

温度层积对黄精种子萌发及出苗的影响

安瑞朋¹,王冬梅¹,祁建军²,魏建和²,廖登群²

(1. 河北农业大学 河北省植物生理与分子病理学重点实验室,河北 保定 071001;

2. 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所,北京 100193;

3. 陕西步长制药有限公司,陕西 西安 710075)

摘要:为了寻找黄精种子的最适萌发温度,为农业大规模种子种植提供依据,设置3个常规的恒温梯度(25,20,15℃),并且模拟大自然季节和昼夜的温度变化设置了3个变温层积处理(30/20℃,25/15℃,20/10℃)和一个低温4℃处理,对于来自不同地区的滇黄精、多花黄精和黄精种子的萌发特性进行了研究。结果显示:恒温下3种种子最适萌发温度为25℃,种子萌发率最高。在变温条件下,滇黄精和黄精种子萌发最适温度为30/20℃,多花黄精萌发最适温度为20/10℃,在对应的变温条件下种子的发芽率最高。然后将萌发的种子分2批转入室温25℃和低温4℃进行出苗研究。其中黄精种子存在着休眠情况,需要在4℃低温处理方可出苗,而滇黄精和多花黄精种子可以直接出苗,多花黄精适合低温出苗,而滇黄精更加适合常温出苗。所以在农业的实际生产中黄精和滇黄精种子适合在温度较高的夏季播种,黄精种子经历冬季自然低温后次年三四月份即可出苗,滇黄精出苗需要较高温度。多花黄精适合在温度较为适宜的秋季进行播种,与黄精种子相同次年三四月份可出苗。

关键词:黄精;温度层积;种子萌发;休眠;出苗

中图分类号:S567.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2020)增刊-0220-07

doi:10.7668/hbxb.20191379



Effects of Temperature Stratification on Seed Germination and Seedling Emergence of *Polygonatum*

AN Ruipeng¹, WANG Dongmei¹, QI Jianjun², WEI Jianhe², LIAO Dengqun²

(1. Key Laboratory of Hebei Province for Molecular Plant-Microbe Interaction, Hebei Agricultural University,

Baoding 071001, China; 2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical

Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 3. Xi'an Buchang Pharmaceutical

Co. Ltd., Xi'an 710075, China)

Abstract: Mature *Polygonatum sibiricum* seed's embryos are underdeveloped. After falling in autumn under natural conditions, the seeds undergo a brief high temperature condition in autumn and then enter a low temperature period in winter. We simulated this natural condition of the seed, and set three temperature-variable lamination treatments(30/20℃, 25/15℃, 20/10℃) and one low temperature 4℃ treatment. The germination characteristics of *Polygonatum sibiricum* Red., *P. cyrtoneura* Hua. and *P. kingianum* Coll. et Hemsl. seeds were studied. The results showed that the optimal germination temperature of the three seeds under constant temperature was 25℃, and the seed germination rate was the highest. The optimal temperature for germination of *P. sibiricum* Red. and *P. kingianum* Coll. et Hemsl. was 30/20℃, and the optimal temperature for germination of *P. cyrtoneura* Hua. was 20/10℃, and the germination rate of the seeds reached the maximum under the corresponding variable temperature conditions. The germinated seeds were then transferred into two batches at room temperature of 25℃ and low temperature of 4℃ for emergence studies. Among them, there was a dormancy condition of the *P. sibiricum* Red. seeds, which need to be treated at a low temperature of 4℃ for emergence, while the *P. cyrtoneura* Hua. and *P. kingianum*

收稿日期:2020-05-14

基金项目:中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(2016-I2M-2-003)

作者简介:安瑞朋(1994-),男,河北定州人,在读硕士,主要从事中药材黄精种子休眠机制研究。

通讯作者:王冬梅(1963-),女,河北景县人,教授,博士,主要从事植物逆境分子生物学研究。

祁建军(1969-),男,北京海淀人,研究员,博士,主要从事药用植物生物技术研究。

Coll. et Hemsl seeds can emerge directly. *P. cyrtanema* Hua. is suitable for emergence at low temperature, and *P. kingianum* Coll. et Hemsl. is more suitable for emergence at normal temperature.

Key words: *Polygonatum sibiricum*; Temperature stratification; Seed germination; Dormancy; Emergence

黄精为药食同源的大宗药材,来源于黄精(*Polygonatum sibiricum* Red.)、多花黄精(*P. cyrtanema* Hua.)和滇黄精(*P. kingianum* Coll. et Hemsl.)的干燥根茎,按照对应的根茎形状俗称为鸡头黄精、姜黄精和大黄精。黄精最早的记载于《名医别录》,具有“主补中益气,除风湿,安五脏。久服轻身、延年、不饥”等主要功效。《本草纲目》记载:“黄精补诸虚,填精髓,平补气血而润”。而现代研究证明,黄精主要含有黄精多糖、甾体皂苷、黄酮及蒽醌类化合物,生物碱、强心苷、木脂素、维生素和多种对人体有益的氨基酸和微量元素等^[1-2]。而其对应的药理研究认为,黄精具有延长寿命抗衰老,降血糖,降血脂,抗炎抗菌,调节免疫力,抗肿瘤等多种药理作用。黄精在临床上的应用主要是以黄精为主要原料的许多中药复方制剂如消糖灵胶囊、消渴降糖片、黄精注射液等,已广泛应用于中医临床。黄精属植物也被用作各种功能食品,根状茎常与肉或粥一起煮,制成茶或者药酒,作为水果或者蔬菜食用,在一些地方,幼叶和幼茎也被用作蔬菜^[3-5]。

近年来,黄精药材的需求量日益增加,野生资源的采挖已经不能满足市场需求,所以这就需要人工进行大量种植。黄精有2种繁殖方式,分为有性繁殖(种子繁殖)和无性繁殖(根茎繁殖)。根茎繁殖

存在成本高易导致品种退化,影响药材产量和重量的问题,而种子繁殖可以得到大量的种苗,降低生产成本等优点,但是黄精种子在实际种植中存在休眠现象,使得黄精资源开发利用、人工育种栽培存在问题。本研究对《中华人民共和国药典》(2015版)收录的黄精药材来源的3种植物(黄精、多花黄精和滇黄精)的种子进行了初步研究^[6],模拟黄精种子自然萌发的温度条件,探索种子萌发生长规律和种胚发育的特点,为黄精种子处理和黄精药材生产提供支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试种子2018年10月份采自吉林省柳河县、陕西略阳、云南玉溪、云南临沧、安徽祁门和北京市海淀区药用植物研究所药用植物园,经中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所祁建军研究员鉴定为黄精(*P. sibiricum* Red.),多花黄精(*P. cyrtanema* Hua.)和滇黄精(*P. kingianum* Coll. et Hemsl.)。采集信息见表1。果实在10月左右进行采集,采集后使用塑料袋密封发酵3~5d,之后使用网袋将果肉搓去,然后用清水洗净种子后置于阴凉处晾干、去除其中干瘪、虫蛀不饱满种子和残渣,留下形状饱满的种子备用。

表1 种子采集信息表

Tab.1 Seeds collection information

代号 Code	采集地点 Collecting site	种 Species	学名 Scientific name	千粒质量/g Seed weight	胚率/% Embryo rate
DH1	云南省玉溪	多花黄精	<i>P. cyrtanema</i> Hua.	24.40 ± 0.43e	46.87 ± 6.80b
DH2	云南临沧	多花黄精	<i>P. cyrtanema</i> Hua.	33.48 ± 0.17b	39.71 ± 6.45f
DJ1	安徽省祁门	滇黄精	<i>P. kingianum</i> Coll. et Hemsl.	50.23 ± 1.17a	43.79 ± 4.83d
DJ2	云南临沧	滇黄精	<i>P. kingianum</i> Coll. et Hemsl.	33.09 ± 0.09b	39.27 ± 4.52f
HJ1	吉林省柳河	黄精	<i>P. sibiricum</i> Red.	30.78 ± 1.29d	41.85 ± 6.79e
HJ2	北京药用植物园	黄精	<i>P. sibiricum</i> Red.	31.61 ± 1.04c	44.62 ± 8.00c
HJ3	陕西略阳	黄精	<i>P. sibiricum</i> Red.	31.38 ± 0.07c	56.39 ± 6.11a

1.2 试验方法

1.2.1 千粒质量及种子胚观察 参照《林木种子检验规程》(GB 2772-1999),采用百粒质量法测定种子千粒质量。种子在蒸馏水40℃浸泡48h后,随机选择100粒种子,徒手切片后在体式显微镜下观测种子的胚和胚乳纵长,计算胚率,并观察种子胚萌发的变化,其中对黄精种子在25℃萌发过程的胚率动态变化每隔1d进行测定。

1.2.2 恒温层积 温度共设置4个处理:4,15,20,25℃,黑暗环境。种子使用温水浸种24h,然后吸干种子表面水分,之后使用75%乙醇浸种5min进行种子消毒。然后将种子装入直径为10cm的带盖塑料发芽杯中,装入适量干净河沙,每个发芽杯中装入50粒种子,每个温度设置3个重复,分别置于恒温培养箱层积150d。每隔3d或者7d记录种子发芽和出苗数,重复3次。种子以胚根突破种皮长度

超过种子自身长度视为发芽,以芽出土并展开第一片真叶视为出苗。

1.2.3 变温层积 种子温度层积设3个变温组合,30/20℃,25/15℃,20/10℃,变温时间为12/12h;一个4℃恒温处理;黑暗环境。种子处理同上,每个发芽杯中装入50粒种子。每个温度处理设置6个样本重复,然后置入人工气候培养箱中进行培养。每周观察一次种子的萌发情况,记录萌发种子的个数,去除掉腐烂的种子。种子以胚根突破种皮长度超过种子自身长度视为发芽,持续观察15周。之后将这些种子分为2批分别置于25℃室温处理和4℃低温处理进行出苗试验,以芽出土并展开第一片真叶视为出苗,然后每隔30d记录种子的出苗情况。

1.3 数据统计分析

按以下几个指标进行统计和分析:

胚率 = (胚纵长/胚乳纵长) × 100% ;

萌发率 = (萌发种子数量/种子总数) × 100% ;

出苗率 = (出苗种子数量/种子总数) × 100% 。

2 结果与分析

2.1 黄精种子胚的形态及胚率

黄精、多花黄精和滇黄精种子阴干后大致呈卵圆形,种皮质地坚硬,胚位于种子中部,沿种子中轴呈棒状结构,占据种子小部分空间,且胚结构简单,分化不明显,没有明显的胚芽、胚轴、胚根和子叶的分化(图1)。胚乳占据种子大部分空间,胚乳细胞小、胞间隙小,排列致密,细胞质浓厚。统计种子千粒质量和胚率(表1)。种子胚率相差不大,种子千粒质量差异较大,DJ1滇黄精种子的千粒质量达到50g左右,而DH1的千粒质量只有约24g。对黄精种子发芽胚率动态变化进行统计(图2),胚率46.6%~53.7%,在16d左右开始出现种子发芽,其中在2~4d是种子胚率的明显增长时期。



A. 黄精;B. 多花黄精;C. 滇黄精。

A. *P. sibiricum* Red. ;B. *P. cyrtoneura* Hua. ;C. *P. kingianum* Coll. et Hemsl. .

图1 种子纵切面显示种胚与胚乳

Fig. 1 Longitudinal section of seed showing seed embryo and endosperm

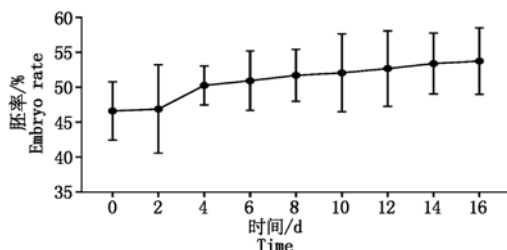


图2 黄精种子发芽过程胚率变化

Fig. 2 The changes of embryo rate of *P. sibiricum* Red. seeds during germination

2.2 恒温层积下3种黄精种子的萌发情况

HJ3、DH2和DJ2在4个不同温度层积的萌发结果显示,25℃层积90d3种黄精均能发芽,HJ3种子在60d左右达到最大萌发率,而DH2和DJ2在75d左右达到最大萌发率(图3)。HJ3种子在20℃条件下90d的萌发率可达87.33%,15℃下有12.67%的萌发率,4℃未有萌发。DH2和DJ2种子在20,15,4℃条件下90d均没有萌发。25℃层积,HJ3种子在2周后开始萌发,比DH2和DJ2提早约30d萌发,达到50%发芽率的天数也比DH2和DJ2

早45~55d。其中HJ3大量萌发主要集中在3~8周,DH2和DJ2则主要集中在7~10周,HJ3的萌发高峰期与DH2和DJ2相比较早。以上研究表明,HJ3、DH2和DJ2种子适合的萌发温度为25℃,HJ3种子萌发速度快。

2.3 变温层积下黄精种子萌发情况

模拟自然界白昼和夜晚温度变化,设置了3个昼夜变化的温度层积试验研究黄精、多花黄精和滇黄精种子萌发。不同温度对5份黄精种子萌发率的影响大致相同(图4),其中30/20℃是DJ1种子和3份HJ种子的最适萌发温度,DH1的最适萌发温度是20/10℃。DH1在3个变温处理中均有萌发情况,其中在20/10℃萌发率最高为85.09%,在30/20℃,25/15℃2个温度处理为54.7%左右。DH1种子萌发时间较早,30/20℃,25/15℃2个处理在第5周开始出现萌发的种子,而20/10℃处理则要稍晚1周,但是萌发速度较快。DJ1种子在3个变温处理中均有萌发情况,但是最适萌发变温为30/20℃,萌发率为38.77%,在第6周开始出现萌发的种子,在11周时基本停止萌发。而3份

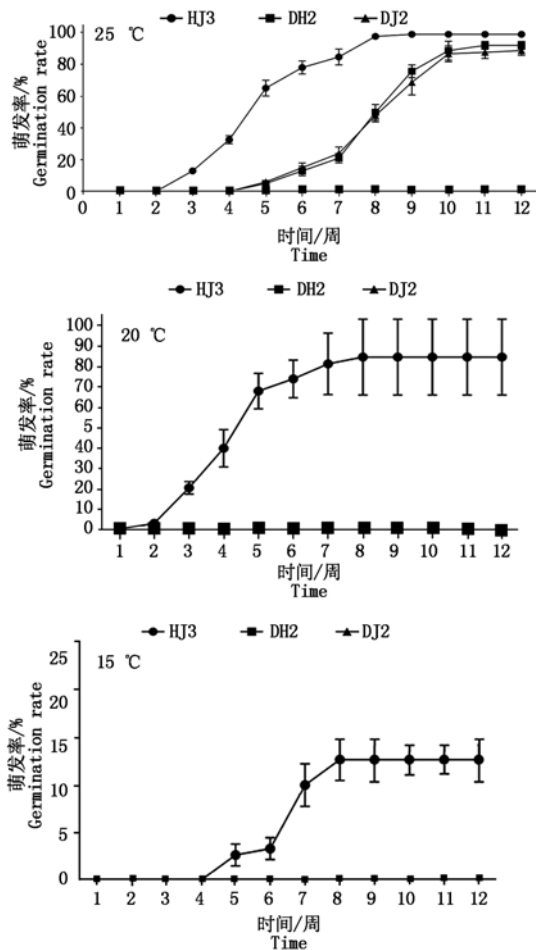


图3 黄精种子在恒温层积下种子萌发情况

Fig. 3 Seed germination of *P. sibiricum* seeds at constant temperature stratification

HJ 种子萌发情况则较为相似,只在30/20 °C变温处理下种子有萌发现象,而在另外 2 个变温处理中几乎无萌发现象。且 HJ 种子萌发时间较晚,大致在第 9 周开始大量萌发。5 份种子在4 °C对照处理下均没有萌发情况。

2.4 温度对 5 份黄精种子出苗的影响

2.4.1 室温下黄精种子出苗情况 根据药用植物研究所栽培中心栽培技术实验室前期工作结果显示,滇黄精种子和多花黄精种子不存在休眠现象,在种子发育到小球茎阶段后,上胚轴可以突破球茎进而出苗。而黄精种子在小球茎阶段上胚轴会停止生长,需要破眠处理才可以继续生长进而出苗(图 5)。以黄精种子萌发出苗过程为例,首先种子萌动长出胚芽,胚芽继续伸长尖端膨大长出小球茎,之后球茎继续长大,在球茎继续伸长的是下胚根,球茎上方生长出一个小芽,之后种子进入休眠状态停止生长(图 6)。这时需要对种子进行破眠处理,种子的芽继续伸长进而出苗。

将恒温层积试验的萌发种子继续置于 25 °C 条件沙藏,可以看到 HJ3 种子没有出苗,仅仅是根的生长,而 DH2 和 DJ2 在约 117 d 左右开始出苗,130 d 左右出苗率达到最大值(图 7),在常温层积了 24~45 d 为出苗高峰期。DH2 的最大出苗率为 80.67%,DJ2 的最大出苗率为 54.0%,说明 2 个品种的种子不存在休眠情况,在常温下就可以出苗。而 HJ3 种子因为存在休眠情况在常温下没有出苗现象。

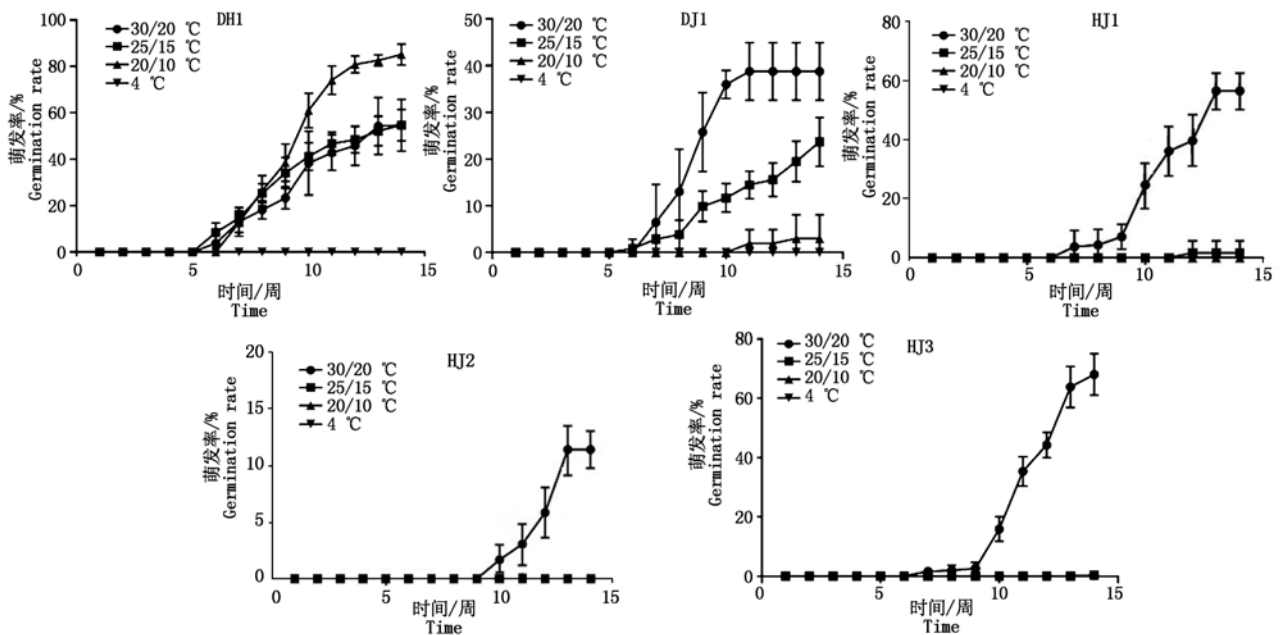
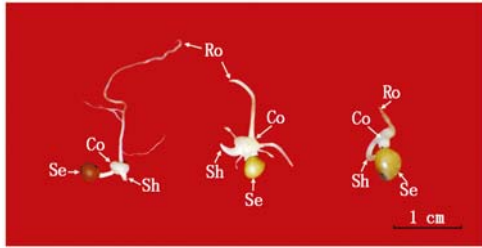


图4 变温层积时黄精种子萌发情况

Fig. 4 Germination of *Polygonatum* seeds under temperature stratification

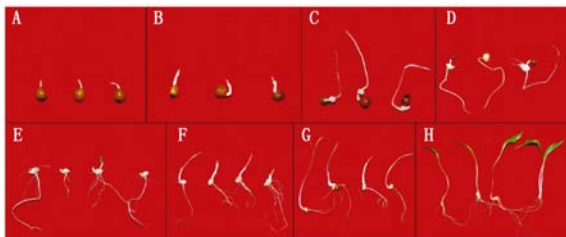


由左至右分别为黄精、多花黄精和滇黄精；
Se. 种子；Sh. 芽；Co. 球茎；Ro. 根。

From left to right: *P. sibiricum* Red., *P. cyrtoneura* Hua. and *P. kingianum*
Coll. et Hensl.; Se. Seed; Sh. Shoot; Co. Corm; Ro. Root.

图5 黄精种子球茎期

Fig. 5 Corm stage of three *Polygonatum* seeds

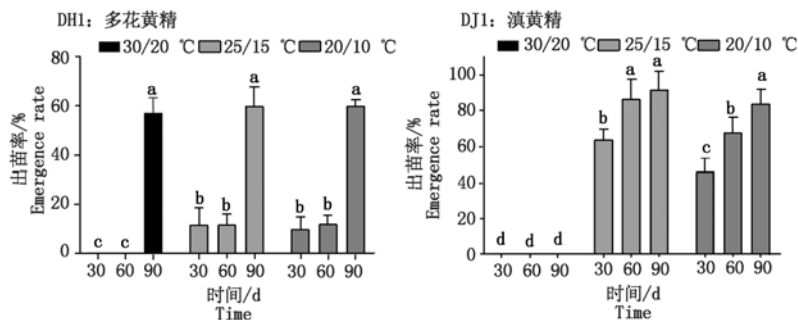


恒温 25 °C 下黄精种子萌发及出苗过程。A. 2 周；B. 3 周；C. 4 周；D. 6 周；
E. 8 周开始低温处理；F. 低温 45 d；G. 低温 90 d；H. 低温 120 d。
Emergence process of Jilin *Polygonatum sibiricum* Red. seeds at a constant temperature of 25 °C. A. Two weeks; B. Three weeks; C. Four weeks; D. Six weeks; E. Cryogenic treatment after eight weeks; F. Low temperature for 45 days; G. Low temperature for 90 days; H. Low temperature for 120 days.

图6 黄精种子出苗过程

Fig. 6 Emergence of *P. sibiricum* Red. seeds

将之前变温试验的萌发种子置于室温 25 °C 沙藏处理,可以看到出苗情况(图 8)与一直恒温处理的种子较为相似,DH1 3 份种子最大出苗率为 60% 左



不同小写字母数值间表示达到 0.05 显著水平。图 9 同。

Different lowercase letters and numbers indicate a significant level of 0.05, The same as Fig. 9.

图8 变温处理后黄精种子在 25 °C 下出苗情况

Fig. 8 Emergence of *P. sibiricum* seeds at 25 °C after variable temperature treatment.

3 讨论

温度是影响种子萌发和出苗的重要因素,种子萌发时体内需要进行活跃的代谢反应,而温度可以通过影响酶的活性来影响种子内的代谢反应从而影响种子的发芽速率和萌发率^[7-9]。每种种子都有自己适合的温度范围,温度过高和过低都会影响种子的萌发情况。选择了 3 个变温梯度以及一个恒温对

右,DJ1 3 份种子最大出苗率为 91.43%,而 HJ1、HJ2、HJ3 在室温 25 °C 下均没有出苗情况。DH1 出苗高峰期集中在 60~90 d,DJ1 则在 30 d 之前出苗 50% 以上,而这与一直置于恒温下种子不太相同,可能是因为产地不同或者变温对种子产生了一定影响。

2.4.2 低温下黄精种子出苗情况 将变温试验的萌发种子置于 4 °C 低温处理,然后分别记录种子的出苗情况(图 9)。可以看出 3 个品种的黄精种子均有出苗情况,DH1 在低温下出苗情况较好,出苗率为 88% 左右,DJ1 在低温下只有少量出苗为 8%,HJ1 为 52.38%,HJ3 为 85.78%,而 HJ2 在低温下没有出苗情况。DH1 在 30 d 只有少量出苗在 60 d 已经有 50% 以上的出苗率。DJ1 则也是在 30 d 无出苗,在 60 d 有少量出苗,之后再无变化。HJ1 和 HJ3 则类似在 30 d 无出苗情况,出苗集中在 60 d 之后。与室温 25 °C 下出苗情况对比,DH1 在低温下出苗情况更好且出苗更早。而 DJ1 种子在低温下出苗率远低于室温,HJ 种子则只在低温下有出苗情况。

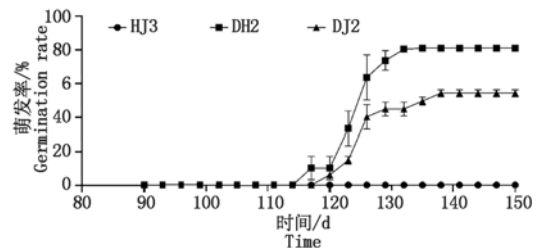


图7 黄精种子在 25 °C 沙藏下的出苗率

Fig. 7 Germination rate of *P. sibiricum* seeds at 25 °C

照处理种子,试图模拟自然界中季节及昼夜温度变化^[10]。在 4 个恒温条件处理中,25 °C 为第 3 个品种的最适萌发温度,萌发率可以达到 90% 及以上。在变温处理则较为不同,萌发率远低于恒温处理,多花黄精和滇黄精在 3 个变温阶段都会有萌发情况,多花黄精最适变温为 20/10 °C,滇黄精为 30/20 °C,而黄精种子则只在 30/20 °C 有萌发情况,说明多花黄精适合在低变温条件下萌发,而滇黄精和黄精比较

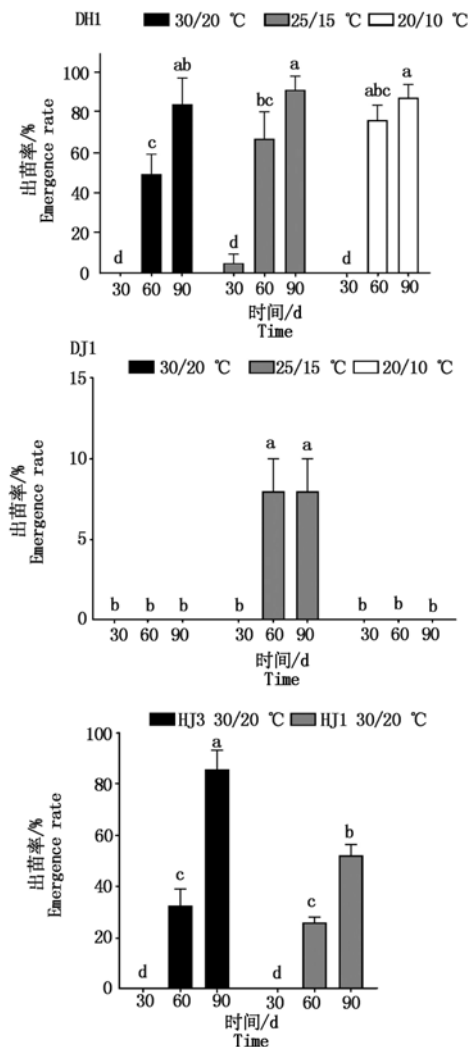


图9 低温层积下黄精种子出苗情况

Fig. 9 Seedling emergence of *Polygonatum*

under normal and low temperature stratification

适合在温度较高的季节萌发。在恒温 25 °C 条件下,黄精种子在 2 周就开始出现萌发种子,滇黄精和多花黄精在 4 周也开始萌发,但是在变温条件下 5 份黄精种子均在 5~6 周左右开始萌发,这说明 3 个品种黄精种子更加适合在恒温条件下萌发,在恒温下种子活力、萌发率和发芽整齐度均较高。

在本研究中,选择了阴干的黄精种子进行了发芽处理,且种子的发芽率并没有受到影响,这也说明黄精种子是可以干燥保存的,并不影响种子的萌发情况。而且笔者注意到在千粒质量中,DJ1 的千粒质量要远远高于其他种子,这可能因为该种子家种程度较高,所以相比于野生度较高的种子生长情况要更好,种子发育程度也更好^[11],且滇黄精植株较为高大,可以长到 1~2 m,这也与种子重量有一定关系。在 3 种种子的纵切图中可以看出成熟收获之后的黄精种子胚发育不全,没有形成明显的胚结构,种子中只有一个棒状的胚,种子的其他大部分为胚

乳^[12]。张玉翠等^[13]发现黄精种子因为种皮透水性较差,胚乳结果较为致密,导致溪水缓慢,去掉种皮和胚乳后会对种子萌发起到帮助。张跃进等^[14]使用甲醇对黄精种子的种皮、胚乳和胚的粗提物处理白菜种子,均表现出萌发和幼苗生长抑制现象,其中胚的抑制效果最强,说明黄精种子除了胚发育不全还存在生长抑制物,而这些原因导致了种子休眠。黄精种子在萌发初期需要较高温度 25 °C 条件,恒温下萌发速度较快,由于种子中存在的生长抑制物,所以在小球茎时期会停止生长,需要一个低温处理(大约 60~90 d)破除休眠才可以出苗^[15]。通过这些特征结合 Baskin 的种子休眠理论^[16],判定黄精种子应该为形态生理休眠类型(Morphophysiological dormancy),在黄精种子的小球茎时期属于上胚轴休眠,休眠情况较为复杂。

恒温和变温是种子萌发的 2 种常用的方法,因为自然中存在着季节及昼夜温度变化,所以植物应该大都适应变温,特别是一些从母体离开时还未完全成熟的种子或者存在休眠的种子,比如沙棘、发草、盐节木等植物在变温处理下萌发情况会更好^[17-19]。有研究表明,变温处理会促进种子中各类酶系统的活性变化,引起种皮收缩,加强与环境的气体交换等^[20]。但是根据试验结果,黄精种子更加适合于恒温萌发,种子萌发速度、发芽整齐度和种子活力都更好,但是在实际生产中并没有绝对恒温环境。根据本试验结果来看,在农业的实际生产中黄精和滇黄精种子适合在温度最高的夏天播种,黄精种子经历冬季自然低温后次年三四月份即可出苗,而滇黄精出苗需要较高温度。多花黄精则适合在温度较为适宜的秋季进行播种,与黄精种子相同次年三四月份可出苗。本研究为黄精种子的播种时间提供了科学依据,有助于农业上试验大规模种子种植,从而解决中药材黄精日益增长的需求量。

参考文献:

- [1] 陈晔,孙晓生. 黄精的药理研究进展[J]. 中药新药与临床药理, 2010, 21(3): 328-330. doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2010.03.038.
Chen Y, Sun X S. Research progress in the pharmacology of *Polygonatum* [J]. *Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology*, 2010, 21(3): 328-330.
- [2] 张洁,马百平,杨云,孙国珍. 黄精属植物甾体皂苷类成分及药理活性研究进展[J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(5): 330-332. doi: 10.3321/j.issn:1001-2494.2006.05.004.
Zhang J, Ma B P, Yang Y, Sun G Z. Research progress on steroidal saponins and pharmacological activities of *Polygonatum* [J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2006, 41(5): 330-332.

- [3] Wujisguleng W, Liu Y J, Long C L. Ethnobotanical review of food uses of *Polygonatum* (Convallariaceae) in China [J]. *Acta Soc Bot Pol*, 2012, 81(4): 239 - 244. doi:10.5586/asbp. 2012. 045.
- [4] Pandey M M, Govindarajan R, Khatoun S, Rawat A K S, Mehrotra S. Pharmacognostical studies of *Polygonatum cirrifolium* and *Polygonatum verticillatum* [J]. *Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants*, 2007, 12(1-2): 37 - 48. doi:10.1300/J044v12n01_04.
- [5] Bibi Y, Arshad M, Sabir S, Amjad M S, Ahmed E, Chaudhari S K. Pharmacology and biochemistry of *Polygonatum verticillatum*: a review [J]. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2016, 4(5): 406 - 415. doi:10.12980/jclm. 4. 2016J5-228.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 248 ISBN: 7-5025-6524-8.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China[S]. Part I. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015: 248
- [7] 宋松泉, 程红焱, 姜孝成. 种子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 134 - 135.
Song S Q, Cheng H Y, Jiang X C. Seed biology[M]. Beijing: Science Press, 2008: 134 - 135.
- [8] 薛婷婷, 刘嘉, 沈永宝, 刘广勤. 温度对薄壳山核桃种子萌发的影响及其机制初探[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(11): 42 - 50. doi:10.14067/j.cnki.1673-923x. 2017. 11. 008.
Xue T T, Liu J, Shen Y B, Liu G Q. Effect of temperature on the germination of pecan seeds and its mechanism[J]. *Journal of Central South University of Forestry Technology*, 2017, 37(11): 42 - 50.
- [9] 王玉峰. 温度对植物种子萌发机制的影响[J]. 防护林科技, 2015(6): 76 - 78. doi:10.13601/j.issn.1005-5215. 2015. 06. 029.
Wang Y F. The effect of temperature on the germination mechanism of plant seeds [J]. *Protection Forest Science and Technology*, 2015(6): 76 - 78.
- [10] 苟祎, 李振南, 杨念婷, 范汝艳, 王雨华. 温度对劲腊毛麝香种子萌发特性的影响[J]. 种子, 2018, 37(10): 16 - 21. doi:10.16590/j.cnki.1001-4705. 2018. 10. 010.
Gou W, Li Z N, Yang N T, Fan R Y, Wang Y H. Effect of temperature on germination characteristics of *Adenosma buchneroides* seeds [J]. *Seed*, 2018, 37(10): 16 - 21.
- [11] 陈培燕, 韩永芬. 黔引普那菊苣种子千粒质量对发芽成苗的影响[J]. 贵州农业科学, 2008(4): 134 - 135. doi:10.3969/j.issn.1001-3601. 2008. 04. 053.
Chen P Y, Han Y F. Effect of Qianyin *Puna chicory* seed thousand-seed weight on germination and seedling [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2008(4): 134 - 135.
- [12] 傅飞龙, 丁自勉, 马存德, 魏建和, 李先恩, 祁建军. 黄精种子萌发及出苗特点研究[J]. 中国现代中药, 2017, 19(8): 107 - 112. doi:10.13313/j.issn.1673-4890. 2017. 8. 020.
Fu F L, Ding Z M, Ma C D, Wei J H, Li X E, Qi J J. Study on the characteristics of seed germination and emergence of *Polygonatum* [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2017, 19(8): 107 - 112.
- [13] 张玉翠, 李勇刚, 王占红, 刘峰, 张跃进. 黄精种子休眠原因的研究[J]. 种子, 2011(4): 62 - 65. doi:10.16590/j.cnki.1001-4705. 2011. 04. 053.
Zhang Y C, Li Y G, Wang Z H, Liu F, Zhang Y J. Study on the dormancy of *Polygonatum* seed [J]. *Seed*, 2011(4): 62 - 65.
- [14] 张跃进, 张玉翠, 王占红, 马兰兰, 刘峰, 张小燕. 黄精种子内源抑制物质的初步研究[J]. 西北农业学报, 2011, 20(7): 50 - 55. doi:10.7606/j.issn.1004-1389. 2011. 7. 012.
Zhang Y J, Zhang Y C, Wang Z H, Ma L L, Liu F, Zhang X Y. Preliminary study on endogenous inhibitory substances of *Polygonatum* [J]. *Acta Agriculturae Borealiocidentalis Sinica*, 2011, 20(7): 50 - 55.
- [15] 吴维春, 罗海潮. 温度与黄精种子萌发试验[J]. 中药材, 1995, 18(12): 597 - 598. doi:10.13863/j.issn1001-4454. 1995. 12. 001.
Wu W C, Luo H C. Temperature and *Polygonatum* seed germination test [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1995, 18(12): 597 - 598.
- [16] Baskin C C, Baskin J M, Auken O W V. Dormancy-breaking and germination requirements in seeds of the summer annual *Palafoxia callosa* (Asteraceae) from central Texas [J]. *Southwestern Naturalist*, 1999, 44(3): 272 - 277. doi:10.1017/S0960258500000507.
- [17] 塔依尔, 杨梅花. 不同温度对沙棘种子萌发的影响[J]. 种子, 2004, 23(9): 32 - 34. doi:10.16590/j.cnki.1001-4705. 2004. 09. 042.
Ta Y E, Yang M H. Effects of different temperatures on the germination of seabuckthorn seeds [J]. *Seed*, 2004, 23(9): 32 - 34.
- [18] Qu X X, Baskin J M, Wang L, Huang Z Y. Effects of cold stratification, temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the desert halophyte shrub, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae) [J]. *Plant Growth Journal*, 2008, 54(3): 241 - 248. doi:10.1007/s10725-007-9246-3.
- [19] 张睿昕, 鱼小军, 邓利强, 薛鑫. 温度对发草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 草原与草坪, 2010, 30(1): 42 - 44. doi:10.13817/j.cnki.cyyyp. 2010. 01. 013.
Zhang R X, Yu X J, Deng L Q, Xue X. The effect of temperature on *Deschampsia cespitosa* seed germination and seedling growth [J]. *Grassland and Turf*, 2010, 30(1): 42 - 44.
- [20] 刘佳, 朱翔, 王文祥, 叶宏达, 叶怡然, 海梅荣. 黄精种子休眠的研究进展[J]. 农学学报, 2018, 8(3): 11 - 15.
Liu J, Zhu X, Wang W X, Ye H D, Ye Y R, Hai M R. Research progress of *Polygonatum* seed dormancy [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(3): 11 - 15.