5%的国家储备林、经济林林下种植黄精，年产量可达 $3 \times 10^6$  t以上，约占全国薯类的10%、粮食总产量的0.5%。事实上，随着科技进步，黄精单产与栽培面积均有很大的增长空间<sup>[26]</sup>。这将为保障国家粮食安全、降低健康膳食成本、确保所有人都能公平获取更经济实惠的健康膳食开辟了一条新的路径。着眼世界范围，全球许多林地资源均有开发潜力，借助“一带一路”的辐射和推广，“藏粮于林下”的策略可以为全世界，特别是非洲地区，提供解决世界粮食问

题的中国方案。

## （三）黄精适合千家万户种植、加工，实现共同富裕意义重大

山区交通不便、山多田少、产业基础薄弱，绝大部分青壮年劳动力外出打工，农村里留下的大多是老人、妇女和儿童，这部分人受教育程度低、科技水平差、与外界联系少，再加上市场观念弱、思想意识和观念陈旧，没有特色产业；全国14个集中连片特殊困难地区和592个国家扶贫开发工作重点县主要在山区（《中国农村扶贫开发纲要（2011—2020年）》），是区域贫困的主要原因，也是推进共同富裕的难点和重点。

黄精种植技术简单、劳动强度较低，非常适合山区产业基础薄弱、科技水平差的留守老人和妇女经营。近年来，黄精干品统货在市场流通环节中的销售价格稳定保持在75元/kg，生品为15~25元/kg。发展黄精林粮套种模式，种植3000株/亩（1亩≈666.67 m<sup>2</sup>），5年采收，生产成本约1万元/亩，可产干品500 kg/亩，亩产值为3.75万元。第二轮种植种苗可以自给，成本更低，效益更好，在浙江磐安、湖南新化、江西铜鼓、重庆秀山等产区脱贫攻坚中发挥了重要作用，山区群众人均种植一亩即可巩固脱贫成果。黄精九蒸九晒产品、各种添加黄精的特色食品，也非常适合农户操作，并实现产值翻番。此外，在乡村旅游中，可推出黄精古法蒸制体验、黄精御宴体验、黄精研学等全产业链开发，推动乡村振兴、共同富裕。良好的效益极大地提高地方政府、群众、企业发展黄精产业的内生动力，福建、安徽、陕西、湖南、江西、湖北等省份先后将黄精列为“福九味”“十大皖药”“十大秦药”“赣食十味”“湘九味”“十大楚药”等进行重点发展。发展黄精产业，对推进共同富裕具有重要意义。

## 四、黄精林粮产业存在的主要问题

### （一）基础科学研究薄弱

长期以来，食药同源物质关注的重点是“以药治病”，忽视了“以食养生”“以食治病”，营养多元品质化对人类健康的作用机理探索较薄弱。黄精因其营养多元，多糖、甾体皂苷、三萜皂苷、高异黄酮、黄酮类化合物、生物碱等代谢产物起效慢等

原因,研究者很少,特色功能成分不清。此外,在食药同源物质开发研究方法上,也主要借鉴药品开发的思路,以功能成分挖掘、提取、纯化、表征为重点。事实上很多营养或功能成分(因子)的储存和传送必须借助食物载体或结构载体;载体的多尺度微结构性质直接影响功能成分的有效性,包括其在机体内的传递、释放和被吸附利用等。如水果与果汁的比较,如果仅从能量和营养成分考虑,两者没有根本的区别,但是,食用水果使人健康,食用果汁会导致肥胖、糖尿病等。从食物本质出发,以载体为基础,亟需研究黄精营养成分、多种成分协同作用、成分之间转化、饮食方式、愉悦程度、消化和吸收的效率,特别是黄精中的果糖载体对营养与安全性的影响对产业发展至关重要。

果聚糖是植物的第三大营养储存物质,禾本科和菊科植物中相对简单的果聚糖合成与代谢机理已基本研究清楚,而“久服轻身、延年、不饥”的黄精果聚糖一级结构与合成机理至今尚不清楚,比一级结构更重要的高级结构和介观尺度的代谢酶种类与调控机制、构效关系研究更是空白。

## (二) 应用技术支撑不足

黄精虽然已有2000余年的食用和药用历史,但在种质资源保护、良种选育、高效栽培等方面应用技术支撑不足。

目前,市场上流通的商品除了黄精、多花黄精和滇黄精3种药典基原物种外,还有卷叶黄精(*P. cirrhifolium* (Wall.) Royle)、轮叶黄精(*P. verticillatum* (L.) All.)、长梗黄精(*P. filipes* Merr. ex C. Jeffrey & McEwan)、湖北黄精(*P. zanlanscianense* Pamp.)、距药黄精(*P. franchetii* Hua)、点花黄精(*P. punctatum* Royle ex Kunth)和互卷黄精(*P. alternicirrhosum* Hand.-Mazz.),甚至出现非黄精属植物长叶竹根七(*Disporopsis longifolia* Craib)等;市场上少见良种供应,种苗主要利用根茎或种子繁殖,其中根茎繁殖以消耗大量的药材资源为代价并存在种性退化问题,多花黄精种子繁殖育苗周期通常需要4年,存在育苗周期长等问题,优质种苗供给已经成为限制产业发展的难题。

黄精的品质、产量对特定地理因子(海拔、经纬度、坡度等)下光、温、水、肥等单因素与多因

素的响应规律不明,黄精与林木/玉米、伴生草、根际微生物等之间的生物协同作用不清,林下栽培优质不高产等问题严重制约产业的发展。因此,亟待开展系统的基本理论和应用技术研究,让黄精回归山野林中,实现林下黄精优质高效栽培,突破产业发展瓶颈。

随着黄精种植面积的增加,病虫害的发生与危害情况必将日趋严重,成为制约我国黄精单产水平进一步提高、影响产业健康发展的瓶颈因素。常见病害主要有根腐病、锈病、叶枯病、炭疽病、叶斑病、黑斑病、茎腐病等,其中根腐病、锈病已经在部分核心产区出现毁灭性暴发。常见害虫有蛴螬、地老虎、红蜘蛛、二斑叶螨、斑腿蝗、蛴螬、稻株缘蚘等,随时都有暴发的可能。大多的病虫害发生、流行规律、防控策略均没有系统的研究,也没有专用农药。同时绝大部分黄精种植基地严重缺乏管理人才,出现病虫害往往不能准确判定,盲目用药,导致病虫害没有得到有效防治。

黄精的加工历史悠久,加工方法多达10余种,如九蒸九制法、重蒸法、孟洗制法、酒制法、黑豆共蒸法等,但各种加工工艺的相关参数至今无统一标准,如蒸制、干燥的时间与温度等,加工前后化学成分的变化、产品营养与功效的作用机制并不明确。烹饪技术、资源低碳高值化利用、智慧化加工的研究更少。

## (三) 文化传承与政策支持滞后

黄精虽然已有2000余年的食用和药用历史,但黄精与人参、三七、石斛、灵芝等中国传统“仙草”相比,文化传承与市场传播明显滞后。在规模化市场中仍未产生高认知度的品牌。

黄精在湖南新化、安徽金寨、湖北崇阳、江西铜鼓、重庆华溪村等贫困县及贫困村镇,通过“企业+合作社+基地+农户”的深度联结模式,提供长期就业岗位、持续获得黄精产业发展红利,在脱贫攻坚、乡村振兴、共同富裕中发挥了重要作用,地方政府、企业与群众发展产业内生动力强劲,已经成为林下经济的第一产业。但在国家层面没有应有的战略地位,与油茶等木本粮油相比,产业规划、研发平台、研发经费、扶持政策等支持明显滞后,远远不能满足产业发展和大众健康需求。

## 五、黄精林粮产业发展的技术路径

### （一）加强黄精基础科学研究

#### 1. 黄精品质化学与健康密码研究

深入开展中西医结合的黄精功效研究，揭示黄精健脾、润肺、益肾的功效，以及上述功效与降血脂、降血糖、减肥、调节肠道菌群、调节免疫力和延缓衰老等重要作用关系<sup>[26]</sup>。明确黄精标志物、功能因子及其信号通路，揭示黄精重要功效的品质化学与健康密码。从食物本质出发，重点研究黄精营养或功能成分（因子）借助食物载体储存和传送机理。

#### 2. 黄精复杂结构果聚糖构效与合成机理的研究

针对黄精果聚糖聚合度、分子质量、分支度、结构单元等复杂结构导致的易降解、有能量的特殊性，深入开展其一级结构、高级结构和介观尺度与免疫活性、肠道菌群等的构效关系，探索新的生物活性及其机理。利用基因组、代谢组、转录组等多组学结合，进一步揭示黄精果聚糖生物合成通路与调控机制，更好地了解黄精果聚糖在植物体内的合成与分解代谢规律，构建黄精复杂果聚糖的生物合成细胞工厂和营养强化作物。

### （二）强化黄精全产业链应用技术研究

#### 1. 加强黄精良种选育、生产、推广应用

开展黄精种质资源收集保存利用技术研究，重点产区以县（市）为调查单位开展黄精野生种质资源调查，并开展原地保存、异地保存和设施保存相结合的种质资源保存方式。围绕国家重点黄精良种基地建设方向，建立国家级黄精种质资源总库，以及滇黄精、多花黄精、鸡头黄精等为重点的省级（区域）黄精种质资源保存库，并进行科学评价与利用。开展长期育种专项科研攻关，构建育种群体，推进黄精常规育种、分子标记辅助育种、基因编辑与精准设计定向育种。建立黄精良种基地，确定为保障性苗圃，开发育苗专用容器及基质，通过“组培+容器”模式从根源上阻断根腐病，保障优良种苗的供给。

#### 2. 黄精林下和山地优质高效栽培技术研发

研究光照、温度、水分、养分等因子对黄精生长的影响，明确黄精对特定环境因子的响应规律和最适宜生长条件。重点突破林下黄精不同生长发育

时期对“光温水”的需求与立地环境（海拔、经纬度、坡向、坡度、郁闭度）的关系，揭示地上空间对黄精生长发育、抗逆性、产量品质等的影响规律，解析黄精耐阴机制，形成地上空间“生境光温水耦合”数字化管理系统。深入研究遮阳植物（储备林、特色经济林、玉米等）、伴生植物与林下黄精互作对地下空间、土壤结构、代谢物、微生物的影响，及其共同影响药材质量、产量、抗病害的机制，建立林下黄精生物协同配置技术；构建林下中药材——黄精等的栽培制度并进行评价。制定黄精食用与药用生产管理国家标准，分别规范黄精栽培环境、栽培品种、种苗繁育、栽培基质、栽培技术、病虫害防治、采收、储藏、运输等操作规程。

#### 3. 高值化利用

烹饪和炮制是将生黄精转化为粮食、食品和药品的关键。尽管黄精的加工历史悠久，加工方法多样，但至今相关工艺参数无统一规定，产品质量没有保证。“蒸、煮、煎、炒、炸”等烹饪技术的研究更少。运用代谢组学和现代药理学，深入研究根茎、花和嫩芽加工过程和配伍对性味与功效的影响，优化加工工艺，明确其营养和功效。

加强以全物料应用为基础的健康产品开发。黄精食药同源，但在过去的很长时间内，关注的重点是“以药治病”的功能成分挖掘、提取、纯化、表征，忽视了“以食养生”“以食治病”的重要性。现代医学普遍意识到很多营养或功能成分（因子）的储存和传送必须借助食物载体（或结构载体）；载体的多尺度微结构性质直接影响功能成分的有效性，包括其在机体内的传递、释放和被吸附利用等。因此对黄精功能成分的研究必须从食物本质出发，以其载体为基础，研究功能成分的功效、饮食方式、愉悦程度、消化和吸收的效率，开发全物料利用的九制蜜饯、代餐粉、饮料、饭、稀饭伴侣、面条、粉丝、馒头、饼干、月饼、粽子、酒、糖（丸）等普通食品，以及医疗定制餐、医疗定制食材、运动营养食品等特殊膳食，特别是低升糖指数黄精主食产品开发，并实现智能化、智慧化、数字化。

微生物发酵黄精体系构建及功效研究。黄精生品有麻舌感，功效不如制品，传统的九蒸九晒是黄精加工的主要手段，但其工艺程序复杂、能耗高、



原料利用率低。微生物发酵主要利用真菌和细菌发酵过程中所产生的酶,通过酶的作用将一种物质转化为另一种物质。可在常温常压下对药食同源植物中的多糖、黄酮、类固醇、生物碱、皂苷、植物甾醇和酚类等天然活性成分进行结构修饰,或使底物分子发生氧化、歧化、异构化、脂化、消旋化,从而转化为价值更高的新化合物,增强生物活性,增强降血脂、抗肿瘤、促进消化吸收和溶解纤维蛋白等作用。因此,筛选黄精强发酵菌株,比较发酵前后黄精多糖的分子量、结构与组成,黄精皂苷等核心营养功效物质的组分与特性,评价微生物发酵提升黄精降血糖活性和调节肠道菌群平衡的效果,明确活性成分的构效关系,建立绿色低碳发酵工艺,对黄精食品风味口感和功效成分的双重提高具有重要意义。

## 六、黄精林粮产业发展建议

### (一) 将黄精生产列入木本粮油政策资金保障体系

黄精林下种植不占良田、不争林地,有很好的产量,多年生不需要仓储,可以有效减轻耕地和林地的压力。建议将新兴林粮黄精列入国家战略,以更好保障国家粮食安全、解决隐性饥饿。制定相应的产业发展规划,参照油茶产业落实产业发展支持政策。按照政府引导、市场主导的原则,重点推广储备林、经济林下种植,也可进行玉米套种。

### (二) 将黄精应用纳入医疗保健与人口健康规划

根据“大食物观”,生物经济和大健康产业时代“以健康为中心”“营养多元”的发展需求,发挥黄精“以食养生”“以食疗病”“以药治病”等多重功能,将以黄精食物为基础的营养战略纳入医疗保健与人口健康规划中,建议国家相关管理部门加快实施区域中医治未病中心试点建设和重点人群中医药健康促进项目,将黄精治疗糖尿病等列为慢病管理中心重点推广工程,建立基于食物的营养计划和干预措施“金字塔”,包括医疗定制膳食/食谱、食物处方、农产品处方、政府营养安全计划和人群健康食品政策,从而满足不同群体的保健、疾病预防与治疗等健康需求。不断探索中医治未病理念融入健康维护和疾病防治全过程的路径,形成可推广的中医治未病健康工程升级模式。

### (三) 将黄精产业列为乡村振兴、共同富裕的重要举措

黄精林下、山地种植,对促进乡村振兴和共同富裕具有重要战略意义,应充分发挥政府引导、社会力量积极支持、农民群众广泛参与的工作推进机制,将黄精产业列入巩固脱贫成果、促进共同富裕的重要抓手。从全产业链角度制定相关支持政策,全面优化政策支撑体系,制定黄精产业发展土地、资金、人才等要素支撑的政策措施。支持种植规模发展与精深加工环节扶持并重,加强品种、品牌、专利等知识产权的扶持力度,提升黄精产业知识产权水平。鼓励黄精+乡村旅游,推出古法蒸制体验、黄精御宴体验、黄精研学等全产业链开发,延长黄精产业链,推动乡村振兴,实现共同富裕。

### (四) 构建完备的黄精全产业链创新应用体系

优化提升亚热带森林培育国家重点实验室、黄精产业创新联盟等科技平台,围绕黄精林粮关键核心技术的研发和系统集成,组建全国黄精重点实验室,支持建设黄精育种长期科研基地,论证和实施黄精产业国家重大科技专项和产业化项目,解决产业的重大科技问题。完善“产学研”协同和成果转化体系,积极推进企业、高校、科研院所协同合作,强化黄精产业发展创新链和产业链的有机衔接,把人才培养和科学研究成果融入社会经济发展。

#### 利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

**Received date:** September 28, 2023; **Revised date:** October 25, 2023

**Corresponding author:** Jiang Jianchun is a research fellow from the Institute of Chemical Industry of Forest Products of the Chinese Academy of Forestry Science and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is chemical industry of forest products. E-mail: jiangjc@icifp.cn

**Funding project:** Chinese Academy of Engineering project “Study on Accelerating the Development Strategy of Emerging ‘Forest Grain’ Characteristic Industries” (2022-XY-140)

#### 参考文献

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), the United Nations Children’s Fund (UNICEF), etc. The state of food security and nutrition in the world 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural-urban

- continuum [R]. Rome: FAO, IFAD, UNICEF, 2023.
- [2] 国家统计局. 中国第三产业统计年鉴—2022 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.  
National Bureau of Statistics. China third industry statistical yearbook—2022 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), the United Nations Children's Fund (UNICEF), etc. The state of food security and nutrition in the world 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable[R]. Rome: FAO, IFAD, UNICEF, 2022.
- [4] Collaborators G 2 D. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990—2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. Lancet, 2019, 393(10184): 1958–1972.
- [5] 斯金平, 朱玉贤. 黄精——一种潜力巨大且不占农田的新兴优质杂粮 [J]. 中国科学: 生命科学, 2021, 51(11): 1477–1484.  
Si J P, Zhu Y X. *Polygonati rhizoma*—A new high-quality crop with great potential and not occupying farmland [J]. SCIENTIA SINICA Vitae, 2021, 51(11): 1477–1484.
- [6] Siddique K H M, Li X, Gruber K. Rediscovering Asia's forgotten crops to fight chronic and hidden hunger [J]. Nature Plants, 2021, 7(2): 116–122.
- [7] 刘京晶, 斯金平. 黄精本草考证与启迪 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(3): 631–636.  
Liu J J, Si J P. Herbal textual research on Chinese medicine “Huangjing” (*Polygonati Rhizoma*) and some enlightenments [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(3): 631–636.
- [8] 斯金平, 刘京晶, 陈东红, 等. 黄精 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.  
Si J P, Liu J J, Chen D H, et al. *Polygonati rhizoma* [M]. Beijing: China Forestry Press, 2019.
- [9] Shi Y, Si D, Chen D H, et al. Bioactive compounds from *Polygonatum* genus as anti-diabetic agents with future perspectives [J]. Food Chemistry, 2023, 408: 135183.
- [10] Chen H, Feng R, Guo Y, et al. Toxicity studies of *Rhizoma Polygonati Odorati* [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2001, 74(3): 221–224.
- [11] Chen D H, Han Z G, Si J P. Huangjing (*Polygonati rhizoma*) is an emerging crop with great potential to fight chronic and hidden hunger [J]. Science China Life Sciences, 2021, 64(9): 1564–1566.
- [12] Shi Y, Liu J J, Si D, et al. Huangjing—From medicine to healthy food and diet [J]. Food Frontiers, 2023, 4(3): 1068–1090.
- [13] Xia J B, Zhang C R, Zhu K, et al. Identification of carbohydrate in *Polygonatum sibiricum*: Fructo-oligosaccharide was a major component [J]. Food Quality and Safety, 2023, 7: fyad029.
- [14] Vijn I, Smeekens S. Fructan: More than a reserve carbohydrate? [J]. Plant Physiology, 1999, 120(2): 351–360.
- [15] 张泽锐, 黄申, 刘京晶, 等. 多花黄精和长梗黄精花主要营养成分 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(6): 1329–1333.  
Zhang Z R, Huang S, Liu J J, et al. Main nutrients and functional ingredients in flowers of *Polygonatum cyrtonea* and *P. filipes* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(6): 1329–1333.
- [16] 杨月欣. 中国食物成分表(标准版第6版第2册) [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2019.  
Yang Y X. China food composition tables standard edition [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2019.
- [17] 李玲, 黄玉玲, 杨玉玲, 等. 滇黄精不同部位理化指标与化学成分差异性研究 [J]. 农学学报, 2021, 11(8): 70–75.  
Li L, Huang Y L, Yang Y L, et al. The difference of physicochemical indexes and chemical components in different parts of *polygonatum kingianum* [J]. Journal of Agriculture, 2021, 11(8): 70–75.
- [18] 周扬华, 李晖, 李东宾, 等. 基于指纹图谱和多成分定量分析的多花黄精质量评价研究 [J]. 中国中药杂志, 2021, 46(21): 5614–5619.  
Zhou Y H, Li H, Li D B, et al. Quality evaluation of *Polygonatum cyrtonea* based on HPLC fingerprint and multi-component quantitative analysis [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(21): 5614–5619.
- [19] Xia M Q, Liu Y, Liu J J, et al. Out of the Himalaya-Hengduan Mountains: Phylogenomics, biogeography and diversification of *Polygonatum* Mill. (Asparagaceae) in the Northern Hemisphere [J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2022, 169: 107431.
- [20] Chen X Q, Tamura M N. *Polygonatum* Miller [M]. Wu Z Y, Raven PH (Eds). Flora of China 24. Beijing: Science Press, St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2000: 223–232.
- [21] 石艳, 杨通广, 杨美森, 等. 大叶黄精——一种潜力巨大的食药两用作物 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(4): 1132–1135.  
Shi Y, Yang T G, Yang M S, et al. *Polygonati Rhizoma*: A crop with potential of being consumed as food and medicine [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2022, 47(4): 1132–1135.
- [22] 何艳, 朱玉球, 肖波, 等. 多花黄精组织培养体系的研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(10): 2032–2037.  
He Y, Zhu Y Q, Xiao B, et al. Study on tissue culture system of *Polygonatum cyrtonea* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2019, 44(10): 2032–2037.
- [23] Glover J D, Cox C M, Reganold J P. Future farming: A return to roots? [J]. Scientific American, 2007, 297(2): 82–89.
- [24] Mozaffarian D, Blanck H M, Garfield K M, et al. A Food is Medicine approach to achieve nutrition security and improve health [J]. Nature Medicine, 2022, 28(11): 2238–2240.
- [25] Downer S, Berkowitz S A, Harlan T S, et al. Food is medicine: Actions to integrate food and nutrition into healthcare [J]. BMJ, 2020, 369: m2482.
- [26] 苏文田, 刘跃钧, 蒋燕锋, 等. 黄精产业发展现状与可持续发展的建议 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(13): 2831–2835.  
Su W T, Liu Y J, Jiang Y F, et al. Status of *Polygonati Rhizome* industry and suggestion for its sustainable development [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(13): 2831–2835.