

DOI:10.11937/bfyy.201524040

## 温度处理对不同种源玛咖发芽特性的影响

冯海萍<sup>1</sup>, 牛敬娟<sup>2</sup>, 谢华<sup>1</sup>, 雍纬基<sup>3</sup>, 丁自强<sup>3</sup>, 马八十<sup>3</sup>

(1. 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏隆德县山河乡政府, 宁夏 隆德 756300;  
3. 宁夏隆德县农牧局, 宁夏 隆德 756300)

**摘要:**为探讨温度对不同种源玛咖种子萌发的影响,以玛咖种子为试材,采用单因子随机区组设计,研究了不同温度处理对不同种源玛咖种子发芽特性的影响。结果表明:秘鲁种源与云南种源的玛咖种子发芽特性对温度条件变化的反应基本一致,不同温度对玛咖种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚根长度的影响均显著。在 15~35℃ 范围内,随温度的上升均呈先增后减趋势,其中 25℃ 时云南种源玛咖与秘鲁种源玛咖种子的发芽率、发芽势、发芽指数和胚根长度均达到最大值,分别为 89.33%、83.75%、14.88、22.10 mm 和 87.27%、83.44%、14.53、21.06 mm,且该温度下种子发芽所需时间较短,发芽速度最快,整体发芽效果最好。因此认为 25℃ 是玛咖种子发芽最适温度。

**关键词:**玛咖;种子;温度;发芽

**中图分类号:**S 636.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0146-04

玛咖(*Lepidium meyenii* Walp)属十字花科独行菜属的一年生或两年生草本植物,英文俗称 Maca,原产秘

鲁海拔 3 500~4 000 m 安第斯山区,主要以收获根和种子为目的<sup>[1-2]</sup>。根是主要食用部位,其含有多种营养和天然植物活性成分,且在提高免疫力、改善性功能、提高生育力、调节内分泌和抗疲劳、抗氧化、抗肿瘤等方面有明显的药效<sup>[3-7]</sup>,被誉为“秘鲁国宝”。种子主要用于播种繁殖,国内采用植物组织培育技术开展了玛咖繁殖工作<sup>[8]</sup>。联合国基因资源协会将玛咖列为濒危物种,并建议具备条件地区适度进行玛咖引种和推广种植,目前美国、加拿大、日本、澳大利亚、欧洲,中国的云南、西藏、吉林、新疆、四川、山西等国家和地区均有适度种植<sup>[9-11]</sup>,部

**第一作者简介:**冯海萍(1981-),女,宁夏盐池人,硕士,助理研究员,现主要从事设施蔬菜生理与无土栽培等研究工作。E-mail: fenghaiping2005@163.com.

**责任作者:**谢华(1965-),男,宁夏中卫人,本科,研究员,现主要从事蔬菜学等研究工作。E-mail: xiehua0002@163.com.

**基金项目:**宁夏农林科学院科技创新先导资金资助项目(NKYG-14-21)。

**收稿日期:**2015-07-27

(1. Nanjing Institute for the Comprehensive Utilization of Wild Plants, Nanjing, Jiangsu 210042; 2. Jiangsu Hongfeng Fruit and Vegetable Co. Ltd., Suqian, Jiangsu 223700; 3. College of Chemical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037)

**Abstract:** Liquid culture conditions of carbon and nitrogen sources for production of fibrinolytic enzyme by a *Cordyceps militaris* strain were optimized using fibrin plate method. The best carbon and nitrogen sources were screened out by single factor method. Based on the outcomes of the single factor method, an orthogonal test was designed to optimize the most suitable formula. The results showed that lactose was the best carbon source, with enzyme activity at 118.69 U/mL, followed by the control without carbon source supplement, having activity at 109.12 U/mL. The best nitrogen source was silkworm pupa powder, with the activity of 118.69 U/mL and followed by yeast extract, giving enzyme activities of 29.10 U/mL. There was no certain relevance between enzyme activities and mycelial biomass. The optimal medium for fibrinolytic enzyme production consisted of lactose 10 g/L, silkworm pupa powder 10 g/L, yeast extract 5 g/L. Highest activity of 142.26 U/mL was obtained.

**Keywords:** *Cordyceps militaris*; fibrinolytic enzyme; nutritional conditions; submerged culture

分地区都在探索或已经形成玛咖规范化(规模化)种植技术,种子的质量及发芽特性的研究是玛咖规模化种植的首要工作,关系着育苗技术和质量,对玛咖的栽培起着关键的作用,种源是种子质量的基础,温度是种子发芽特性的关键因子。目前,国内外对玛咖的研究主要集中在营养成分分析、药用保健价值及相关的次生代谢物含量方面<sup>[6-9]</sup>,关于不同种源玛咖种子的质量及发芽特性的研究报道很少。该试验研究了不同温度对不同种源玛咖发芽特性的影响,以期对玛咖合理引种种植提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试玛咖品种(混合色)由秘鲁和云南农业科学院相关玛咖研究所提供。

### 1.2 试验方法

试验于 2015 年 3 月在宁夏农林科学院综合试验室内进行。试验设 5 个不同的催芽温度,分别为 15℃(T1)、20℃(T2)、25℃(T3)、30℃(T4)、35℃(T5)的恒温,共 5 个处理,每处理 3 次重复。

### 1.3 项目测定

1.3.1 种子相关特性的测定 每个品种随机选取 20 粒完整种子,种子长、宽、厚度用游标卡尺(0.01 mm)测定。种子千粒重,每个品种随机选取 1 000 粒完整种子,用电子秤(0.000 1 g)测定。种子含水量测定参照《国际种子检验规程》(ISTA),从供试种子样品中随机选取种子 2 g,均匀地放在铝盒内,在 105℃的恒温烘箱中烘 3 h 后,放入干燥器里冷却 0.5 h 后称量(0.001 g),3 次重复,计算种子含水率。

表 1

不同种源玛咖种子特性比较

Table 1

Maca seed feature comparison from different provenances

种源 Provenances	种子大小 Seed size			千粒重 Grain weight/g	形状及颜色 Shape and color
	长 Length/mm	宽 Width/mm	厚 Thickness/mm		
秘鲁 Peru	2.02±0.013 a	1.17±0.006 a	0.58±0.002 a	0.72±0.004 a	卵形、棕褐色
云南 Yunnan	1.86±0.011 b	1.16±0.004 a	0.55±0.001 a	0.58±0.001 b	卵形、黄色和棕色

注:多重比较采用 Duncan 新复极差法,不同小写字母表示在 0.05 水平上显著差异。下同。

Note: Multiple comparisons take Duncan method, the different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same below.

### 2.2 不同温度下玛咖种子发芽动态变化

种子发芽率是反映种子生活力的一个重要指标,发芽率越高,其种子中有生活力的种子越多<sup>[12]</sup>。由图 1 可以看出,秘鲁种源与云南种源的玛咖种子发芽率对温度条件变化的反应基本上是一致的,玛咖种子在 15~30℃均可发芽,但不同温度条件下,种子的萌发过程有差异,秘鲁种源与云南种源玛咖种子在 15℃下第 3 天开始萌发,3~6 d 是发芽高峰期,发芽周期为 7 d,发芽速率较慢,发芽率较低,最终发芽率分别为 63.2%和 68.0%,其

1.3.2 发芽特性的测定和计算 2015 年 3 月 2 日,选取大小一致的 100 粒种子催芽,均匀摆放在铺有 2 层滤纸的培养皿中,每个培养皿加入室温自来水 10 mL,将做好标记的培养皿分别放入相应的 15、20、25、30、35℃的培养箱中进行催芽,当种子胚根长至 1 mm 时视为发芽,将发芽种子挑出,每 24 h 记录 1 次发芽情况,适时补充水分,试验时间 6 d,然后计算: $GR(\%) = TN/TD \times 100$ , $GF(\%) = TG/TD \times 100\%$ , $GI(\%) = \sum Gi/Di$ ,式中,GR 为发芽率,TN 为发芽种子总数,TD 为种子总数,GF 为发芽势,TG 为第 3 天发芽的粒数,GI 为发芽指数,Gi 为不同时间的发芽量,Di 为不同的发芽试验天数。

### 1.4 数据分析

采用 DPS 7.05 软件和 Microsoft Office Excel 2003 进行数据分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种源玛咖种子特性比较

由表 1 可以看出,不同种源玛咖种子均呈卵形,秘鲁种源玛咖种子长度 2.02 mm,宽度 1.17 mm,厚度 0.58 mm,颜色棕褐色,云南种源玛咖种子长度 1.86 mm,宽度 1.16 mm,厚度 0.55 mm,颜色黄色或棕色,种子长度在不同种源间有显著差异,种子宽和厚度在不同种源间无显著差异;秘鲁种源玛咖种子的千粒重 0.72 g,国内云南种源玛咖的千粒重 0.53 g,千粒重在不同种源间存在显著差异。说明秘鲁种源与云南种源玛咖种子形状、宽度、厚度基本一致,种子长度、千粒重和外观色泽存在一定差异,秘鲁种源玛咖种子长度稍长点,重量稍重些,颜色稍深些。

它处理均都在第 2 天开始萌发,发芽周期为 6 d,其中在 35℃下秘鲁种源与云南种源玛咖种子发芽率均为 6%,在 20~30℃下秘鲁种源与云南种源玛咖种子发芽速率均较快,发芽率均超过 75%,尤其是在 25℃下,秘鲁种源与云南种源玛咖种子种子的发芽率均达到最大值,发芽率分别为 87.3%和 89.1%。

### 2.3 不同温度下玛咖种子的发芽特性的变化

由表 2 可以看出,不同种源间玛咖种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚根长度对温度条件变化的反应基本

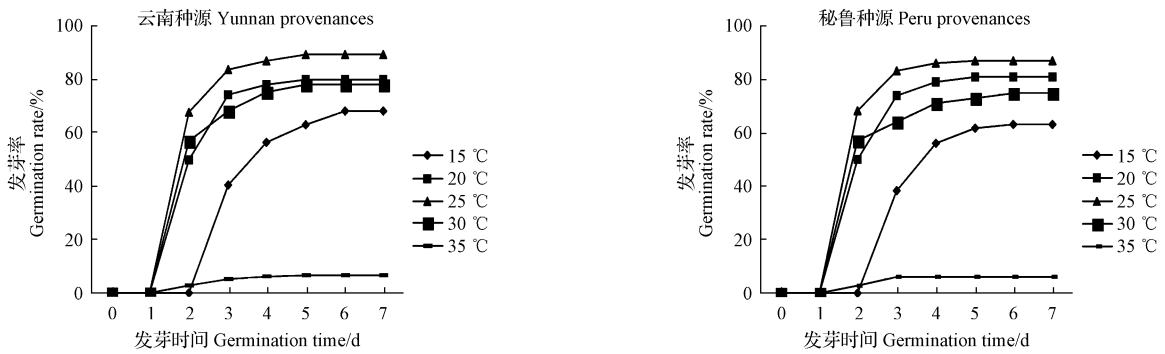


图1 温度对不同种源玛咖种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of temperature treatments on seed germination rate of different provenances maca

表2 温度对不同种源玛咖种子发芽特性的影响

Table 2 Effect of temperature treatments on seed germination feature of different provenances maca

种源 Provenance	温度 Temperature/°C	发芽率 Germination rate/%	发芽势 Germination potential/%	发芽指数 Germination index	胚根长度 Radicle length/mm
秘鲁 Peru	15	63.24±2.691 d	38.54±2.564 d	9.03±0.645 d	12.61±0.339 c
	20	81.65±3.563 b	74.25±3.023 b	13.60±0.722 b	14.33±0.415 b
	25	87.27±3.133 a	83.44±3.268 a	14.53±0.669 a	21.06±0.445 a
	30	75.77±3.078 c	64.37±2.598 c	12.62±0.487 c	15.43±0.411 b
	35	6.34±1.036 e	5.66±1.056 e	1.05±0.024 e	10.23±0.478 d
云南 Yunnan	15	68.55±2.2431 d	40.59±2.457 d	9.79±0.664 d	12.75±0.398 c
	20	80.26±3.133 b	74.37±3.246 b	13.37±0.787 b	15.13±0.414 b
	25	89.33±3.268 a	83.75±3.265 a	14.88±0.716 a	22.10±0.496 a
	30	77.41±3.461 c	68.49±2.846 c	13.07±0.723 c	15.89±0.423 b
	35	5.60±1.213 e	5.12±1.127 e	0.93±0.031 e	9.16±0.349 d

一致,不同温度对玛咖种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚根长度的影响均显著,在 15~35℃范围内,随温度的上升均呈先增后减趋势,其中 25℃时秘鲁产地和云南产地玛咖种子的发芽率、发芽势、发芽指数和胚根长度均达到最大值,显著高于其它处理,分别为 87.27%、83.44%、14.53、21.06 mm 和 89.33%、83.75%、14.88、22.10 mm,且该温度下种子发芽所需时间较短,发芽速度最快,整体发芽效果最好,因此,认为 25℃是玛咖种子发芽最适温度。

### 3 讨论与结论

温度是种子发芽的一个重要生态因素。种子在发芽过程中进行着活跃的代谢反应,温度的高低影响着种子酶的活性,进而影响种子的发芽<sup>[13]</sup>。不同植物需要不同温度的发芽条件,在一定温度范围内,随温度的升高,种子萌发进程加快,但过高的温度会使酶变性而影响种子萌发<sup>[14]</sup>。对于特定的植物种子发芽存在着适宜发芽温度的现象,但是不同物种之间适宜发芽温度有着很大的差异。有些植物种子的适宜萌发温度是一个定值,而有些种子的适宜发芽温度是一个相对固定的温度范围<sup>[15-16]</sup>。植物种子的发芽温度与生境条件密切相关,是植物对自然环境的一种适应<sup>[17-18]</sup>。不同种源种子形态

和活力都可能有一定差异,这与母株生存环境的气候、土壤条件有很大关系。该研究表明,秘鲁种源与云南种源玛咖种子在形状、宽度、厚度基本一致,在种子长度、千粒重和外观色泽存在一定差异,秘鲁种源玛咖种子长度稍长点,重量稍重些,颜色稍深些,其中秘鲁种源玛咖种子长度 2.02 mm,这与 REA<sup>[19]</sup> 和 TELLO<sup>[20]</sup> 报道的玛咖种子长度在 2.0~2.5 mm 范围内基本一致;秘鲁种源与云南种源的玛咖种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚根长度对温度条件变化的反应基本一致,不同温度对玛咖种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚根长度的影响均显著,在 15~35℃范围内,随温度的上升均呈先增后减趋势,其中 25℃时秘鲁种源与云南种源玛咖种子发芽所需时间较短,发芽速度最快,整体发芽效果最好,但在 35℃下发芽率仅为 6%,这可能与玛咖种子在萌发过程中,过高的温度影响种子膜的透性、膜结合的活性和酶变性有关。

近些年,玛咖在中国高寒冷凉区的一些省份引种试种、种植面积也不断扩大,在其规模化种植过程中,种子质量和育苗技术是首要工作,但影响玛咖育苗技术和质量的因素很多,该试验仅研究了温度对不同种源玛咖发芽特性的影响,关于其它因素对其发芽及幼苗生长特性的影响有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] OCHOA C. Maca (*Lepidium meyenii* Walp. ;Brassicaceae) — A nutritious root crop of the central andes[J]. Econ Bot,2001,55(3):344-345.
- [2] WANG Y L, WANG Y C, MCNEIL B, et al. Maca: An Andean crop with multi-pharmacological functions[J]. Food Res Int,2007,40:783-792.
- [3] ZENICO T, CICERO A F G, VALMORRI L, et al. Subjective effects of *Lepidium meyenii* (Maca) extract on well-being and sexual performances in patients with mild erectile dysfunction: a randomized, double-blind clinical trial[J]. Andrologia,2009,41(2):95-99.
- [4] CICERO A F, BANDIERI E, ARIETTI R. *Lepidium meyenii* Walp. improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity[J]. Journal of Ethnopharmacology,2001,75:225-229.
- [5] GOZALES G F, NIETO J, RUBIO J, et al. Effect of black maca (*Lepidium meyenii*) (Maca) on one spermatogenic cycle in rats[J]. Andrologia,2006,44(7):1144-1150.
- [6] MUHAMMAD L, ZHAO J P, DUNBAR D C, et al. Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca' [J]. Phytochemistry,2002,59:105-110.
- [7] 余龙江, 金文闻. 玛咖 (*Lepidium meyenii*) 干粉营养成分及抗疲劳作用研究[J]. 食品科学,2004,25(2):164-166.
- [8] 程华, 余龙江, 孙友平, 等. 玛咖的愈伤组织诱导及植株再生[J]. 植物生理学通讯,2004,40(6):709-711.
- [9] 何颖, 何钊, 徐珑峰, 等. 云南栽培玛咖的营养成分分析与评价[J]. 林业科学研究,2009,22(5):696-700.
- [10] 宋倍源, 蒲玉华. 新疆塔什库尔干县帕米尔高原玛咖栽培技术[J]. 新疆畜牧业,2013(12):51-54.
- [11] 于森. 吉林产玛咖地上部分化学成分及生物活性的研究[D]. 长春: 吉林大学,2013.
- [12] 卢杰, 郑维列, 张建新. 温度对长鞭红景天种子发芽的影响[J]. 西北林学院学报,2010,25(3):101-106.
- [13] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社,2004:706.
- [14] 刘志民, 蒋德明, 高红瑛. 植物生活史繁殖对策与干扰关系的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(3):418-422.
- [15] PROBERT R J, THOMPSON P A. Effects of temperature and seed coat treatments on germination of sweetpea[J]. Scientia Horticulturae,1976,5(2):139-151.
- [16] CARBERRY P S, ABRECHT D G. Germination and elongation of the hypocotyls and radicle of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) to temperature[J]. Field Crops Research,1990,24(34):227-240.
- [17] 张勇, 薛林贵, 高天鹏, 等. 荒漠植物种子萌发研究进展[J]. 中国沙漠,2005,25(1):106-112.
- [18] 裴芸, 樊卫国, 马文涛. 萌芽期低温胁迫对积种子萌发和生理特性的影响[J]. 贵州农业科学,2011(11):175-177.
- [19] REA J. Maca (*Lepidium meyenii*). Neglected crops:1492 from a different perspective. in: Hernando B, Leon J (eds.) [J]. Plant Production and Protection Series No. 26, FAO, Rome (Italy). 1994:165-179.
- [20] TELLO J. La mace (*Lepidium meyenii* TWalpers) — Cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas[J]. Field Crops Research,1992,81:59-66.

## Effect of Temperature on Germination Characteristics of Different Provenance Maca

FENG Haiping<sup>1</sup>, NIU Jingjuan<sup>2</sup>, XIE Hua<sup>1</sup>, YONG Weiji<sup>3</sup>, DING Ziqiang<sup>3</sup>, MA Bashi<sup>3</sup>

(1. Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. Ningxia Longde County Mountains and Rivers of the Township Government, Longde, Ningxia 756300; 3. Ningxia Agriculture and Animal Husbandry, Longde, Ningxia 756300)

**Abstract:** Taking maca seed as test material, using single factor randomized block design with set the different temperature treatment, the effect of temperature on germination characteristics of different maca seed provenance were studied. The results showed that the reaction of Peruvian provenance and Yunnan provenance maca seed germination characteristics following temperature changes were basically consistent, the effect of temperature on the maca seeds germination rate, germination potential, germination index and the length of radicle were significantly different. In the range of 15—35℃, maca seeds germination rate, germination potential, germination index and the length of radicle were increased at first and then decreased, the Yunnan provenance of provenance and Peruvian maca seed germination rate, germination potential, germination index and radicle length was maximum respectively, were 89.33%, 83.75%, 14.88, 22.10 mm and 87.27%, 83.44%, 14.53, 21.06 mm when it was 25℃, and shorter time needed for seed germination under this temperature, germination speed was the fastest, best overall germination effect. Therefore, 25℃ was the optimum temperature for seed germination.

**Keywords:** maca; seeds; temperature; germination