

芽苗菜研究进展

兰成云, 王俊峰, 孙杨, 缪军, 吕晓惠, 韩伟* (山东省农业科学院蔬菜花卉研究所, 国家蔬菜改良中心山东分中心, 山东省设施蔬菜生物学重点实验室, 农业部黄淮地区蔬菜科学观测实验站(山东), 济南 250100)

摘要 介绍芽苗菜在国内外的发发展现状, 总结化学手段和物理手段在芽苗菜上的应用研究进展, 阐述化学试剂对芽苗菜产量和品质的影响与其富集矿质元素的现象, 同时阐述不同光质与光周期应用对芽苗菜产量和品质的影响及其相应的分子机理, 分析芽苗菜行业存在的问题, 并对未来的研究方向进行展望。

关键词 芽苗菜; 应用技术; 展望

中图分类号 S649 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)33-0005-03

Research Progress of Bud Seedling Vegetables in China

LAN Cheng-yun, WANG Jun-feng, SUN Yang et al (Institute of Vegetables and Flowers, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100)

Abstract The development status of bud seedling vegetables was introduced at home and abroad, the research progress of the application technology of bud seedling vegetables was summarized in our country from chemical and physical methods, the influence of chemical reagents on yield and quality of bud seedling vegetables and the phenomenon of enriching mineral elements was expounded, and the influence of different light quality and light cycle on the yield and quality of bud seedling vegetables and the corresponding molecular mechanism was expounded. Finally, existing problems and development direction of bud seedling vegetables industry were discussed and the future research directions were prospected.

Key words Bud seedling vegetables; Applied technology; Prospects

芽苗菜可看作是特菜的一种, 其用于食用的部分主要以芽苗、幼茎等幼嫩的营养器官为主, 其生产方式有别于传统陆地栽培方式, 主要是在室内黑暗或光照条件下依靠植物种子中贮存的养分直接培育而来, 也有部分芽苗菜是利用植物其它营养贮存器官中累积的养分生产而来, 由于芽苗菜生产利用的植物营养来源不同, 一般可将芽苗菜划分为种芽菜和体芽菜两类^[1-2]。

芽苗菜自身营养丰富, 属于碱性食品, 部分芽苗菜更兼具一定的药用或保健价值, 由于其生产过程中基本不涉及化肥、农药投入, 基本以水培为主, 因此被认为是一种绿色无污染、食用安全的新型蔬菜^[3-4]。近年来, 随着市场的进一步推广, 芽苗菜的食用方式也开始增加, 目前芽苗菜的烹饪方式已有汤羹类(如芽苗菜肉丸子汤、芽苗菜鸡蛋汤、芽苗菜文蛤汤等)、凉菜类(如耗油芽苗菜、芽苗菜拌金针菇、芽苗菜鸡肉沙拉等)、主食类(如芽苗菜蛋炒饭、芽苗菜滑鸡粥、芽苗菜盒子饼等)以及饮料类(如麦芽汁)等。

1 芽苗菜在国内外的发发展现状

芽苗菜的栽培、食用起源于中国, 成书于秦汉时期的《神农本草经》中就已经有相关的描述。近代以来, 我国芽苗菜产业发展相对落后。20世纪90年代以前, 我国芽苗菜的生产仍处于品类单一、高人工投入的小作坊式生产模式下, 无论是生产技术还是生产设备均十分落后, 以经验生产为主,

缺乏科学的生产指导; 20世纪90年代初, 国内开始关注芽苗菜生产并对其展开系统化的研究与推广工作; 90年代中期以后, 芽苗菜的种类、生产技术和生产设备有了进一步提升, 国内对芽苗菜的消费需求开始大幅度增加, 并开始出现一批工厂化、规模化生产的芽苗菜生产厂家; 进入21世纪, 随着生产技术的进步和芽苗菜种类趋于多样化, 一些化学、生物和物理手段先后在芽苗菜生产上开展试验^[2,5-6]。随着物联网技术的进步, 芽苗菜的生产技术和生产设备将朝着更加自动化和智能化的方向发展。

对比国内的研究现状, 国外更早的将现代化技术应用于芽苗菜的生产。有学者认为, 现代化技术在芽苗菜生产上的应用最早见于日本, 后在西方国家中迅速普及。日本的芽苗菜产业以豆芽生产企业为代表, 早在20世纪90年代就已经实现了相对智能化的生产管理, 而以美国、欧盟为代表的西方发达国家的芽苗菜生产也开始走植物工厂化道路, 其生产模式已经从劳动密集型产业转为资金与技术密集型产业, 未来其生产在整合信息技术和智能化管理后将朝着无人化、无菌化的方向迈进^[4,7-8]。

2 芽苗菜应用技术研究进展

随着芽苗菜种类的持续增加, 芽苗菜逐渐成为一种动态的概念, 当前见诸报道的芽苗菜种类已经超过30种, 市面上最常见的品种也有近10种^[11]。尽管不同种类的芽苗菜生产技术不同, 但其主要栽培技术均包括选种、浸种、催芽、叠盘、上架及采收六个基本生产步骤, 不同品种栽培技术的差异主要体现在温度、湿度、光照处理和采收上, 总体上, 各品种生产的浸种时间范围维持在2~36h, 催芽天数在0~5d, 生长最适温度在18~32℃之间, 最终成苗天数在3~25d^[1,9]。研究认为, 浸泡(浸种)时间、催芽温度、播种密度、培养温度、湿度、光照强度、光周期、采收时间、采收次数是影响芽苗菜产

基金项目 山东省农业良种工程(2016LCGC035); 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2018E08)。

作者简介 兰成云(1988—), 男, 山东乳山人, 助理研究员, 农业推广硕士, 主要从事芽苗菜栽培技术与推广研究。王俊峰(1981—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事植物抗逆、种质资源、次生代谢研究。兰成云、王俊峰为文章共同第一作者。
* 通讯作者, 副研究员, 主要从事特菜种质资源优选及工厂化生产模式的研究。

收稿日期 2018-07-26; **修回日期** 2018-08-17

量和质量的关键因素,同时,为了保证芽苗菜生产用种发芽具有较大的最适温度范围,理论上芽苗菜生产用种的纯度和净度应不低于95%和97%,种子含水量不高于8%,其发芽指标应满足发芽率 $\geq 95\%$ 且应尽量选用当季种子为佳。

2.1 化学试剂在芽苗菜生产上的应用研究 在芽苗菜生产过程中,为了改善芽苗菜生长和提高芽苗菜矿质养分含量,部分化学试剂在芽苗菜生产中得到研究应用。在改善芽苗菜生长方面,蕹菜芽苗菜、香椿芽苗菜、萝卜芽苗菜喷施500 mg/L GA-3 均可显著提高其高度,改善经济产量,而6-BA 则不宜用于萝卜芽苗菜和香椿芽苗菜生产;表油菜素内酯与NaCl 协同处理、葡萄糖和赤霉素协同处理,50 mmol/L 的MgSO₄ 喷施能分别促进萝卜芽苗菜、芥蓝芽苗菜、西兰花芽苗菜中主要生物活性物质含量和抗氧化能力;以0.8 mg/L 外源SNP 处理过种子后的香椿芽苗菜的发芽势、发芽率、干重、鲜重、芽长、根长等生长指标均得到极大改善^[16-22]。

另一方面,有学者从提高芽苗菜矿质元素含量的角度进行了研究,并对芽苗菜矿质元素的富集作用加以探讨。研究表明,萝卜芽苗菜、豌豆芽苗菜和黄豆芽苗菜均能富集碘素并且萝卜芽苗菜表现出主动吸收的特点,对碘素的富集能力最强;当Zn 浓度在0.1~0.5 mg/L、Fe 浓度在0~35 mg/L 范围内时,黄豆、绿豆、苜蓿、马兰头、苋菜、萝卜、苦荞麦、籽粒苋八种芽苗菜体内两种元素的积累量与二者浓度呈良好的正相关性;在外源硒的质量浓度达到150mg/L 时,豌豆芽苗菜富集硒元素的能力达到峰值^[23-27]。

此外,也有学者从胁迫的角度对芽苗菜体内某些营养成分的富集现象进行了报道,为保健类芽苗菜的生产提供了一定的理论基础与技术支撑。研究表明,外源Ca²⁺ 可降低低氧联合NaCl 胁迫对苦荞芽生长的抑制作用并最终导致其体内 γ -氨基丁酸的富集;适当盐胁迫可促进荞麦芽苗菜可溶性蛋白含量、黄酮含量的增加,水分胁迫则有利于荞麦芽苗菜总黄酮和芦丁含量的增加^[28-30]。以上研究为利用化学手段改良芽苗菜品质提供了一定的理论依据和技术支撑。

2.2 光质在芽苗菜生产上的应用及其机理研究 在早期的芽苗菜生产过程中,由于市场需求与生产条件所限,一些植物生长调节剂与添加某些微量元素的营养液或药剂的使用并不鲜见,由于其在改善芽苗菜生长上的效用明显,时至今日仍被一些小作坊、小工厂所青睐。然而,未来以绿色、无公害食品为标签的芽苗菜生产过程中应禁止利用化学手段对芽苗菜生长进行干预,尽管化学手段能在短时间内改善芽苗菜的生长状况、富集矿质元素、增强芽苗菜的保健功能,但鉴于芽苗菜生长周期较短,恐易造成化学药品在芽苗菜体内积累,这与芽苗菜绿色生产的初衷相悖。因此,与化学手段相比,物理手段与生物手段是芽苗菜无公害生产研究的重要方向。近年来,光质与光周期在芽苗菜生产上的应用及其机理研究取得了长足的进步^[31-32]。

研究表明,黄光、绿光、蓝光、红光、紫外光(UV-A、UV-B)照射均可应用于萝卜芽苗菜生产。其中,黄光、绿光、蓝光、红光均可促进萝卜芽苗菜植株生长;蓝光与UV-B 还能

提高萝卜芽苗菜过氧化物酶活性、苯丙氨酸解氨酶活性及总酚类物质含量,红光能提高过氧化氢酶活性,而UV-A 尽管能显著降低萝卜芽苗菜下胚轴长度,却能提高其抗氧化酶活性和VC 含量,进一步研究认为,UV-A 照射是通过提高萝卜芽苗菜L-半乳糖途径相关基因表达量及GLDH 酶活性来提高萝卜芽苗菜中的VC 含量^[33-35]。

在香椿芽苗菜上的相关研究表明,白光、黄光、蓝光、红光及红蓝混合光均能对其品质和产量产生影响。白光照射可提高香椿芽苗菜可食干质量、全株干质量、可食率以及VC、可溶性糖、总黄酮含量(黄光次之),红光照射能提高芽苗花青苷(黄光次之)和粗纤维含量,抑制硝酸盐积累,但也降低了氨基酸含量,而蓝光和红蓝混合光则能一方面促进香椿芽苗菜可溶性蛋白、氨基酸和总黄酮含量,另一方面降低粗纤维、硝酸盐和单宁含量,总体认为,白光、蓝光和红蓝混合光照射在香椿芽苗菜上应用效果最佳。此外,有学者研究了蓝光照射在苜蓿芽苗菜上的应用效果,得到了和上述一致的结论^[36-38]。

为了进一步探讨光照强度和光周期在芽苗菜上的应用效果,有学者在给出蓝光和红光混合可作为豌豆芽苗菜生长的最适光源的基础上,进一步研究表明,利用LED 红光:蓝光=3:1和红光:绿光:蓝光=6:2:1复合光是豌豆芽苗菜生产的适宜复合光谱。在黑豆芽苗菜上的光照强度试验结果表明,当光照强度在3~9 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时有利于改善黑豆芽苗菜的生长和部分营养品质。同时,也有学者设定在光照强度23 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、光周期14 h/d 和温度(25 \pm 2)℃ 的条件下探讨红光、黄光、UV-B 和蓝光对油葵芽苗菜的影响,结果表明四种光质对油葵芽苗菜生长(红光处理能显著提高子叶面积和下胚轴直径,UV-B 能提高下胚轴长度,而黄光对根长有抑制效果)和品质(红光处理能增加淀粉含量、叶绿素总量/类胡萝卜素含量,黄光能促进游离氨基酸的积累,蓝光能显著提高其干物质、可溶性蛋白含量、过氧化物酶及过氧化氢酶活性,UV-B 则提高了超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性)的影响各不相同,总体上红光照射有利于油葵芽苗菜生长及品质提升^[39-42]。上述结果为构建芽苗菜不同品种、不同生长时期以及不同生产需求的光照系统提供了理论基础,是芽苗菜植物工厂必不可缺的技术支撑。

对大豆芽苗菜选用不同的光质进行照射结果表明,不同光质照射能影响大豆芽苗菜体内营养物质含量,进一步探究其分子机理表明,不同光质能引起大豆芽苗菜体内不同营养物质合成途径相关基因、光受体基因表达量及其合成相关酶活性改变是造成相应试验结果的主要原因^[43-46]。在对萝卜芽苗菜施加HO-1 导致其花青苷积累的现象中,最终萝卜芽苗菜花青苷的合成途径关键基因表达量的增加也同样支持上述观点^[47]。

3 问题与展望

我国芽苗菜生产经历了从单一到多样、从经验摸索到科学指导的发展过程,近年来,随着相关研究的深入、对国外生产技术的借鉴以及新技术的引入应用,我国芽苗菜生产开始

向规模化、工厂化、智能化方面逐步迈进,与国外的差距也将进一步缩小,但这并不代表我国芽苗菜生产存在的问题得到了有效解决。

当前有关芽苗菜生产的小作坊、小工厂仍然普遍存在且数量还在增加。小作坊、小工厂往往缺乏规模化的基础生产设备而以大量人工投入为主,其成品往往存在外观品质参差不齐及不同程度的食品安全问题,导致其产品始终无法迈入高档蔬菜门槛,价格趋向低廉。如何改良芽苗菜生产的低端模式,促进芽苗菜产业改造升级已经是芽苗菜产业亟待解决的问题。

芽苗菜生产条件与大田作物不同,其对生长环境指标的要求相对苛刻,其发展方向为植物工厂,如何结合不同品种的芽苗菜生产技术形成相应的设备解决方案并使所有方案最终归于自动化、智能化统一管理是决定芽苗菜最终能否实现植物工厂化的关键。因此,未来有关芽苗菜植物工厂生产设备应用与改进研究、芽苗菜生产的数字化、信息化管理研究、芽苗菜植物工厂废弃物循环再利用研究、芽苗菜植物工厂构建技术集成与推广等领域将成为芽苗菜领域的研究热点。

参考文献

- [1] 张德纯,王德槟. 芽苗菜生产及展望[J]. 中国食物与营养,2003(1):25-26.
- [2] 冯玉珠,刘晶芝,闫峰. 芽苗类蔬菜的种类和食用价值[J]. 安徽农业科学,2007,35(18):5418.
- [3] 刘桂兰. 无公害芽苗菜营养价值分析[J]. 现代农村科技,2009(2):20.
- [4] 谷建田,张德纯,王德槟,等. 芽苗菜的种类、作用与前景[J]. 现代农业,1998(10):8-9.
- [5] 杨风军,臧忠婧,王彦宏,等. 黑龙江省芽苗菜生产现状与分析[J]. 长江蔬菜,2013(12):67-69.
- [6] 李宗哲,李德远,苏丹,等. 我国芽苗菜生产现状及发展对策研究[J]. 食品研究与开发,2015,36(23):193-196.
- [7] 康玉凡,陶礼明,毛振宾,等. 国际芽菜产业发展快速 行业组织起推动作用[J]. 长江蔬菜,2012(20):115-117.
- [8] 李桂华. 我国特菜发展历史现状及展望[J]. 北方园艺,1997(2):33-34.
- [9] 杨红梅. 芽苗菜生产通用技术[J]. 农业与技术,2015,35(6):113-114.
- [10] 芦燕. 不同浸种时间对小扁豆芽菜生长的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2017,48(4):487-490.
- [11] 胡喜巧,杨文平,黄玲,等. 温度对红花芽菜生长特性及有效成分的影响[J]. 西北农业学报,2017(10):1507-1512.
- [12] 韩东苗,梁翠珠,周莹,等. 培养条件对辣木种子萌发和芽苗菜产率的影响[J]. 南方农业,2017,11(22):38-40.
- [13] 周敏,周文美,吴沿友,等. 不同处理对诸葛芽苗菜生长及品质影响的研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版),2017,34(3):30-34.
- [14] 李欢. 不同培养条件及采收次数对水培甘薯芽菜品质影响的研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2015.
- [15] 中华人民共和国农业部. 无公害食品 绿化型芽苗菜生产技术规程: NY/T 5212—2004[S]. 北京:中央编译出版社,2004.
- [16] 张静,杜庆平,汤鹏先,等. 赤霉素对薤菜芽苗菜生长影响[J]. 北方园艺,2011(22):33-35.
- [17] 刘峻蓉. 不同浓度的 GA₃ 和 6-BA 对香椿芽苗菜生长的影响[J]. 中国果菜,2004(6):26-27.
- [18] 韩秋香,马永生. 喷施生长调节剂对萝卜芽菜生长和产量的影响[J].

- 吉林蔬菜,2007(2):57-58.
- [19] 初婷,彭畅,郭丽萍. MgSO₄ 处理对西兰花芽苗菜生理活性物质和抗氧化能力的影响[J]. 食品科学,2018,39(11):53-59.
- [20] 蔡从希,侯秋梅,汪炳良,等. 油菜素甾醇对萝卜芽菜生物活性物质的影响[J]. 核农学报,2017,31(7):1419-1425.
- [21] MIAO H Y, WANG M Y, CHANG J Q, et al. Effects of glucose and gibberellic acid on glucosinolate content and antioxidant properties of Chinese kale sprouts[J]. Journal of Zhejiang University-Science B,2017,18(12):1093-1100.
- [22] 穆红梅,董仲国,杨鑫,等. 外源一氧化氮对香椿芽苗菜种子发芽及生长的影响[J]. 聊城大学学报(自然科学版),2017,24(3):83-86.
- [23] 刘志敏. 钙、碘对芽苗蔬菜的生理效应和芽苗蔬菜对钙、碘的富集现象及机理研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2001.
- [24] 陈尚钊,邱业先. 不同锌铁浓度营养液对芽菜锌铁积累的影响[J]. 长江蔬菜,2005(11):43-44.
- [25] 窠羿,刘懿,张平,等. Na₂Fe-EDTA 对萝卜芽苗菜富铁影响的试验研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2008,28(4):19-22.
- [26] 刘懿,窠羿,张平,等. 不同质量浓度锌对萝卜芽苗菜生长及锌含量的影响[J]. 科技信息,2008(29):327.
- [27] 吴正景,王少先,蒋燕,等. 不同质量浓度亚硒酸钠对豌豆芽苗菜生长及硒含量的影响[J]. 广东微量元素科学,2004,11(12):35-38.
- [28] 朱云辉,郭元新,杜传来,等. 低氧联合 NaCl 胁迫下外源 Ca₂+对发芽苦芥 γ-氨基丁酸富集的影响[J]. 中国粮油学报,2017,32(1):17-23.
- [29] 万燕,向达兵,曾雪玲,等. 盐胁迫对苦芥芽菜产量及黄酮含量的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(7):328-332.
- [30] 蔡娜,淡荣,陈鹏. 水分胁迫对苦芥幼苗黄酮类物质含量的影响[J]. 西北农业学报,2008,17(4):91-93.
- [31] 马超,张欢,郭银生,等. LED 在芽苗菜生产中的应用及前景[J]. 中国蔬菜,2010(20):9-13.
- [32] 中华人民共和国农业部. 绿色食品 芽苗类蔬菜: NY/T 1325—2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [33] 孙丽,张静祯,刘振威,等. 不同光质对萝卜芽苗菜生长和品质的影响[J]. 资源开发与市场,2015,31(3):257-261.
- [34] 鲁燕舞,张晓燕,耿殿祥,等. 光质对萝卜芽苗菜总酚类物质含量及抗氧化能力的影响[J]. 园艺学报,2014,41(3):545-552.
- [35] 耿殿祥,魏圣军,苏娜娜,等. 长波紫外线对萝卜芽苗菜抗坏血酸合成的影响[J]. 营养学报,2015,37(4):350-355.
- [36] 刘素慧,张立伟. 红蓝光质对香椿芽苗菜营养品质的影响[J]. 中国农业气象,2015,36(3):306-312.
- [37] 鲁燕舞,唐丽,张晓燕,等. 光质对香椿芽苗菜生长和营养品质的影响[J]. 营养学报,2014,36(2):188-192.
- [38] 唐丽,鲁燕舞,崔瑾. 光质对苜蓿芽苗菜营养品质和抗氧化特性的影响[J]. 食品科学,2014,35(13):32-36.
- [39] 耿灵灵,陈涛涛,李群三,等. LED 红蓝复合光对豌豆芽苗菜产量和营养品质的影响[J]. 福建农业学报,2017,32(10):1091-1095.
- [40] 汪玉洁,郑胤建,苏蔚,等. 不同光质对豌豆芽苗菜生长和品质的影响[J]. 广东农业科学,2013(24):32-34.
- [41] 张毅华,张晓燕,崔瑾. 光强对黑豆芽苗菜生长和营养品质的影响[J]. 中国蔬菜,2013(16):49-54.
- [42] 邢泽南,张丹,李薇,等. 光质对油菜芽苗菜生长和品质的影响[J]. 南京农业大学学报,2012,35(3):47-51.
- [43] 齐学会,陈沁,刘媛媛,等. 紫外光 B 对大豆芽苗菜下胚轴酚类物质合成的影响[J]. 营养学报,2016,38(4):397-401.
- [44] 李娜,张晓燕,田纪元,等. 蓝光连续光照对大豆芽苗菜类黄酮合成的影响[J]. 大豆科学,2017,36(1):51-59.
- [45] 戚楠楠,张晓燕,苏娜娜,等. UV-A 诱导大豆芽苗菜下胚轴中花青苷积累的分子机理[J]. 中国农业科学,2015,48(12):2408-2416.
- [46] 魏圣军,耿殿祥,郭奇,等. UV-A 辐射对大豆芽苗菜中抗坏血酸含量的影响[J]. 大豆科学,2015,34(3):420-426.
- [47] 刘媛媛,陈沁,李娜,等. 血红素加氧酶-1 促进萝卜芽苗菜下胚轴花青苷积累[J]. 园艺学报,2016,43(3):507-514.

科技论文写作规范——结果

利用图、表及文字进行合乎逻辑的分析。务求精练通顺。不需在文字上重复图或表中所具有的数据,只需强调或阐述其重要发现及趋势。