

DOI: 10.11686/cyxb2021362

<http://cyxb.magtech.com.cn>

马艳珠, 张文广, 李冉, 等. 不同栽培因素处理对川贝母和暗紫贝母种苗建成的影响动态及比较研究. 草业学报, 2022, 31(9): 86—95.

MA Yan-zhu, ZHANG Wen-guang, LI Ran, *et al.* A study of the different cultivation treatments and effects on the sowing process of *Fritillaria cirrhosa* and *Fritillaria unibracteata*. Acta Prataculturae Sinica, 2022, 31(9): 86—95.

不同栽培因素处理对川贝母和暗紫贝母 种苗建成的影响动态及比较研究

马艳珠¹, 张文广¹, 李冉¹, 成春亚¹, 吴海旭¹, 晋玲^{1,2,3*}, 崔治家^{1,2,3*}, 马毅^{1,2,3},
王振恒^{1,2,3}, 王圆圆^{1,2,3}

(1. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 西北中藏药省部共建协同创新中心, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省珍稀中药资源评价与保护利用工程研究中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以川贝母和暗紫贝母为试验材料, 探讨不同播种方式、不同覆盖物、不同拌种方式、不同施肥量等栽培因素对川贝母及暗紫贝母种子萌发和种苗建成过程的影响。结果表明, 同种处理下, 两种贝母种子出苗率大多随播后天数的增加呈“S型”变化, 规律性显著, 暗紫贝母部分施肥处理的出苗率与播后天数呈幂函数正相关关系。在播后(30±3) d, 两种贝母种子基本完全出苗, 且同种处理下川贝母种子的萌发出苗生长整体上优于暗紫贝母。不同处理结果表明, 条播优于撒播或垄播; 覆盖麦草优于覆盖松针或草木灰或羊粪; 不拌种处理优于草木灰拌种或羊粪拌种; 川贝母和暗紫贝母的最佳施肥量分别为氮 2.00 g·m⁻²、磷 4.90 g·m⁻²、钾 1.25 g·m⁻²及氮 0.00 g·m⁻²、磷 9.80 g·m⁻²、钾 2.50 g·m⁻²。

关键词:川贝母; 暗紫贝母; 种苗建成; 影响动态

A study of the different cultivation treatments and effects on the sowing process of *Fritillaria cirrhosa* and *Fritillaria unibracteata*

MA Yan-zhu¹, ZHANG Wen-guang¹, LI Ran¹, CHENG Chun-ya¹, WU Hai-xu¹, JIN Ling^{1,2,3*}, CUI Zhi-jia^{1,2,3*},
MA Yi^{1,2,3}, WANG Zhen-heng^{1,2,3}, WANG Yuan-yuan^{1,2,3}

1. School of Pharmaceutical Sciences, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Northwest Collaborative Innovation Center for Traditional Chinese Medicine Co-constructed by Gansu Province & MOE of PRC, Lanzhou 730000, China; 3. Gansu Province Engineering Research Center for Evaluation, Protection and Utilization of Rare Chinese Medicine Resources, Lanzhou 730000, China

Abstract: This research explored the dynamic effects of different sowing methods, different mulches, different seed dressing methods, and different fertilizer treatments on the sowing process of *Fritillaria cirrhosa* and *Fritillaria unibracteata*. The number of emerged seedlings of the two *Fritillaria* species seeds showed a sigmoid curve relationship with time in days since sowing for most treatments with the increase of days after sowing, and the consistency between treatments was significant. There were positive correlations between the seedling emergence rate of *F. unibracteata* treated with partial fertilization and the number of days after sowing. At (30±3) days after

收稿日期: 2021-09-27; 改回日期: 2021-11-29

基金项目: 甘肃省高等学校创新基金项目(2021A-083), 道地药材生态种植及质量保障项目(国中医药科技[2020]153号), 国家自然科学基金项目(31660158; 31360316)和兰州市科技发展指导性计划项目(2020-ZD-57)资助。

作者简介: 马艳珠(1997-), 女, 山西文水人, 在读硕士。E-mail: 2423272703@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: gszyxyjl@163.com, zhijiacui@126.com

sowing, the final germination percentage for the seedlings of the two *Fritillaria* species had been reached, and for a given treatment the growth and development of *F. cirrhosa* seeds was better than *F. unibracteata*. It was found that drilling was better than broadcasting or ridge sowing; Covering with wheat straw was better than covering with pine needles or plant ash or sheep dung; Sowing without seed dressing was better than dressing with plant ash or sheep manure. The optimal fertilization rates for *F. cirrhosa* were nitrogen $2.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, phosphorus $4.90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, potassium $1.25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. The optimal fertilization rates for *F. unibracteata* were nitrogen nil, phosphorus $9.80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, and potassium $2.50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Key words: *Fritillaria cirrhosa*; *Fritillaria unibracteata*; seedling establishment; dynamic effects

中药川贝母(*Fritillariae Cirrhosae Bulbus*)是我国传统名贵珍稀濒危中药材,以商品“松贝”品质最优且价格最高。近年来,作为“松贝”主要来源的川贝母(*Fritillaria cirrhosa*)和暗紫贝母(*Fritillaria unibracteata*)被广泛引种栽培^[1]。然而,川贝母与暗紫贝母生长环境苛刻、种子休眠时间长、繁殖系数低、种苗繁育难度大、出苗不整齐,种苗建成规范化技术仍处于研究探索阶段,极大地限制了种子繁殖和栽培种植。目前,关于川贝母和暗紫贝母种子种苗的研究主要集中在种子休眠机理及萌发特性等方面,有研究表明,川贝母和暗紫贝母喜土层深厚、质地肥沃、排水良好、富含腐殖质的微酸性土壤^[2],适宜生长在年温差小而日温差大的高原或山区^[3],且生长过程应适当遮阴,并需对光、温、水、肥等栽培关键参数进行精细化管控^[4-5]。刘翔等^[6]发现在春季3月初,在塑料大棚中以牛粪腐殖土做川贝母苗床,配以遮阳、灌溉、保湿等措施,能有效延长川贝母生长期,提高1年生小鳞茎保有率。夏进春等^[7]研究发现大棚内育苗较露地育苗发芽率高、出苗整齐,播种后黑膜覆盖可减少杂草,提高鳞茎的单粒质量,并且在施农家肥的基础上配施氮、磷、钾肥可明显提高川贝母生物量的积累。韩鸿萍等^[8]认为合理的种植密度($450 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$)有利于提高暗紫贝母产量。李林宏等^[9]研究发现四川阿坝州多年生川贝母氮、磷和钾肥的最佳施肥量分别为330、1560、400 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。李亚兄等^[10]通过调查暗紫贝母原产地的生态环境及产地优质种源的繁育,为人工栽培暗紫贝母提供了具体方法。赵亚兰等^[11]通过比较覆膜和露地育苗对甘肃贝母(*Fritillaria przewalskii*)和伊贝母(*Fritillaria pallidiflora*)出苗的差异性影响,建议采用覆膜育苗的方法进行贝母规范化育苗。尽管这些研究针对贝母属植物生长阶段的田间管理措施提出了诸多建议,但关于不同栽培因素下两种贝母种苗建成的生长动态及对比研究鲜有报道。当前贝母属种子繁殖仍面临着产量低、规范化生产困难等实际问题。因此,深入探讨川贝母和暗紫贝母种子萌发出苗生长规律及不同栽培因素处理下种苗建成的差异性,对两种贝母种苗繁育及优质壮苗培育的技术推广具有重要意义。本研究以川贝母和暗紫贝母为试验材料,研究播种方式、覆盖物、拌种方式、施肥量等不同栽培因素处理下川贝母和暗紫贝母的种子出苗生长规律,比较两种贝母种苗建成的动态发育过程,以期提出有助于提高两种贝母出苗率的农艺措施,为川贝母及暗紫贝母的规范化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验田概况

试验地位于甘肃省定西市临洮县辛店镇上滩村($103^{\circ}58'59.28'' \text{ E}$, $35^{\circ}40'41.16'' \text{ N}$, 海拔2735 m),地处祁连山系东缘马衔山南坡山脚下,温带大陆性气候,年平均气温为 7°C ,最高气温 34.6°C ,最低气温 -29.5°C ,年平均降水量317~760 mm,无霜期80~190 d。试验田靠山背阳、土壤肥沃、排灌方便,可满足川贝母和暗紫贝母的育苗试验要求。播种前将试验田深翻,撒适量有机肥及喷洒一定浓度的土壤消毒剂进行消毒整地,在此基础上搭建长16 m,宽4 m,高2 m的日光试验温室,将地块划分为2列,分别为川贝母种植区和暗紫贝母种植区,在种植区分别划分长60 cm,宽50 cm的小区,共计6小列24行144个小区。各小区间以5 cm宽垄隔开,作为不同播种处理备用。试验过程中保证试验田内土壤条件、喷灌系统、遮光系统、田间管理等条件均一。

1.2 试验材料

供试材料川贝母和暗紫贝母种子各 50 g,均采集于青海省海东市互助土族自治县川贝母规范化种植示范基地(101°59′33.34″ E,36°59′36.96″ N,海拔 2886 m)。其中川贝母种子千粒重为 1.724 g,暗紫贝母种子千粒重为 1.280 g。播种试验于 2021 年 3 月 22 日进行,按四分法将川贝母和暗紫贝母的 50 g 种子分别分成 72 份,即每一小区平均播种川贝母种子 414 粒,暗紫贝母种子 543 粒。供试覆盖物为农家自留麦草、除杂草木灰、农家腐熟羊粪及当地林场采集筛净的松针等。供试肥料为尿素($N \geq 46\%$,青海云天化国际化肥有限公司)、过磷酸钙($P_2O_5 \geq 12\%$,白银新九星农化科技有限公司)和硫酸钾($K_2O \geq 52\%$,国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司)。

1.3 试验设计

1.3.1 播种方式设计 在川贝母和暗紫贝母种植区中分别设置撒播、条播、垄播(垄高 3 cm)3 个播种方式处理,播种深度为 1 cm,其中条播、垄播行距均为 10 cm,随机区组 3 次重复排列。

1.3.2 覆盖物设计 在川贝母和暗紫贝母种植区均采用条播育苗,播种深度为 1 cm,覆土后分别设置麦草、草木灰、羊粪、松针 4 个覆盖物处理,其覆盖物厚度均为 1 cm,随机区组 3 次重复排列。

1.3.3 拌种方式设计 在川贝母和暗紫贝母种植区设置草木灰拌种、羊粪拌种、不拌种 3 个处理,其中种子与各拌种物的体积之比为 1:10,播种深度为 1 cm,随机区组 3 次重复排列。

1.3.4 “3414”施肥设计 在川贝母和暗紫贝母种植区,依照 2005 年农业农村部下发的“测土配方施肥技术规范(试行)”推荐的“3414”方案设计,布设“3414”肥效试验^[9,12],即设计氮肥、磷肥、钾肥 3 个因素,每个因素含 4 个施肥水平(0 水平不施肥,2 水平为当地推荐施肥量,1 水平为 2 水平的 0.5 倍,3 水平为 2 水平的 1.5 倍),共计 14 个处理(表 1),每个处理 3 次重复。氮磷钾肥按施肥方案在播种 10 d 后施入。

1.4 测定指标与方法

从第一棵苗出土开始(将幼芽露出土层定义为出苗),每隔 3 d 早上 8:00 记录各处理方式下的种子出苗数,直至连续 10 d 出苗数达到最高峰不再变化为止,随后用游标卡尺测定种苗株高及基径。

$$\text{出苗率} = (\text{出苗总数} / \text{播种数}) \times 100\%$$

$$\text{出苗势} = (\text{达最高峰时的出苗数} / \text{播种数}) \times 100\%$$

$$GI = \sum G_i / D_i$$

式中:GI 为出苗指数(germination index, GI), G_i 为出苗试验的每日出苗数, D_i 为出苗日数。

1.5 数据处理与统计分析

采用 Excel 2010 软件统计整理试验数据、作图,应用 SPSS 26.0 软件对不同处理下的同种贝母及同一处理下的不同贝母の出苗率、出苗势、出苗指数进行正态性检验、方差分析及秩和检验。

2 结果与分析

2.1 不同播种方式对两种贝母属植物种子出苗的影响

川贝母和暗紫贝母の出苗率、出苗势、出苗指数均为条播>撒播>垄播,其各自最高出苗率(条播)较最低出苗率(垄播)分别显著提高了 180.83%、472.88% ($P < 0.05$)。各播种方式对川贝母株高和暗紫贝母株高及基径影响较小,无显著性差异 ($P > 0.05$)。同一播种方式下,川贝母各出苗生长指标均高于暗紫贝母。进一步分析表明,川贝母撒播、条播、垄播の出苗率分别约为暗紫贝母的 2、2、4 倍(表 2)。在已统计的播后天数范围内,不同播

表 1 贝母育苗地“3414”施肥方案

Table 1 The “3414” fertilization scheme of *Fritillaria* breeding field

编号 Number	处理 Treatments	施肥量 Fertilizer amount ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)		
		N	P_2O_5	K_2O
1	$N_0P_0K_0$	0.00	0.00	0.00
2	$N_0P_2K_2$	0.00	9.80	2.50
3	$N_1P_2K_2$	1.00	9.80	2.50
4	$N_2P_0K_2$	2.00	0.00	2.50
5	$N_2P_1K_2$	2.00	4.90	2.50
6	$N_2P_2K_2$	2.00	9.80	2.50
7	$N_2P_3K_2$	2.00	14.70	2.50
8	$N_2P_2K_0$	2.00	9.80	0.00
9	$N_2P_2K_1$	2.00	9.80	1.25
10	$N_2P_2K_3$	2.00	9.80	3.75
11	$N_3P_2K_2$	3.00	9.80	2.50
12	$N_1P_1K_2$	1.00	4.90	2.50
13	$N_1P_2K_1$	1.00	9.80	1.25
14	$N_2P_1K_1$	2.00	4.90	1.25

表 2 不同播种方式对两种贝母属植物种子萌发出苗生长的影响

Table 2 Effects of different sowing methods on the seedling emergence and growth of two *Fritillaria* species

播种方式	出苗率	出苗势	出苗指数	株高	基径
Sowing methods	Emergence rate (%)	Emergence potential (%)	Emergence index	Plant height (cm)	Branch diameter (mm)
CS	70.98±6.78Aa	17.87±2.66Aa	17.87±0.81Aa	2.26±0.18Aa	0.48±0.01Aa
CT	78.94±5.79Aa	21.77±1.41Aa	22.55±0.97Aa	1.87±0.10Aa	0.46±0.15ABa
CL	28.11±3.18Ba	7.21±1.98Ba	3.82±0.41Ba	1.82±0.09Aa	0.41±0.01Ba
AS	36.15±3.14Ab	12.10±2.52Aa	12.18±0.78ABa	1.51±0.09Ab	0.43±0.01Aa
AT	43.31±2.79Ab	13.05±2.97Ab	18.49±0.72Aa	1.81±0.07Aa	0.39±0.01Ab
AL	7.56±2.39Ba	1.84±0.74Ba	3.13±0.52Ba	1.65±0.11Aa	0.39±0.01Aa

注: CS:川贝母撒播;CT:川贝母条播;CL:川贝母垄播;AS:暗紫贝母撒播;AT:暗紫贝母条播;AL:暗紫贝母垄播。同列不同大写字母表示同种贝母不同播种方式间差异显著($P<0.05$),同列不同小写字母表示同种播种方式下不同贝母种间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: CS: Broadcast (*F. cirrhosa*); CT: Drilling (*F. cirrhosa*); CL: Ridge-sowing (*F. cirrhosa*); AS: Broadcast (*F. unibracteata*); AT: Drilling (*F. unibracteata*); AL: Ridge-sowing (*F. unibracteata*). Different capital letters within the same column indicate significant differences among the different sowing methods for the same *Fritillaria* species ($P<0.05$), and different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different *Fritillaria* species in the same sowing method ($P<0.05$). The same below.

种方式的两种贝母种子表现出相似的出苗趋势(图 1)。播种 27 d 后川贝母条播的出苗率超川贝母撒播。川贝母与暗紫贝母出苗完全的时间相近,均在(30±3) d。综合分析,条播比撒播、垄播更利于川贝母和暗紫贝母种子的出苗及植株生长。

2.2 不同覆盖物对两种贝母属植物种子出苗的影响

川贝母出苗率、出苗指数和暗紫贝母出苗率、出苗势、出苗指数及基径均呈麦草覆盖>松针覆盖>草木灰覆盖>羊粪覆盖(表 3),川贝母最高出苗率(麦草覆盖)与最低出苗率(羊粪覆盖)差异显著($P<0.05$);

同种覆盖物下,川贝母出苗率、出苗势和出苗指数均高于暗紫贝母,但多数差异不显著($P>0.05$)。两种贝母在使用麦草覆盖时株高最高,且与羊粪覆盖时的最低株高差异显著($P<0.05$)。在整个统计的播后天数范围内,除羊粪覆盖外的其他覆盖物下,两种贝母属植物种子表现出相似的“S 型”出苗趋势(图 2),即在播后前 24 d 内,川贝母与暗紫贝母种子出苗缓慢,在 24~33 d 左右出苗率增长较快,播后 33 d 后,出苗率趋于平缓。同一播后天数不同覆盖物处理下,两种贝母属植物出苗率存在差异。采用羊粪覆盖或草木灰覆盖的两种贝母属植物出苗率均不足 10%;采用松针覆盖时川贝母出苗率为 52.37%,暗紫贝母出苗率为 11.70%;而采用麦草覆盖时川贝母和暗紫贝母出苗率均高于松针覆盖,分别可达 58.96% 和 35.36%。综合分析,选用麦草作为两种贝母种子覆盖物较松针、草木灰、羊粪更有利于其种子出苗及植株生长。

2.3 不同拌种方式对两种贝母属植物种子出苗的影响

同一拌种处理下,除羊粪拌种的出苗率、出苗势及出苗指数外,川贝母出苗生长指标均高于暗紫贝母,且部分差异显著($P<0.05$)(表 4)。川贝母和暗紫贝母不拌种处理的出苗率均高于拌种处理,不拌种处理下,川贝母出苗率可达 76% 以上,约为暗紫贝母的 2 倍。川贝母不拌种处理株高与拌种处理无显著性差异($P>0.05$),其基径不拌种处理显著高于拌种处理($P<0.05$);暗紫贝母不拌种处理时株高最高,并显著高于羊粪拌种($P<0.05$),其不拌种处理的基径最低,与其他处理基径间差异不显著。在已统计的播后天数范围内,不同拌种方式下的两种贝母属植物种子均表现出相似的“S 型”出苗趋势(图 3),即在播后前 24 d 内,贝母种子出苗缓慢,播后 24~36 d 出苗率增长较快,播种 36 d 后,出苗率趋于平缓。同一播后天数间,同种贝母种子不同拌种方式下出苗率存在差异。

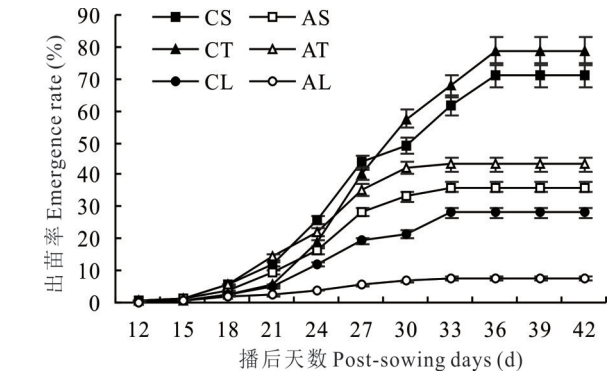


图 1 不同播种方式对两种贝母属植物种子出苗率的规律性影响
Fig. 1 Regular effects of different sowing methods on the seedling emergence rate of two *Fritillaria* species

表3 不同覆盖物对两种贝母属植物种子萌发出苗生长的影响

Table 3 Effects of different mulches on the seedling growth of two *Fritillaria* species

覆盖物 Mulches	出苗率 Emergence rate (%)	出苗势 Emergence potential (%)	出苗指数 Emergence index	株高 Plant height (cm)	基径 Branch diameter (mm)
CSZ	52.37±0.79Aa	18.66±0.25Aa	6.73±0.92ABa	1.25±0.08ABa	0.49±0.02Aa
CYF	3.86±2.08Ba	1.74±1.49Ba	0.45±0.06Ba	0.95±0.07Ba	0.47±0.02ABa
CCMH	9.71±0.57Ba	2.49±0.75Ba	1.22±0.14ABa	1.26±0.10ABa	0.50±0.02Aa
CMC	58.96±3.59Aa	15.30±5.10ABa	8.01±0.77Aa	1.61±0.09Aa	0.41±0.01Ba
ASZ	11.70±1.22Bb	5.80±0.28Bb	2.09±0.38ABa	0.96±0.04Ba	0.42±0.01Ab
AYF	0.09±0.05Ca	0.00±0.00Da	0.00±0.00Ba	0.90±0.06Ba	0.36±0.04Aa
ACMH	4.06±1.38Ca	1.57±0.10Ca	0.65±0.10ABa	1.34±0.27ABa	0.39±0.04Aa
AMC	35.36±4.26Ab	9.76±0.18Aa	6.95±0.66Aa	1.54±0.07Aa	0.45±0.01Aa

注: CSZ:川贝母松针覆盖;CYF:川贝母羊粪覆盖;CCMH:川贝母草木灰覆盖;CMC:川贝母麦草覆盖;ASZ:暗紫贝母松针覆盖;AYF:暗紫贝母羊粪覆盖;ACMH:暗紫贝母草木灰覆盖;AMC:暗紫贝母麦草覆盖。同列不同大写字母表示同种贝母不同覆盖物间差异显著($P<0.05$),同列不同小写字母表示同种覆盖物下不同贝母种间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: CSZ: Pine needles (*F. cirrhosa*); CYF: Sheep manure (*F. cirrhosa*); CCMH: Plant ash (*F. cirrhosa*); CMC: Wheatgrass (*F. cirrhosa*); ASZ: Pine needles (*F. unibracteata*); AYF: Sheep manure (*F. unibracteata*); ACMH: Plant ash (*F. unibracteata*); AMC: Wheatgrass (*F. unibracteata*). Different capital letters within the same column indicate significant differences among the different mulches for the same *Fritillaria* species ($P<0.05$), and different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different *Fritillaria* species in the same mulch ($P<0.05$). The same below.

综合分析,不拌种处理较拌种处理更有利于川贝母和暗紫贝母种子出苗。

2.4 不同施肥方式对两种贝母属种子出苗的影响

在整个已统计的播后天数范围内,不同施肥方式下的川贝母种子表现出相似的“S型”出苗趋势(图4),即在播后前21 d内,川贝母种子出苗缓慢,大多处理在播后21~24 d内种子出苗数最多,播种36 d后,出苗率趋于平缓。暗紫贝母种子 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_1P_1K_2$ 、 $N_2P_2K_1$ 及 $N_2P_2K_3$ 处理的出苗率与播后天数呈幂函数正相关关系,其他处理的出苗率与播后天数呈“S型”出苗趋势(图5),且大多处理在播后27~30 d内完全出苗。

川贝母各施肥处理间出苗率、出苗势、出苗指数及株高均存在差异,且部分差异显著($P<0.05$), $N_2P_2K_0$ 处理下川贝母出苗率最高,较不施肥处理提高15.67%,且约为最低出苗率 $N_2P_1K_2$ 处理的7倍(表5)。暗紫贝母各施肥处理间出苗生长指标均存在差异,且部分差异显著($P<0.05$)。 $N_0P_2K_2$ 处理下,暗紫贝母出苗率、出苗势及出苗指数最高,分别可达30.32%、14.49%和21.93, $N_2P_2K_3$ 处理下出苗率、出苗势及出苗指数均最低,且其最高出苗率约为最低出苗率的22倍。同种施肥方式下,川贝母各出苗生长指标大多都高于暗紫贝母。

随氮水平的升高,川贝母出苗率和出苗势均呈先增加后降低再略微增加的变化趋势,其出苗指数呈先持续降低后增加的趋势,株高呈先增加后持续降低趋势,基径呈先降低后增加再降低趋势;暗紫贝母出苗率、出苗势、出苗指数及株高均随氮水平的升高呈先降低后增加趋势,其基径呈先降低后增加再降低趋势。随磷水平的升高,川贝母和暗紫贝母出苗率、出苗势、出苗指数及株高均呈先降低后持续增加的变化趋势,两种贝母基径呈先增加后降低趋势。随钾水平的升高,川贝母出苗率、出苗势、出苗指数均呈先持续降低后增加的趋势,其株高及基径则

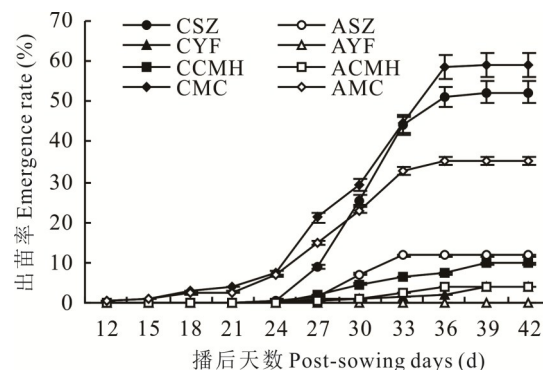


图2 不同覆盖物对两种贝母属植物种子出苗率的规律性影响
Fig. 2 Regular effects of different mulches on the seedling emergence rate of two *Fritillaria* species

表 4 不同拌种方式对两种贝母属植物种子萌发出苗生长的影响

Table 4 Effects of different seed dressing methods on the seedling growth of two *Fritillaria* species

拌种方式	出苗率	出苗势	出苗指数	株高	基径
Seed dressing	Emergence rate (%)	Emergence potential (%)	Emergence index	Plant height (cm)	Branch diameter (mm)
CCMHB	44.94±3.43Ba	10.28±2.39Aa	5.61±0.50Aa	2.18±0.07Aa	0.46±0.02Ba
CCK	76.37±2.36Aa	28.61±2.69Aa	10.08±1.02Aa	2.00±0.09ABa	0.97±0.12Aa
CYFB	9.37±1.08Ca	2.49±1.02Aa	1.31±0.13Aa	1.71±0.09Ba	0.44±0.02Ba
ACMHB	19.03±2.29Ab	5.53±2.07Aa	3.91±0.39Aa	1.51±0.05Ab	0.42±0.01Aa
ACK	33.21±1.57Ab	15.96±2.46Aa	6.77±0.94Aa	1.75±0.07Aa	0.40±0.01Ab
AYFB	15.47±2.78Aa	6.26±2.60Aa	2.94±0.38Aa	1.28±0.04Bb	0.44±0.01Aa

注：CCMHB：川贝母拌草木灰；CCK：川贝母不拌种；CYFB：川贝母拌羊粪；ACMHB：暗紫贝母拌草木灰；ACK：暗紫贝母不拌种；AYFB：暗紫贝母拌羊粪。同列不同大写字母表示同种贝母不同拌种方式间差异显著 ($P<0.05$)，同列不同小写字母表示同种拌种方式下不同贝母种间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

Note: CCMHB: Plant ash mixing (*F. cirrhosa*); CCK: Nothing mixing (*F. cirrhosa*); CYFB: Sheep manure mixing (*F. cirrhosa*); ACMHB: Plant ash mixing (*F. unibracteata*); CCK: Nothing mixing (*F. unibracteata*); CYFB: Sheep manure mixing (*F. unibracteata*). Different capital letters within the same column indicate significant differences among the different seed dressing methods for the same *Fritillaria* species ($P<0.05$), and different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different *Fritillaria* species in the same seed dressing method ($P<0.05$). The same below.

相反，呈先增加后降低的趋势；暗紫贝母出苗率、出苗势、出苗指数及基径均随钾水平的升高呈先降低后增加再降低的趋势，其株高呈先增加后降低再增加的变化趋势。

结合出苗率、出苗势、出苗指数、株高及基径等指标分析得出川贝母和暗紫贝母种子萌发出苗生长过程中的最佳施肥处理分别为 $N_2P_1K_1$ 及 $N_0P_2K_2$ ，最佳施肥量分别为氮 $2.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $4.90\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $1.25\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 及氮 $0.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $9.80\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $2.50\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

3 讨论

3.1 两种贝母属植物种苗建成的动态规律

种子种苗是中药材标准化生产的物质资料源头，是实现中药材优质化生产的前提条件。种子萌发出苗作为药用植物生长的起始阶段，在种群结构及种群的更新延续中起到关键作用^[13-14]。本研究表明不同栽培因素处理下，随着播后天数的增加，川贝母和暗紫贝母种子出苗大多呈现“慢—快—慢”的“S 型”变化趋势，即播后 15 d 起

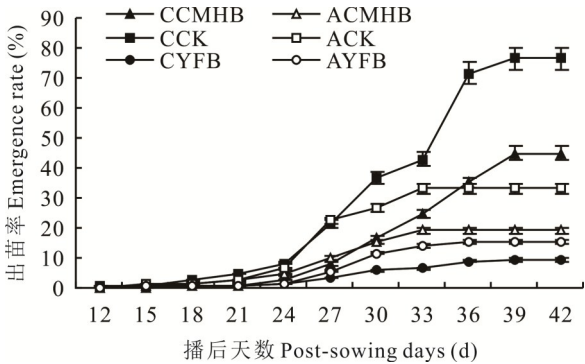


图 3 不同拌种方式对两种贝母属植物种子出苗率的规律性影响
Fig. 3 Regular effects of different seed dressing methods on the seedling emergence rate of two *Fritillaria* species

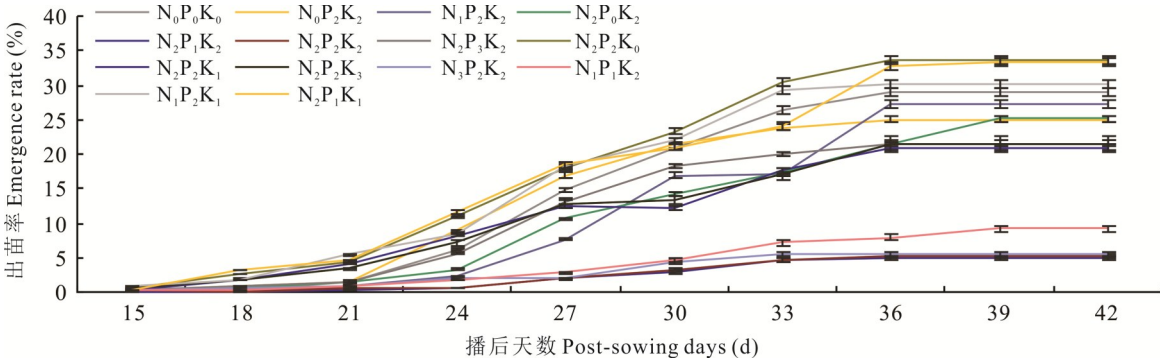


图 4 不同施肥方式对川贝母种子出苗率的规律性影响
Fig. 4 Regular effects of fertilizer treatments on the seedling emergence rate of *F. cirrhosa*

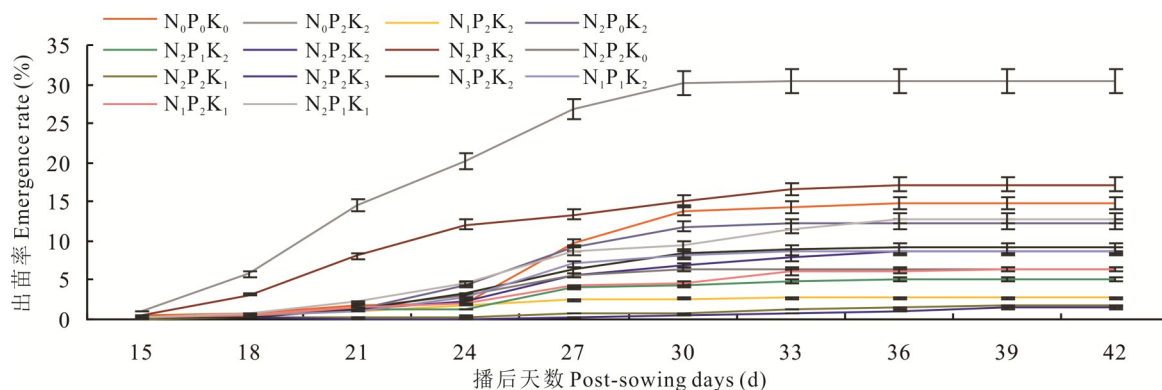


图5 不同施肥方式对暗紫贝母种子出苗率的规律性影响

Fig. 5 Regular effects of fertilizer treatments on the seedling emergence rate of *F. unibracteata*

表5 不同施肥方式对两种贝母属植物种子萌发出苗生长的影响

Table 5 Effects of different fertilizer treatments on the seedling growth of two *Fritillaria* species

施肥方式 Fertilizer treatments	出苗率 Emergence rate (%)	出苗势 Emergence potential (%)	出苗指数 Emergence index	株高 Plant height (cm)	基径 Branch diameter (mm)
CN ₀ P ₀ K ₀	29.10±4.75Aa	14.76±5.09ABa	12.49±1.34ABa	1.83±0.15Ba	0.51±0.02Aa
CN ₀ P ₂ K ₂	25.04±5.30Aa	16.91±4.75ABa	11.33±1.45ABb	2.06±0.12ABa	0.50±0.03Aa
CN ₁ P ₂ K ₂	27.19±3.06Aa	27.19±3.06Aa	10.81±1.48ABa	2.19±0.17ABa	0.48±0.03Aa
CN ₂ P ₀ K ₂	25.12±1.42Aa	10.61±3.46Ba	10.24±0.94ABa	2.06±0.18ABa	0.47±0.02Aa
CN ₂ P ₁ K ₂	4.89±1.25Ba	4.64±0.95Ba	2.03±0.27Ba	1.79±0.17Ba	0.47±0.02Aa
CN ₂ P ₂ K ₂	5.14±1.08Bb	3.32±0.71Ba	2.18±0.27Ba	2.11±0.14ABa	0.52±0.02Aa
CN ₂ P ₃ K ₂	21.56±2.70Aa	12.94±0.66ABa	9.62±1.11ABa	2.21±0.12ABa	0.45±0.03Aa
CN ₂ P ₂ K ₀	33.66±7.54Aa	30.52±6.62Aa	15.13±1.22Aa	2.30±0.11ABa	0.43±0.02Aa
CN ₂ P ₂ K ₁	20.98±5.38ABa	17.66±4.09ABa	9.52±0.86ABa	2.50±0.13ABa	0.45±0.02Aa
CN ₂ P ₂ K ₃	21.48±1.68Aa	12.85±0.87ABa	9.67±0.85ABa	2.10±0.11ABa	0.43±0.02Aa
CN ₃ P ₂ K ₂	5.64±1.12Ba	4.31±0.46Ba	2.56±0.29Ba	1.47±0.12Ba	0.48±0.02Aa
CN ₁ P ₁ K ₂	9.20±2.24Ba	7.13±2.47Ba	3.77±0.30Ba	2.09±0.15ABa	0.45±0.02Aa
CN ₁ P ₂ K ₁	30.10±2.29Aa	18.16±4.14ABa	13.72±1.38Aa	2.47±0.10ABa	0.50±0.01Aa
CN ₂ P ₁ K ₁	33.34±2.14Aa	32.75±1.36Aa	14.80±1.29Aa	2.79±0.14Aa	0.50±0.01Aa
AN ₀ P ₀ K ₀	14.79±5.99BCa	9.82±4.83ABa	9.08±1.46BCa	1.81±0.13Aa	0.38±0.02Bb
AN ₀ P ₂ K ₂	30.32±3.84Aa	14.49±0.86Aa	21.93±2.40Aa	1.34±0.09ABb	0.40±0.02ABa
AN ₁ P ₂ K ₂	2.70±0.81Da	2.45±0.96Db	1.94±0.20Ca	1.33±0.06Bb	0.37±0.01Ba
AN ₂ P ₀ K ₂	12.15±5.90BCa	9.09±3.51ABa	7.70±1.03BCa	1.61±0.10ABa	0.42±0.01ABa
AN ₂ P ₁ K ₂	5.10±1.86CDa	3.99±0.44Ca	3.23±0.49Ca	1.23±0.11Ba	0.48±0.02Aa
AN ₂ P ₂ K ₂	8.78±1.15Ca	5.65±0.91BCa	5.37±0.56BCa	1.32±0.10Bb	0.45±0.02ABa
AN ₂ P ₃ K ₂	17.19±2.48Ba	8.11±3.17ABa	12.23±1.30Ba	1.83±0.18Aa	0.41±0.01ABa
AN ₂ P ₂ K ₀	6.38±3.05CDa	5.71±2.77BCb	4.25±0.58BCb	1.66±0.08ABb	0.41±0.01ABa
AN ₂ P ₂ K ₁	1.78±0.68Db	1.23±0.31Eb	1.02±0.09Ca	1.67±0.03Ab	0.37±0.05Ba
AN ₂ P ₂ K ₃	1.41±0.25Db	0.98±0.16Eb	0.76±0.10Cb	1.86±0.11Aa	0.39±0.01Ba
AN ₃ P ₂ K ₂	9.15±2.77BCa	6.26±1.76BCa	5.78±0.65BCa	1.43±0.08ABa	0.42±0.02ABa
AN ₁ P ₁ K ₂	8.66±1.28Ca	7.12±1.68Ba	5.53±0.81BCa	1.67±0.16ABa	0.42±0.02ABa
AN ₁ P ₂ K ₁	6.44±1.01CDa	4.42±0.49Cb	4.02±0.42BCb	1.27±0.10Bb	0.38±0.02Bb
AN ₂ P ₁ K ₁	12.89±2.89BCa	8.65±1.97ABb	8.00±0.78BCa	1.42±0.13ABb	0.42±0.02ABa

注：同列不同大写字母表示同种贝母不同施肥方式间差异显著($P<0.05$)，同列不同小写字母表示相同施肥方式下不同贝母种间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different capital letters within the same column indicate significant differences among the different fertilizer treatments for the same *Fritillaria* species ($P<0.05$), and different lowercase letters within the same column indicate significant differences between different *Fritillaria* species in the same fertilizer treatment ($P<0.05$).

开始陆续出苗,在 (21 ± 3) d 进入出苗高峰期,且高峰期持续 10 d 左右,在 (30 ± 3) d 后出苗基本完全。这与不同施肥量处理下蒙古黄芪(*Astragalus membranaceus* var. *mongholicus*)出苗趋势^[15]、覆膜及露地育苗的贝母种子出苗进程^[11]及醉马草(*Achnatherum inebrians*)种子萌发出苗生长趋势^[16]等结果一致。综合考虑,应在贝母属种子出苗高峰期加强其水肥及田间管理,促进一年生植株的根系及鳞茎生长,提高种子的成苗率及壮苗率。

3.2 不同处理对两种贝母属植物种子生长发育的影响

出苗势和出苗指数是种子出苗率的动态表达。出苗势反映种子出苗整齐度及种子生命力,出苗势大的种子出苗齐且壮;出苗指数反映种子的活力,出苗指数越大,种子的活力越高。株高和基径是反映幼苗长势的重要指标。合理的栽培措施不仅可以提高种子出苗率,还能培育优质壮苗。

3.2.1 不同播种处理对两种贝母属植物种子生长发育的影响 播种方式与种子出苗率、群体结构及干物质的积累密切相关^[17]。川贝母一般采用撒播与条播的播种方式^[5]。在本研究中,条播或撒播的贝母属种子出苗率、出苗势、出苗指数均高于垄播,且更利于其幼苗生长。这可能与贝母属植物喜湿润,耐低温,忌干旱的生物学特性有关。即不同播种方式下,垄播的空间面积较条播及撒播大,在日光试验温室中空气流通性强,大气与土壤气体的交换过程加快,同时间段内垄播的土壤水分蒸发快。这与张松超等^[18]、赵凯男等^[19]认为的条播、撒播时小麦(*Triticum aestivum*)出苗率最差的观点有所不同,故其可能与种植品种和周边环境等相关。

3.2.2 不同覆盖物处理对两种贝母属植物种子生长发育的影响 在作物及中药材种植过程中,设计覆盖物处理可有效抑制田间杂草、改善土壤质量及降低病虫害发生风险等^[20-21]。夏进春等^[7]和赵亚兰等^[11]利用川贝母与禾本科杂草的生长周期差异,以黑膜覆盖的种植方式控制杂草。本研究中,麦草或松针覆盖时贝母种子的出苗指标较羊粪或草木灰更优。不同覆盖物选择下,麦草、松针覆盖不仅可以避免阳光直射地面导致的土壤水分蒸发,阻挡灌溉时水分的径流,有效保蓄土壤水分,阻隔春季冷空气的侵袭,预防冻害,改善土壤表层的温湿条件,还可以抑制田间杂草,为贝母属植物种子的生长发育提供充足空间及养料;施有腐熟羊粪的土壤中含有大量有机质,其中有机质在分解过程中易消耗土壤中的氧气,使土壤暂时性处于缺氧状态,从而使贝母属植物生长受到抑制;贝母属植物喜含腐殖质的微酸性土壤,而草木灰作为碱性肥料,较高的 pH 易导致微生物呼吸作用降低,不利于其生长发育,且草木灰质地轻,作覆盖物时易飞扬,经水淋洗后肥效变弱。根据卢晓等^[22]的报道,作为浙贝母(*Fritillaria thunbergii*)覆盖物,有机粪的土壤透气性远不及菇渣,不利于浙贝母的生长发育。因此,一般不使用有机粪作为贝母属植物的覆盖物。

3.2.3 不同拌种处理对两种贝母属植物种子生长发育的影响 目前在中药材育苗过程中常采用药剂拌种提高种子出苗率,此外也有一些天然物质拌种处理的方式。本研究中,不拌种处理较羊粪拌种及草木灰拌种更利于贝母种子生长出苗。这与草木灰拌党参(*Codonopsis pilosula*)^[23]、马铃薯(*Solanum tuberosum*)^[24]、小麦^[25]、牧草^[26]等能提高其作物或药材产量的结果不同。这可能与作物或中药材的生长环境不同及草木灰用量等有关。

3.2.4 不同施肥处理对两种贝母属植物种子生长发育的影响 肥料作为中药材及农作物生产中的物质基础,一定程度上决定其产量高低及质量优劣。合理施用肥料不仅可以节本增效,还能减少因多施滥施导致的环境污染。本研究发现川贝母和暗紫贝母对肥料的需求相对较小,施肥过少或过量都不利于其生长,其最佳施肥量为川贝母施氮 $2.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $4.90\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $1.25\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,暗紫贝母施氮 $0.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $9.80\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $2.50\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。此时两种贝母种子的生长发育最优,出苗率高于不施肥,且出苗势、出苗指数、株高、基径等指标适宜。该结果与李宏等^[9]、张礼等^[27]的研究结果一致。

4 结论

本研究在贝母属植物生长环境、种植密度、覆膜育苗、施肥处理等田间管理措施研究的基础上,从播种方式、覆盖物种类、拌种方式、“3414 肥料试验”等角度对川贝母和暗紫贝母の出苗率、出苗势、出苗指数、株高、基径等进行了全面系统地分析,提出更全面更符合实际生产的各项田间措施,并比较了川贝母和暗紫贝母的种苗建成差异。结果表明,两种贝母属植物种子生长发育具有明显的阶段性,川贝母和暗紫贝母种子出苗率随播后天数的增加整体呈现“S 型”趋势。即播后 15 d 开始陆续出苗,但出苗速度较慢, (21 ± 3) d 出苗速度最快,且持续约 10 d,之

后出苗速度变缓,在 (30 ± 3) d基本完成出苗。部分处理的出苗率与播后天数呈幂函数正相关关系,如暗紫贝母的 $N_0P_2K_2$ 、 $N_2P_3K_2$ 、 $N_1P_2K_2$ 、 $N_2P_2K_1$ 、 $N_2P_2K_3$ 处理。条播较撒播或垄播更利于贝母幼苗生长。麦草覆盖时贝母种子的出苗指标较松针、羊粪、草木灰更优,不拌种处理较羊粪拌种及草木灰拌种更利于贝母种子生长发育。川贝母和暗紫贝母最佳施肥量分别为氮 $2.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $4.90\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $1.25\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 及氮 $0.00\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、磷 $9.80\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、钾 $2.50\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,在此施肥量下,两种贝母种子的生长发育最优。该研究有利于提高川贝母和暗紫贝母种苗建成过程中的出苗率及壮苗率,对贝母属植物的产业化生产具有重要的实践指导意义。为了有效保证贝母属植物的有性繁殖成功率,今后还应进行以下相关研究:1)不同等级的贝母属植物种子与其种苗建成研究;2)水分、光照等因素对贝母属植物种苗的影响;3)种苗根系微生物群落的建成。

参考文献 References:

- [1] Ma Y Z, Cui Z J, Zhang X R, *et al.* Research progress on resources and identification of *Fritillariae Cirrhosae* Bulbus. *World Chinese Medicine*, 2021, 17: 1—17.
马艳珠, 崔治家, 张小荣, 等. 中药川贝母资源学与商品鉴别研究进展. *世界中医药*, 2021, 17: 1—17.
- [2] Hou G J. Cultivation techniques of *Fritillaria cirrhosa* at high altitude in Gannan. *Friends of Farmers Getting Rich*, 2017(11): 135.
后尕俊. 甘南州高海拔川贝母种植技术. *农民致富之友*, 2017(11): 135.
- [3] Wang J J, Cao B, Bai C K, *et al.* Potential distribution prediction and suitability evaluation of *Fritillaria cirrhosa* D. Don based on Maxent and ArcGIS. *Bulletin of Botanical Research*, 2014, 34(5): 642—649.
王娟娟, 曹博, 白成科, 等. 基于Maxent和ArcGIS预测川贝母潜在分布及适宜性评价. *植物研究*, 2014, 34(5): 642—649.
- [4] Peng F, He Z, Qi M E B, *et al.* Study on the key techniques in cultivation of *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K. C. Hsia. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2021, 49(4): 166—168, 179.
彭芳, 贺正, 祁妹俄波, 等. 暗紫贝母栽培关键技术研究. *安徽农业科学*, 2021, 49(4): 166—168, 179.
- [5] Ding D D, Yu Q, Wang X R, *et al.* Non-pollution imitated ecological cultivation system of *Fritillaria cirrhosa*. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology*, 2019, 21(4): 775—783.
丁丹丹, 余强, 王晓蓉, 等. 川贝母无公害仿生态栽培体系. *世界科学技术—中医药现代化*, 2019, 21(4): 775—783.
- [6] Liu X, Dai Y, Xiang L, *et al.* Study on seeds breeding of *Fritillaria cirrhosa* in plateau production area. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica—World Science and Technology*, 2013, 15(9): 1911—1915.
刘翔, 代勇, 向丽, 等. 川贝母种子在高原产区的繁殖研究. *世界科学技术—中医药现代化*, 2013, 15(9): 1911—1915.
- [7] Xia J C, Zhuo M, Zhang C, *et al.* Preliminary study of cultivation techniques for *Fritillaria cirrhosa*. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2017, 38(5): 53—57, 72.
夏进春, 卓姆, 张超, 等. 川贝母栽培技术初步研究. *四川林业科技*, 2017, 38(5): 53—57, 72.
- [8] Han H P, Wang H Q, Chen Z. The ecological environment and domestication of wild *Fritillaria unibracteata*. *Journal of Qinghai Normal University (Natural Science)*, 2016, 32(3): 80—83.
韩鸿萍, 王华清, 陈志. 野生暗紫贝母的生态环境与驯化栽培. *青海师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 32(3): 80—83.
- [9] Li L H, Ye B G, Gong P Z, *et al.* Effects of different fertilization methods on yield and quality of *Fritillaria cirrhosa*. *West China Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2019, 34(3): 168—171.
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. *华西药学杂志*, 2019, 34(3): 168—171.
- [10] Li Y X, Han H P. Research on seeds breeding of *Fritillaria unibracteata*. *Qinghai Prataculture*, 2021, 30(3): 69—72.
李亚兄, 韩鸿萍. 暗紫贝母种子繁育研究. *青海草业*, 2021, 30(3): 69—72.
- [11] Zhao Y L, Dai L L, Wang Y D, *et al.* Effects of different seedling raising methods on seedling growth of two kinds of *Fritillaria*. *Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine*, 2018, 37(6): 17—20.
赵亚兰, 代立兰, 王崧德, 等. 不同育苗方法对两种贝母幼苗的影响. *中兽医医药杂志*, 2018, 37(6): 17—20.
- [12] Yu T F, Liu X J, Wu Y, *et al.* Fertilization effect of alfalfa high field and its recommended fertilizer application in northwest drought irrigated area. *Acta Prataculture Sinica*, 2019, 28(8): 15—27.
于铁峰, 刘晓静, 吴勇, 等. 西北干旱灌区紫花苜蓿高产田施肥效应及推荐施肥量研究. *草业学报*, 2019, 28(8): 15—27.
- [13] Sun H R, Che Z B, Chen Y S, *et al.* Ecological adaptability of biological traits and population distribution patterns for ephemeral plant *Leontice incerta* in desert habitats. *Acta Prataculture Sinica*, 2019, 28(7): 198—207.
孙海荣, 车昭碧, 陈乙实, 等. 荒漠植物囊果草生物学特性及其种群分布格局的生态适应意义. *草业学报*, 2019, 28(7): 198—207.
- [14] Lu Y L, Zhang W H, Yang B, *et al.* Seed rain, soil seed bank and seedling regeneration of *Quercus aliena* var. *acureserrata* in

- different slope directions on the middle Qinling Mountains, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019, 30(6): 1965—1973.
- 卢彦磊, 张文辉, 杨斌, 等. 秦岭中段不同坡向锐齿栎种子雨、土壤种子库与幼苗更新. *应用生态学报*, 2019, 30(6): 1965—1973.
- [15] Zhao Y L, Dai L L, Wang Y D, *et al.* Effects of different base fertilizers and fertilizer application amount on yield and quality of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus*. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2018, 41(12): 2741—2747.
- 赵亚兰, 代立兰, 王崧德, 等. 不同基肥及其施肥量对黄芪产量和质量的影响. *中药材*, 2018, 41(12): 2741—2747.
- [16] Yue Y H, Jin G L, Han W Q, *et al.* Effects of burial depth on seed germination and seedling growth of *Achnatherum inebrians*. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(2): 8—13.
- 岳永寰, 靳瑰丽, 韩万强, 等. 埋藏深度对醉马草种子萌发与幼苗生长的影响. *中国草地学报*, 2020, 42(2): 8—13.
- [17] Mirsky S B, Ryan M R, Teasdale J R, *et al.* Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the Eastern United States. *Weed Technology*, 2013, 27(1): 193—203.
- [18] Zhang S C, Zhang J F, Wang J C, *et al.* Effects of different planting methods and nitrogen application rates on physiological characteristics and yield of winter wheat with drip irrigation. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2021, 30(4): 522—531.
- 张松超, 张建芳, 王冀川, 等. 不同种植方式和施氮量对滴灌冬小麦生理特征及产量的影响. *西北农业学报*, 2021, 30(4): 522—531.
- [19] Zhao K N, Chang X H, Wang D M, *et al.* Effects of tridimensional uniform sowing and fertilizer on grain and physiological characteristics of winter wheat. *Crops*, 2019(1): 103—110.
- 赵凯男, 常旭虹, 王德梅, 等. 立体匀播和施氮量对冬小麦产量构成及旗叶光合性能的影响. *作物杂志*, 2019(1): 103—110.
- [20] Jian S L, Li S X, Liu S Q, *et al.* Research advances of cover crops and their important roles. *Acta Agronomica Sinica*, 2022, 48(1): 1—14.
- 蹇述莲, 李书鑫, 刘胜群, 等. 覆盖作物及其作用的研究进展. *作物学报*, 2022, 48(1): 1—14.
- [21] Zhang J Y, Ma Y H, Shi G Y, *et al.* Effects of coverings on the growth environment and yield of aerobic rice. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2021, 47(2): 219—224.
- 张杰瑜, 马友华, 时光宇, 等. 覆盖材料对旱稻生长环境的影响及其产量效应. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 47(2): 219—224.
- [22] Lu X, Bi Y M, Huo Y Z, *et al.* Effect of different fertilization and cover treatments on yield and active constituents of *Fritillaria thunbergii* Miq. *Modern Chinese Medicine*, 2018, 20(5): 576—580.
- 卢晓, 毕艳孟, 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. *中国现代中药*, 2018, 20(5): 576—580.
- [23] Wu F M, Wang H D, Li S, *et al.* Effects of different processing methods on *Codonopsis pilosula* seed germination and seedling growth. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2015, 46(7): 1047—1051.
- 吴发明, 王化东, 李硕, 等. 不同处理方法对党参种子萌发和幼苗发育的影响. *中草药*, 2015, 46(7): 1047—1051.
- [24] Fan Z L, Niu L L, Tang X F, *et al.* The effects of seed-cutting buds and different buds on potato agronomic traits. *Tillage and Cultivation*, 2017(5): 17—20, 29, 53.
- 樊祖立, 牛力立, 唐兴发, 等. 种薯切块芽位及不同催芽、拌种方式对马铃薯农艺性状的影响. *耕作与栽培*, 2017(5): 17—20, 29, 53.
- [25] Yao Y, Ma Q, Zheng G L, *et al.* Effect of different straw returning methods on wheat yield, soil nutrients and physiological activities. *Journal of Triticeae Crops*, 2021, 41(8): 1005—1014.
- 姚远, 马泉, 郑国利, 等. 不同秸秆还田方式对小麦产量及土壤养分与生理活性的影响. *麦类作物学报*, 2021, 41(8): 1005—1014.
- [26] Li W B, Qiu R, Zhu L, *et al.* Effects of fungus powder and plant ash on the growth of pasture seedlings under Cu^{2+} stress. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2019, 31(5): 65—68.
- 李文斌, 邱润, 朱浪, 等. 菌粉、草木灰对 Cu^{2+} 胁迫下牧草幼苗生长的影响. *环境监测管理与技术*, 2019, 31(5): 65—68.
- [27] Zhang L, Wu Y H, Fu S B, *et al.* Effects of cultivation density and fertilization on the growth and yield of *Fritillaria cirrhosa*. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, 45(3): 119—121.
- 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. *江苏农业科学*, 2017, 45(3): 119—121.