

## 暗紫贝母栽培关键技术研究

彭芳<sup>1</sup>, 贺正<sup>2</sup>, 祁妹俄波<sup>2</sup>, 吴宇<sup>1</sup>, 沈雪莲<sup>1</sup>, 廖敏<sup>3</sup>, 张超<sup>1\*</sup> (1.四川省农业科学院经济作物育种栽培研究所, 四川成都 610300; 2.阿坝云创智慧农业科技有限公司, 四川阿坝 624600; 3.西华大学, 四川成都 610039)

**摘要** 暗紫贝母是名贵中药材川贝母的主要来源之一, 具有极高的药用价值, 栽培前景非常广阔。但暗紫贝母对生长环境要求严苛, 经过 10 多年驯化栽培, 目前栽培量较小, 尚不能满足市场需求。为了更好地开展暗紫贝母的规模化、规范化栽培技术研究, 对暗紫贝母基地栽培技术进行了总结, 结合近年来贝母类药材栽培研究的成果, 从品种选择、栽培选址、种子处理、水肥管理、病虫害防控、产地加工等关键环节探讨暗紫贝母的栽培措施以及存在的问题; 提出为提高药材品质, 应推进暗紫贝母的品种选育工作, 在不同生长期对关键栽培参数进行精细化管控。

**关键词** 暗紫贝母; 川贝母; 栽培; 品种

**中图分类号** S567.23<sup>+</sup>1; R282.2 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)04-0166-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.04.046



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Key Techniques in Cultivation of *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K. C. Hsia

PENG Fang<sup>1</sup>, HE Zheng<sup>2</sup>, QI Mei-e-bo<sup>2</sup> et al (1. Industrial Crops Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610300; 2. Aba Yunchuang Intelligent Agricultural Technology Co., Ltd., Aba, Sichuan 624600)

**Abstract** *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K. C. Hsia is one of the main sources of the famous traditional Chinese medicine "Chuanbeimu", which has high medicinal value and the broad prospect of cultivation. However, *F. unibracteata* has strict requirements on the growth environment. After more than ten years of cultivation, the current cultivation amount is small and has not yet formed a large-scale production. To better carry out research on large-scale and standardization cultivation technique of *F. unibracteata*, cultivation experience in *F. unibracteata* cultivation base were summarized. Combined with cultivation research results of the medicinal *Fritillaria* species in recent years, key cultivation techniques such as the variety and planting site selection, seed treatment, water and fertilizer management, control of pest, disease, and weed, postharvest processing were discussed. Their existing problems were also concerned. To improve the quality of Chuanbeimu, a variety breeding of *F. unibracteata* should be performed as soon as possible, and the key cultivation parts of *F. unibracteata* in different stages should be taken in fine control.

**Key words** *Fritillaria unibracteata*; *Fritillaria cirrhosa*; Cultivation; Variety

贝母类药材在全国分布广泛, 主要包括川贝母、浙贝母、湖北贝母、伊贝母、平贝母和皖贝母。除皖贝母外, 其余 5 种均为药典收载品种; 其中又以药材川贝母的基源植物最为丰富, 多达 6 种, 分别是暗紫贝母 *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K.C.Hsia、川贝母 *Fritillaria cirrhosa* D.Don(俗称卷叶贝母, 为避免与药材名川贝母混淆, 后文均用卷叶贝母)、甘肃贝母 *Fritillaria przewalskii* Maxim.、瓦布贝母 *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K.C.Hsia var. *wabuensis* (S.Y.Tang et S.C.Yue) Z.D.Liu, S.Wang et S.C.Chen、梭砂贝母 *Fritillaria delavayi* Franch.、太白贝母 *Fritillaria taipaiensis* P.Y.Li。暗紫贝母是商品松贝的主流品种, 药用历史悠久, 具有清热润肺、化痰止咳、散结消痈的功效, 现代药理研究证实, 其促进小鼠气管酚红的排泌量<sup>[1]</sup>和防治小鼠复发性哮喘的疗效<sup>[2]</sup>优于太白贝母和梭砂贝母。

暗紫贝母野生资源主要分布在四川西北部和青海东南部的高寒高海拔地区, 随着连年大规模的采挖, 野生资源面临枯竭, 人工栽培是实现资源可持续利用的重要途径之一<sup>[3]</sup>。暗紫贝母栽培方面的研究虽然不多, 但各种种植基地经过 10 多年的技术摸索均积累了一定的经验。因此, 笔者在

总结该基地栽培技术的基础上, 对比其他贝母类药材的栽培研究成果, 对暗紫贝母的栽培现状与存在的问题进行探讨, 以为后续研究提供参考。

#### 1 资源评价和品种选育

良种选育是暗紫贝母规范化栽培的“源头工程”。目前, 还未见有关暗紫贝母资源评价和品种选育的研究。究其原因, 从播种到开花结果完成一个生长周期需要 5 年时间, 因此其品种选育需要投入较长年限, 很多研究项目或企业资金都难以支持这么久的时间; 另外, 由于相对苛刻的高山生长环境以及种子休眠特性, 暗紫贝母的栽培才刚迈过“能种活”的阶段, 正向产业化栽培迈进, 因此资源收集评价正是下一步亟需开展的工作。笔者在暗紫贝母的栽培基地观察发现, 栽培类群的外观形态变异较大, 在叶片形态、茎干颜色、果实大小等方面均存在多种类型, 为进行资源评价和筛选提供了丰富材料, 也为下一步的品种选育奠定了基础。

#### 2 栽培环境选择

应选择与野生暗紫贝母生长环境相似的高寒山区建设种植基地, 保证昼夜温差大, 雨热同季, 日照充足, 如在四川省内, 红原、松潘、若尔盖、茂县、黑水、马尔康、九寨沟是暗紫贝母的主要分布区<sup>[4]</sup>。海拔是野生暗紫贝母资源分布的主要生态影响因子<sup>[5]</sup>, 一般选择在 3 000~4 000 m 进行栽培。另外, 坡向对暗紫贝母生长和繁殖也有显著影响, 南坡为阳坡, 积雪早融, 暗紫贝母生长期延长, 植物矮小, 地下鳞茎增大, 种子千粒重增加<sup>[6]</sup>。选择水源和交通较为便利的地块,

**基金项目** 四川省科技厅重点研发项目(2019YFN0084); 国家中药材产业技术体系(CARS-21)。

**作者简介** 彭芳(1986—), 女, 四川成都人, 助理研究员, 博士, 从事川产地药材的育种栽培研究。\* 通信作者, 研究员, 博士, 从事川产地药材的育种栽培研究。

**收稿日期** 2020-08-31

方便后续的栽培管理工作,注意避开青稞等大宗作物田,以免锈病等病害传播。

暗紫贝母对栽培土壤的要求较高,要求土壤较为疏松,腐殖质含量高,不宜选择黏土或砂壤土。考虑到除草、施肥、铺设防鼠网等事宜,宜在结冻前对所需的土地进行整理,首先将土面杂草彻底清除,之后将原土与泥炭土、已腐熟的牛羊粪等按一定比例混合拌匀后回填,作为暗紫贝母的底肥。

### 3 种子采收和播种

在早期的贝母驯化栽培中,农户大多采挖野生鳞茎进行无性繁殖,栽培1年即可收获,但此法繁殖系数低。近年来,暗紫贝母的种子繁殖技术日趋成熟,各个基地陆续建立了自己的繁种田进行种子繁殖。由于暗紫贝母属于异花授粉类型,因此繁种田需要采取一定的隔离措施,并在开花期放蜂,以提高种子的纯度和产量<sup>[7-8]</sup>。

暗紫贝母种子的种皮保护作用缺失和种胚发育不完善<sup>[9]</sup>,导致其在自然状态下萌发率低,因此,采收后的种子需先在处理床上完成形态和生理后熟。首先,用70%乙醇消毒种子,舍弃空瘪种子。然后,将种子和细沙按1:3比例混合,放入种子处理床上,盖上塑料布,定期翻动检查温湿度状况,直到来年解冻即可将种子撒入田间。其中,温度控制是后熟处理的关键,根据基地实际操作条件,参考甘肃贝母<sup>[10]</sup>、卷叶贝母<sup>[11]</sup>以及暗紫贝母<sup>[12]</sup>的研究结果,可将形态后熟的温度控制在10~15℃,另外加入200 mg/L生长素在60 d内能显著提高暗紫贝母种子胚的成熟率;随后在生理后熟中,较低温度(0~5℃)有利于打破种子的生理休眠,加入适量赤霉素也有利于促进贝母种子提前萌发。

为了精确控制光照和水分,暗紫贝母的种子栽培宜在大棚中搭设遮阳网,与卷叶贝母<sup>[13]</sup>类似,根据其生长年限,调整不同的遮阴度:在暗紫贝母生长第一年,其透光率可保持在30%左右;生长的第二年,则需要保持在50%左右,第三年则为70%左右,第四年之后则可不遮阴。另外,在阴雨天需适当晾棚炼苗,以提高贝母植株质量及抗病能力,防止其地上部分徒长。

合理的种植密度有利于提高暗紫贝母的产量,韩鸿萍等<sup>[14]</sup>建议种植密度在450万株/hm<sup>2</sup>,即用种量15~30 kg/hm<sup>2</sup>,播种后覆土深度在3 cm左右。在实际播种中,笔者发现次年春季播种的出苗情况好于当年秋季播种,可能是由于秋季采收的种子时间不一,要在冻土前完成种子的胚形态发育比较困难。

### 4 水肥管理

年降水量是仅次于海拔的影响暗紫贝母分布的重要生态因子,其最适宜的生态位参数为400~1 400 mm<sup>[5]</sup>,降雨量太多或太少均会导致出苗率降低以及在后期生长中死亡。因此,大棚避雨栽培能精确控制水分供给,保证暗紫贝母的正常生长,减小极端恶劣气候的影响,如2020年夏季雨水特别多,基地露天栽培的暗紫贝母出现大面积倒伏和鳞茎露出土面的情况,随后高原的强紫外线照射则直接导致部分植株死亡。

暗紫贝母生长在4月齐苗后可追肥1~2次,在7月倒苗之后,可结合除草再追施一次冬肥。但与平原地区栽种的药用植物相比,暗紫贝母的根系并不发达,生育期较短(150~180 d),加之栽种前有基肥施入,后期对养分的需求量相对较小,研究者对卷叶贝母<sup>[15]</sup>和浙贝母<sup>[16]</sup>的氮磷钾肥施用研究也佐证了此观点。同时,暗紫贝母不同生长发育时期影响其产量的主导因子也可能不同。张礼等<sup>[15]</sup>研究发现,卷叶贝母在3年生时期栽培密度对产量影响较大,而在4年生时期施肥水平的影响较大,施用适量的氮磷钾复合肥可显著提高其产量<sup>[17]</sup>。另外,研究表明适量的微量元素、微生物菌肥等对瓦布贝母<sup>[18]</sup>、浙贝母<sup>[19]</sup>、伊贝母<sup>[20]</sup>等的产量和品质都有提高,提示暗紫贝母的追肥研究可尝试从这些方面入手。另外对于采种田,可考虑喷施一些叶面肥。伍燕华等<sup>[21]</sup>研究发现,在卷叶贝母花、果期喷施以磷、钾无机元素为主、生长调节剂为辅的复合叶面肥有利于提高卷叶贝母的挂果率。

### 5 病虫害防治

由于特殊的高海拔高寒生长环境,暗紫贝母的病虫害相对较少。其他贝母类药材中常发生的菌核病、根腐病、灰霉病和锈病等<sup>[22]</sup>,在暗紫贝母栽培中均极少发生。立枯病则是暗紫贝母幼苗期较易发生的病害。夏季暗紫贝母栽培大棚内易出现高温高湿的情况,通风排水不及时很容易发生病害,可使用0.5%波尔多液等化学药剂进行防治,一旦发现病株需立刻拔除,抑制病害扩展。另外,由于立枯病的病菌主要来源于土壤,用于基肥的牛羊粪等一定要腐熟完全,前作栽培易感病蔬菜的土壤可用生石灰等进行消毒处理。

高原鼯鼠有咬食暗紫贝母鳞茎的习惯,目前最有效的防治方法是在栽种前结合土壤整理,将土下50 cm铺设一层铁丝网<sup>[23]</sup>,避免化学药剂对高原脆弱生态环境的破坏。另外,后期还可配合一些其他物理防治方法,如向鼠洞灌水,实践表明,此方法简便有效,效果可维持几个月;笔者曾尝试在暗紫贝母栽培地周围种植苦参,但鼯鼠对苦参并不排斥,依然会咬食贝母。

除草是暗紫贝母栽培中最费工的环节。为减少草害,应在前期的土壤整理中减少草籽的引入,对原土进行深翻和晾晒,选用含草籽较少的有机肥,同时后期水源的控制也可减少杂草的引入。在暗紫贝母生长的幼苗期(第1~2年),杂草以人工拔除为主,在7月倒苗后,可施用一次草甘膦除去地上部的杂草。药剂施用时要选择晴天的午后,高原早晚的地温低会导致药效差。

### 6 采收和产地加工

传统上,藏民采集野生暗紫贝母一般是在6月花果期,这对自然种群的繁殖非常不利。目前,各栽培基地一般在其地上部分枯萎后进行采挖。生境与之相似的卷叶贝母也是在植株枯萎期采收,研究证实其在植株枯萎期,鳞茎的生物量和总生物碱、西贝母碱的绝对含量均最高,贝母辛、贝母素甲和贝母素乙的含量也较高<sup>[24-25]</sup>。浙贝母的最佳采收期也在枯萎初期,此时鳞茎总生物碱、贝母素甲和贝母素乙质量增长趋于平稳<sup>[26]</sup>。若仅从药典指标成分生物碱含量而言,

生长3年以内的卷叶贝母<sup>[27]</sup>、瓦布贝母<sup>[28]</sup>的含量均可达到药典标准,且 Geng 等<sup>[27]</sup>研究发现生长年限越短的卷叶贝母其生物碱含量越高。但鉴于生长期短的贝母产量太小,以及贝母中还含有许多其他不同种类的生物活性和营养成分,过早收获可能会影响这些成分的积累,因此一般采收生长4年以上的植株。

川贝母类药材的传统产地加工方法是直接晒干。目前,还未见有关暗紫贝母的产地加工研究。马靖<sup>[24]</sup>研究发现卷叶贝母的总生物碱和16种生物碱类成分总含量在烘干与传统的直接晒干之间无显著差异,考虑到基地的规模化生产,建议以60℃干燥24h为宜。目前在贝母属药材中浙贝母的产地加工研究最多。硫磺熏蒸在浙贝母的产地加工中已很少被使用,因为它与传统的晒干法相比少了很多活性成分<sup>[29]</sup>。程斌等<sup>[30]</sup>进行了浙贝母的现代无硫化产地加工工艺筛选,发现冷冻干燥得到的浙贝母中贝母素甲和贝母素乙的含量最高,微波干燥和鼓风干燥次之。刘青梅等<sup>[31]</sup>则研究发现采用热风-微波联合干燥技术进行浙贝母的干燥,效果优于单一干燥方法。陈雪涛<sup>[32]</sup>研究发现60℃热风干燥是浙贝母的最佳干燥温度。

## 7 展望

暗紫贝母是国家三级濒危保护物种,野生抚育技术虽然使得野生暗紫贝母种群有所增加,但保护野生暗紫贝母资源还需要进一步加大对其栽培技术的研究,使得贝母药材的主要来源从野生转变为栽培。针对目前暗紫贝母栽培产业发展,笔者认为还需从以下方面加强研究。

**7.1 资源收集和品种选育研究是规范化栽培的源头工程** 随着暗紫贝母栽培面积的扩大,优良品种及其种苗的繁育显得尤为重要。目前,暗紫贝母在该领域研究不足,尚未见品种面世,而同属的其他药用种中浙贝母和卷叶贝母已选育出了新品种。浙贝母拥有300多年的栽培历史,目前已选育出3个品种,即浙贝1号<sup>[33]</sup>(狭叶,高产),浙贝2号<sup>[34]</sup>(高产,灰霉病和干腐病发病率低)和浙贝3号<sup>[35]</sup>(多籽,高产,抗鳞茎干(软)腐病)。卷叶贝母已选育出1个品种,其特点是产量高,西贝母碱含量高<sup>[36]</sup>。因此,亟待开展暗紫贝母的资源收集与评价工作,可考虑从饮片型和提取型2个方面利用系统选育的方法选出优良品系,为进一步选育出外观性状好和生物碱成分含量高的品种奠定良好基础。

**7.2 栽培参数的精细化管控是提高药材品质的关键** 目前,中药材栽培已经从一味追求产量转变为产量与品质并重的局面。暗紫贝母的生长对环境要求极为严苛,而主要活性成分生物碱可能是植物生殖防御性代谢产物<sup>[24]</sup>,因此,光、温、水、肥参数的把握是以后暗紫贝母栽培中的重点。明确暗紫贝母种子萌发的最佳温度,苗期生长的最佳光照强度,以及暗紫贝母每个生长时期的需水和需肥规律,是实现暗紫贝母品质提升的重要途径。考虑到高寒山区管理和生活的诸多不便,在栽培大棚内安装灌溉设备,实现现代化的水肥一体化管理模式,借鉴同属其他植物的特点,积极开展微量元素、有机肥等的施用研究。分别针对种子收获田、商品药材收获

田,以及商品药材中青贝和松贝不同规格制定不同的管理策略,才能更有效地提高药材品质。另外,还需要摸索出一套机械化产地加工技术以代替直接晾晒,减少大面积占地晾晒可能带来的外源污染,有效稳定暗紫贝母商品药材的品质。

## 参考文献

- [1] 梁惠娟,肖百全,连雪科,等.太白贝母祛痰实验研究[J].中国民族民间医药,2010,19(15):82-83.
- [2] 杨仕军,祖承哲,赵欣,等.不同品种川贝母对小鼠复发性哮喘的疗效比较[J].中草药,2013,44(15):2124-2129.
- [3] WANG D D, CHEN X, ATANASOV A G, et al. Plant resource availability of medicinal *Fritillaria* species in traditional producing regions in Qinghai-Tibet plateau[J]. Frontiers pharmacology, 2017, 8: 1-10.
- [4] 方清茂,彭文甫,董永波,等.基于遥感与GIS技术的川产道地药材川贝母适宜区研究:以暗紫贝母为例[J].世界中医药,2020,15(2):214-218.
- [5] 刘艳梅,周颂东,谢登峰,等.基于最大熵模型(MaxEnt)预测暗紫贝母的潜在分布[J].广西植物,2018,38(3):352-360.
- [6] 陈文年,王辉,肖小君,等.坡向对暗紫贝母生长和繁殖特征的影响[J].生态学报,2016,36(24):8174-8182.
- [7] 陈垣,徐博琼,郭凤霞,等.暗紫贝母花器特征及有性繁育系统研究[J].草业学报,2017,26(1):90-98.
- [8] 郭凤霞,陈垣,张蕊凤,等.濒危植物暗紫贝母的开花物候和传粉方式[J].草地学报,2017,25(6):1324-1332.
- [9] 黄艳,陈发军,陈文年.暗紫贝母种子形态结构研究[J].种子科技,2017,35(3):124-126.
- [10] 许美玲.甘肃贝母种子休眠及萌发特性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2019.
- [11] 陈璞,张军,李先恩.卷叶贝母种子胚后熟的温度条件[J].中国中药杂志,1993,18(5):270-272,317.
- [12] 马永贵,金兰,罗桂花,等.青海暗紫贝母种子休眠解除的初步研究[J].中华中医药杂志,2012,27(12):3214-3217.
- [13] 马靖,伍燕华,付绍兵,等.遮阴对栽培川贝母光合特性的影响[J].贵州农业科学,2014,42(10):69-73.
- [14] 韩鸿萍,王华清,陈志.野生暗紫贝母的生态环境与驯化栽培[J].青海师范大学学报(自然科学版),2016,32(3):80-83.
- [15] 张礼,伍燕华,付绍兵,等.栽培密度和施肥对川贝母生长和产量的影响[J].江苏农业科学,2017,45(3):119-121.
- [16] 卢晓,毕艳艳,霍亚珍,等.不同施肥和覆盖措施对浙贝母产量和有效成分的影响[J].中国现代中药,2018,20(5):576-580.
- [17] 李林宏,叶本贵,龚盼竹,等.不同施肥方式对川贝母产量及质量的影响[J].华西药学杂志,2019,34(3):168-171.
- [18] 陈雨,杨正明,石峰,等.微肥施肥对瓦布贝母产量和总生物碱含量的影响[J].核农学报,2018,32(11):2258-2266.
- [19] 石子建,李建辉,邵晓伟,等.硼肥施用量对浙贝母产量及其利用率的影响[J].浙江农业科学,2019,60(4):657-658.
- [20] 陈宝燕,马红红,杨涛,等.不同微生物菌肥用量对伊贝母各组成要素的影响[J].新疆农业科学,2017,54(5):871-877.
- [21] 伍燕华,付绍兵,黄开荣,等.叶面肥对川贝母的保花保果效应[J].江苏农业科学,2013,41(8):236-238.
- [22] 宁荣彬,孙海峰.贝母类中药材病害防治研究进展[J].东北农业科学,2018,43(5):34-37.
- [23] 侯太平,高恒亿,金洪,等.一种草原害鼠的持续性控制方法:CN201810134602.4[P].2018-08-10.
- [24] 马靖.栽培川贝母品质调控技术的初步研究[D].成都:成都中医药大学,2015.
- [25] 刘辉,黄林芳,陈士林,等.川贝母采收期的初步研究[J].中药材,2009,32(3):331-332.
- [26] 楼柯浪,陶倩,张水利,等.主成分分析下磐安浙贝母鳞茎最佳采收期的研究[J].浙江中医药大学学报,2017,41(4):329-335.
- [27] GENG Z, LIU Y F, GOU Y, et al. Metabolomics study of cultivated bulbous *Fritillaria cirrhosa* at different growth stages using UHPLC-QTOFMS coupled with multivariate data analysis[J]. Phytochemical analysis, 2018, 29(3):290-299.
- [28] 张大永,王曜,李庆,等.栽培川贝母采收年限的研究[J].华西药学杂志,2010,25(6):725-726.
- [29] DUAN B Z, HUANG L F, CHEN S L. Study on the destructive effect to inherent quality of *Fritillaria thunbergii* Miq. (zhebeimu) by sulfur-fumigated process using chromatographic fingerprinting analysis[J]. Phytomedicine, 2012, 19(6):562-568.

前发展潜力最大的茶籽饼粕脱毒处理方法。其原理是在茶籽饼粕中添加微生物进行发酵,使添加的微生物在发酵培养基上大量生长并同时将茶皂素分解利用,从而降低茶皂素的含量,达到去毒的目的。微生物在发酵过程中产生包括酶、促生长因子以及抗菌物质等有益的代谢产物,同时降低了茶籽饼粕中的单宁和纤维素等抗营养因子,加上使用的发酵微生物菌种本身是动物益生菌,能起到改善动物肠道微生物生态平衡的作用。

该试验以茶籽饼为原料,对茶籽饼生物脱毒及其发酵工艺进行研究。通过单因素试验和正交试验考察了茶籽饼粕添加量、碳源、氮源、无机盐种类及添加量、含水量、初始 pH、种龄、接种量、发酵时间等因素对茶皂素降解率的影响,优化了发酵培养基的组成及发酵条件,最终得到最佳脱毒工艺条件。

该试验结果表明,在茶籽饼脱毒过程中含水量与初始 pH 是影响茶皂素降解率的关键因素,茶籽饼与麦麸的添加比例 85:15、葡萄糖 3%、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.1%、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.15%、含水量 70%,最佳培养条件为初始 pH 6.0、接种量 20%、种龄 24 h、发酵时间 5 d、发酵温度 32 °C。在此条件下茶皂素降解率为 68.42%。在此工艺条件下,固态发酵培养基配制完成后无需灭菌,这在一定程度上降低了能耗,且操作简单,对设备要求低,降低了生产成本,为茶籽饼生物脱毒技术的推广

提供了技术支持。

## 参考文献

- [1] 王娅玲,李维峰,桂花,等.超声辅助纤维素酶提取茶粕中茶皂苷的工艺研究[J].安徽农业科学,2017,45(2):97-99.
- [2] 国家统计局.中国统计摘要[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [3] 丁丽霞.油茶粕中茶皂素的降解及其利用研究[D].长沙:中南林业科技大学,2012.
- [4] 马力,陈永忠,彭邵锋,等.发酵油茶枯饼生产蛋白饲料的混合菌种的筛选[J].中国农学通报,2011,27(16):57-60.
- [5] 李君君.高效降解茶粕纤维素菌株的筛选[D].合肥:安徽农业大学,2010.
- [6] 田琛熙,吴永尧,娄立起,等.茶籽饼降解菌的筛选及降解条件优化与发酵效果的研究[J].湖南农业科学,2011(15):23-26.
- [7] 王建涛.茶皂素降解菌筛选鉴定、降解条件优化及在发酵茶粕饲料中的应用[D].南昌:南昌大学,2012.
- [8] 李萌萌.微生物发酵法脱除茶籽饼粕中茶皂素的研究[D].上海:华东师范大学,2014.
- [9] 周浩宇,黄凤洪,钮琰星,等.发酵法与化学法改良油茶籽粕品质效果的比较[J].中国油脂,2010,35(9):40-43.
- [10] 秦艳,李卫芬,黄琴.枯草芽孢杆菌发酵条件的优化[J].饲料研究,2007(12):70-74.
- [11] 练杰,金青哲,王兴国.油茶籽粕微生物发酵研究进展[J].中国油脂,2012,37(7):24-26.
- [12] 黄浦.混菌液态发酵降解茶皂素的试验研究[D].桂林:桂林理工大学,2016.
- [13] 王小姣,杜全能,陈思宇,等.饲用嗜酸小球菌液体生料发酵工艺研究[J].中国饲料,2017(21):16-20.
- [14] 陈莹,刘松柏,何良兴,等.油茶籽粕和茶皂素中皂苷的定量检测方法研究[J].中国粮油学报,2012,27(2):105-111.
- [15] 谷子,文汉.用分光光度法测定油茶皂素的含量[J].安徽农业科学,2006,34(14):3262-3264.
- [16] 何伯伟,周书军,陈爱良,等.浙贝母浙贝 1 号特征特性及栽培加工技术[J].浙江农业科学,2014,55(6):833-835.
- [17] 何伯伟,周书军,叶剑峰,等.浙贝 2 号新品种选育和主要生物性状研究[J].浙江农业科学,2014,55(7):1014-1018.
- [18] 江建铭,俞信光,王文静,等.浙贝母新品种“浙贝 3 号”的选育与品种特性[J].中国中药杂志,2019,44(3):448-453.
- [19] 王晓蓉,王强,余强,等.川贝母新品种川贝 1 号特征特性及栽培技术[J].安徽农学通报,2016,22(Z1):47-48.
- [20] 程斌,杨雄志.浙贝母无硫化产地加工工艺的比较[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(22):12-15.
- [21] 刘青梅,王建中,梁宇婷,等.贝母热风-微波联合干燥技术研究[J].中国食品学报,2013,13(6):141-146.
- [22] 陈雪涛.富含淀粉中药材山药和浙贝母的干燥研究[D].天津:天津大学,2017.

(上接第 168 页)