

不同试剂对多花黄精种子萌发和生长的影响

孙思宇, 王华磊*, 陈松树, 李丹丹, 梁 瑾, 李金玲, 罗春丽

贵州大学农学院, 贵州省药用植物繁育与种植重点实验室, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年5月18日; 录用日期: 2022年6月30日; 发布日期: 2022年7月13日

摘 要

目的: 旨在解决多花黄精有性繁殖育苗的种子休眠问题, 研究不同试剂处理及浸种时间对多花黄精种子萌发的影响。方法: 将采回的多花黄精种子用钨酸钠(588、1176、1764、2352 mg/L)和氟啶酮(5、10、15、20 mg/L)两种试剂, 分别与浸种时间(12 h、18 h、24 h)组合处理, 用无菌水处理作为对照, 70 d 后对种子发芽率、发芽势、烂种率以及初生根茎芽长、芽粗、根长、根数、根粗、球茎长、球茎宽进行统计。结果: 两种试剂处理均能不同程度破除种子的休眠, 提高萌发, 其中氟啶酮10 mg/L, 浸种24 h 和钨酸钠588 mg/L, 浸种12 h 分别是两种试剂中的最优处理, 主成分综合得分分别是1.58、0.12。结论: 氟啶酮和钨酸钠处理多花黄精种子, 能不同程度打破种子休眠限制, 提高萌发率。

关键词

多花黄精, 氟啶酮, 钨酸钠, 浸种时间, 种子休眠

Effects of Different Reagents on Germination and Growth of *Polygonatum cyrtonema* Seeds

Siyu Sun, Hualei Wang*, Songshu Chen, Dandan Li, Jin Liang, Jinling Li, Chunli Luo

Guizhou Provincial Key Laboratory of Medicinal Plant Breeding and Planting, College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: May 18th, 2022; accepted: Jun. 30th, 2022; published: Jul. 13th, 2022

Abstract

Objective: To solve the problem of seed dormancy in the sexual propagation of *Polygonatum cyr-*

*通讯作者。

文章引用: 孙思宇, 王华磊, 陈松树, 李丹丹, 梁瑾, 李金玲, 罗春丽. 不同试剂对多花黄精种子萌发和生长的影响[J]. 植物学研究, 2022, 11(4): 453-465. DOI: 10.12677/br.2022.114053

tonema seedlings, and to study the effects of different reagent treatments and soaking time on the germination of *Polygonatum cyrtonema* seeds. Methods: The collected *Polygonatum cyrtonema* seeds were treated with two reagents, sodium tungstate (588, 1176, 1764, 2352 mg/L) and fluridone (5, 10, 15, 20 mg/L), respectively, and the soaking time (12 h) was used, (18 h, 24 h) combined treatment, treated with sterile water as a control, after 70 d, the seed germination rate, germination potential, seed rot rate, and primary rhizome shoot length, shoot thickness, root length, root number, root thickness, bulb length, bulb width for statistics. Results: Both treatments could break the dormancy of seeds to different degrees and improve germination. Among them, fluridone 10 mg/L, seed soaking for 24 h and sodium tungstate 588 mg/L, seed soaking for 12 h were the optimal treatments, respectively. The composite scores of components were 1.58 and 0.12, respectively. Conclusion: Fluridone and sodium tungstate treatment of *Polygonatum cyrtonema* seeds can break the seed dormancy limit to different degrees and improve the germination rate.

Keywords

Polygonatum cyrtonema, Fluridone, Sodium Tungstate, Seed Soaking Time, Seed Dormancy

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

多花黄精(*Polygonatum cyrtonema* Hua)为百合科(Liliaceae)黄精属(*Polygonatum*. Mill.)多年生草本植物,为药食两用植物,以根茎入药,具有补气养阴、健脾润肺、降血压、降血糖、降血脂、提高免疫力等功效[1] [2] [3] [4] [5]。近年来,随着人们对多花黄精药用及保健价值的深入了解,导致其市场需求量增加,从而驱使农户对野生多花黄精进行大量采挖,这不仅会破坏生境,而且会导致野生多花黄精产量下降,为了应对这一系列难题,人工栽培势在必行。

1.1. 本研究领域存在的主要问题

首先,多花黄精包括有性繁殖(种子繁殖)和无性繁殖(根茎繁殖)两种繁殖方式[6],其中,根茎繁殖为传统繁殖方式。由于根茎繁殖具有成本高且易导致品种的退化的特点,同时影响药材质量,所以不利于大面积推广。

其次,在面对多花黄精药材市场的扩大的现状,传统的根茎繁殖已经渐渐不能满足需求。因此,大众的目光聚焦到了有性繁殖,该方式通过种子繁殖产生初生根茎,再经过培育能得到大量的种苗,这种方式能降低生产成本。但由于多花黄精种子具有休眠现象,使得多花黄精资源开发利用、人工育种栽培面临困难,所以解决多花黄精种子休眠问题是关键。

1.2. 研究进展

目前很多学者对种子休眠原因及打破种子休眠进行了大量研究,王锐等[7]研究了不同生长物质处理剂对梵净山多花黄精种子萌发的影响,结果表明苄氨基腺嘌呤(BA)、赤霉素(GA₃)、萘乙酸(NAA)、2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)均可打破种子休眠,提高萌发率。朱伍凤等[8]研究了外源生长调节物质对黄精种子萌发的影响,结果表明,适宜浓度的赤霉素(GA₃)、苄氨基腺嘌呤(6-BA)、水杨酸和壳聚糖均能促进黄精种子萌发,显著缩短发芽时间。焦劫等[9]研究了外源生长调节物质硝酸钠(SNP)和乙烯(ETH)对黄精种

子萌发的影响,得出两者均有打破种子休眠促进种子萌发的作用。

氟啶酮是 ABA 的合成抑制剂,可以通过抑制种子类胡萝卜素的合成从而减少 ABA 的合成[10]。赵程等[11]研究了 GA₃ 和氟啶酮(FL)协同作用对肉苁蓉种子发芽的影响,发现 2 种植物生长调节剂组合单一处理以及组合处理均可有效提高肉苁蓉种子的发芽率,其中 10 mg/L 质量浓度预处理肉苁蓉种子 36 h 种子发芽率最高。汪佳维等[12]研究了不同质量不同试剂及温度对解除滇重楼种子休眠的影响,得出赤霉素(GA₃)、氟啶酮(FL)单独处理以及组合处理均能打破种子休眠,其中 GA300 + FL10 是解除滇重楼种子休眠的最佳植物生长调节剂处理。苏贺等[13]研究发现,赤霉素、氟啶酮和发芽温度均可显著影响巫山淫羊藿种子休眠,其中氟啶酮效应最强,温度其次,赤霉素影响最小,对于氟啶酮而言,低温下 10 mg/L 质量浓度最佳,在高温和变温条件下,20 mg/L 质量浓度最佳;而且研究结果还发现,氟啶酮可以使得巫山淫羊藿种子在变温中萌发,缩小了发芽的局限性。钨酸钠也是 ABA 合成抑制剂。郭栋梁等[14]研究了外源脱落酸抑制花生种子发芽的生理机制,用 ABA 合成抑制剂钨酸钠处理花生种子,结果表明,不同浓度钨酸钠溶液浸种对花生种子的发芽率没有影响,但是影响胚根长度钨酸钠处理浓度为 8 mmol/L 时,胚根长度下降,5 mmol/L 钨酸钠处理的花生种子发芽率和活力指数提高,并且胚根长度大于对照处理的种子,生理指标显示 α -淀粉酶活性提高,内源 ABA 含量降低。苏静[15]研究发现,喷施钨酸钠能促进新梢生长,抑制花芽形成;抑制叶片和叶片总糖、葡萄糖、果糖和蔗糖的积累等作用。

1.3. 本研究拟解决的关键问题及意义

解除黄精属植物种子休眠的外源物质渐渐变得多元化,适应的范围也越来越广,氟啶酮已经证明有解除休眠的性质,但在多花黄精种子中的作用还未见报道,钨酸钠能增强花生种子发芽质量,但在多花黄精种子中也未见报道。因此,本研究设置了不同种类和浓度的试剂结合不同浸种时间进行多花黄精种子萌发实验,研究多花黄精种子萌发特性,以期打破多花黄精种子休眠、提高发芽率、缩短育苗时间提供指导。

2. 试验材料与仪器

2.1. 试验材料

种子于 2021 年 10 月下旬采自贵州铜仁印江县

2.2. 试剂

钨酸钠(Science Lab)、氟啶酮(Fluka)、次氯酸钠(山东化工)、0.1 M 磷酸盐缓冲液(biosharp)。

2.3. 仪器

LGZ 智能光照培养箱(杭州绿博仪器有限公司)、直尺、游标卡尺、万分之一电子天平(奥豪斯仪器有限公司)、培养皿、刀片、水浴锅(常州市鸿科仪器厂)、烘箱。

3. 试验方法

将采回的多花黄精果实,用清水浸泡后搓去果皮,种子洗净后存放在阴凉通风处备用。

3.1. 多花黄精种子形态特征和千粒质量测定

观测外部形态特征,随机选取净种处理后健康饱满的多花黄精种子 100 粒,测量种子的长、宽、厚度等数据;采用百粒法测定其千粒质量,种子千粒质量(g) = 10 × 平均 100 粒种子质量(g),对各指标参数的最大值、最小值和平均值进行比较分析。

3.2. 多花黄精种子生活力的测定

参照索莱宝 2,3,5-三苯基氯化思氮唑(TTC)法测定。

3.3. 不同试剂处理对多花黄精种子发芽的影响

分别用质量浓度为 0、5、10、15、20 mg/L 的氟啶酮，0、588、1176、1764、2352 mg/L 的钨酸钠，对多花黄精种子浸种 12、18、24 h 处理，根据发芽率、发芽势和烂种率统计结果。将预处理后的种子 2% 次氯酸钠溶液消毒 10~15 min，再用无菌水冲洗干净，采用双层滤纸培养法将消毒后的种子置于垫有棉花及双层滤纸的发芽盒内，每盒 100 粒，每个处理重复 3 次，放入智能光照培养箱内，25℃恒温黑暗条件培养，每隔 2 d 定期观察并统计，胚根突破种皮并长至种子一半视为发芽，在培养过程中及时将发霉种子挑出并计数，若发现滤纸发霉应及时更换，全程均采用无菌水。

发芽率 = 发芽数/种子总数×100%

发芽势 = 第28天的发芽数/种子总数×100%

烂种率 = 霉烂种子数/种子总数×100%

3.4. 不同试剂处理对多花黄精初生根茎的影响

当最终统计发芽率后，从每个重复中随机挑选 3 个初生根茎，测定其芽长、芽粗、根长、根粗、根数、球茎长以及球茎宽。

3.5. 数据整理及分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 26.0 进行整理并统计数据以及方差分析及主成分分析。

4. 结果及分析

4.1. 多花黄精种子的种子生活力、外部形态特征及千粒质量

经过 TTC 法测定得出使用的多花黄精种子生活力为 29.5%。通过对采集到的多花黄精的种子形态进行比较，种子的大小差异明显，而千粒重的差异相对来说就比较小(见表 1)。

Table 1. Basic indexes of *Polygonatum cyrtonema* seeds

表 1. 多花黄精种子基础指标

特征参数	平均数	最大值	最小值
种子长度/mm	4.06	5.19	2.93
种子宽度/mm	3.93	4.95	2.98
种子厚度/mm	3.31	4.90	2.27
千粒重/g	38.2232	39.3540	37.3490

4.2. 浸种时间、氟啶酮、钨酸钠对多花黄精种子发芽率、发芽势及烂种率影响方差分析

氟啶酮对多花黄精种子发芽率影响显著(P < 0.05)，而浸种时间影响不显著(P 为 0.445)，浸种时间 - 氟啶酮交互作用显著(P < 0.05)。此外，由 F 可知，氟啶酮对发芽率的影响强于浸种时间 - 氟啶酮(F 分别为 45.196, 2.404)。氟啶酮对多花黄精种子发芽势影响显著(P < 0.05)，而浸种时间影响不显著(P 为 0.668)，浸种时间 - 氟啶酮交互作用显著(P < 0.05)。此外，由 F 可知，氟啶酮(F = 11.310)对发芽势的影响强于浸种时间 - 氟啶酮(2.302)。氟啶酮和浸种时间对多花黄精种子烂种率影响显著(P < 0.05)，而浸种时间 - 氟

啶酮交互作用不显著($P = 0.196$)。由 F 可知, 氟啶酮浓度是两因素中效应最强的因素($F = 29.032$), 其次是时间($F = 4.620$), 见表 2。

Table 2. Analysis of variance for the effect of time and fluridone on the germination of *Polygonatum cyrtonea*
表 2. 时间、氟啶酮对多花黄精发芽影响方差分析

误差来源	项目	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
浓度	发芽率	4290.578	4	1072.644	45.196	0.000
	发芽势	105.556	4	26.389	11.310	0.000
	烂种率	2508.356	4	627.089	29.032	0.000
时间	发芽率	39.511	2	19.756	0.832	0.445
	发芽势	1.911	2	0.956	0.410	0.668
	烂种率	199.600	2	99.800	4.620	0.018
时间*浓度	发芽率	456.489	8	57.061	2.404	0.039
	发芽势	42.978	8	5.372	2.302	0.047
	烂种率	260.844	8	32.606	1.510	0.196
误差	发芽率	712.000	30	23.733		
	发芽势	70.000	30	2.333		
	烂种率	648.000	30	21.600		
总计	发芽率	22049.000	45			
	发芽势	596.000	45			
	烂种率	22961.000	45			

钨酸钠对多花黄精种子发芽率、发芽势以及烂种率影响均显著($P < 0.05$), 而浸种时间影响均不显著(P 分别为 0.531, 0.931, 0.193), 且浸种时间-钨酸钠交互作用也均不显著(P 分别是 0.721, 0.365, 0.300), 见表 3。

Table 3. Analysis of variance for the effect of time and sodium tungstate on the germination of *Polygonatum cyrtonea*
表 3. 时间、钨酸钠对多花黄精发芽影响方差分析

误差来源	项目	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
浓度	发芽率	2004.978	4	501.244	21.605	0.000
	发芽势	32.089	4	8.022	6.446	0.001
	烂种率	2839.867	4	709.967	28.913	0.000
时间	发芽率	30.044	2	15.022	0.648	0.531
	发芽势	0.178	2	0.089	0.071	0.931
	烂种率	85.511	2	42.756	1.741	0.193
时间*浓度	发芽率	122.622	8	15.328	0.661	0.721
	发芽势	11.378	8	1.422	1.143	0.365
	烂种率	247.600	8	30.950	1.260	0.300
误差	发芽率	696.000	30	23.200		
	发芽势	37.333	30	1.244		
	烂种率	736.667	30	24.556		
总计	发芽率	10827.000	45			
	发芽势	193.000	45			
	烂种率	21750.000	45			

4.3. 不同试剂浓度对多花黄精种子发芽率及发芽势的影响

4.3.1. 氟啶酮浓度对多花黄精种子发芽率及发芽势的影响

由图 1 可知, 用氟啶酮处理均可显著增加种子发芽率($P < 0.05$), 在浸种 12 h 后, 随着氟啶酮浓度升高对种子发芽率均有不同程度的增加, 其中, 浓度为 10、15 和 20 mg/L 时, 其发芽率显著高于 5 mg/L 时的发芽率, 但 10、15 和 20 mg/L 三组处理的发芽率无显著差异; 浸种 18 h 和 24 h 后, 随着氟啶酮浓度的升高, 其种子发芽率均显著高于对照组, 但四组氟啶酮浓度处理的种子发芽率无显著差异; 在浸种时间为 12 h、18 h 和 24 h 时, 发芽率最好对应的氟啶酮浓度分别为 20 mg/L、10 mg/L、20 mg/L, 其发芽率分别对应 25.33%、28%、30%。

浸种 12 h, 不同浓度氟啶酮处理多花黄精种子均可显著提高其发芽势($P < 0.05$), 其中, 在 20 mg/L 氟啶酮处理下发芽势最高, 为 4.33%; 浸种时间为 18 h, 不同浓度氟啶酮处理多花黄精种子均不同程度显著提高其发芽势($P < 0.05$), 但 20 mg/L 氟啶酮处理与对照相比差异不显著, 其中, 在 10 mg/L 氟啶酮处理下发芽势最高, 为 5.33%; 浸种 24 h, 不同浓度氟啶酮处理多花黄精种子均可显著提高其发芽势, 但 15 mg/L 和 20 mg/L 浓度下发芽率相比对照差异不显著, 其中在 10 mg/L 氟啶酮处理下发芽势最高, 为 6% (见图 1)。

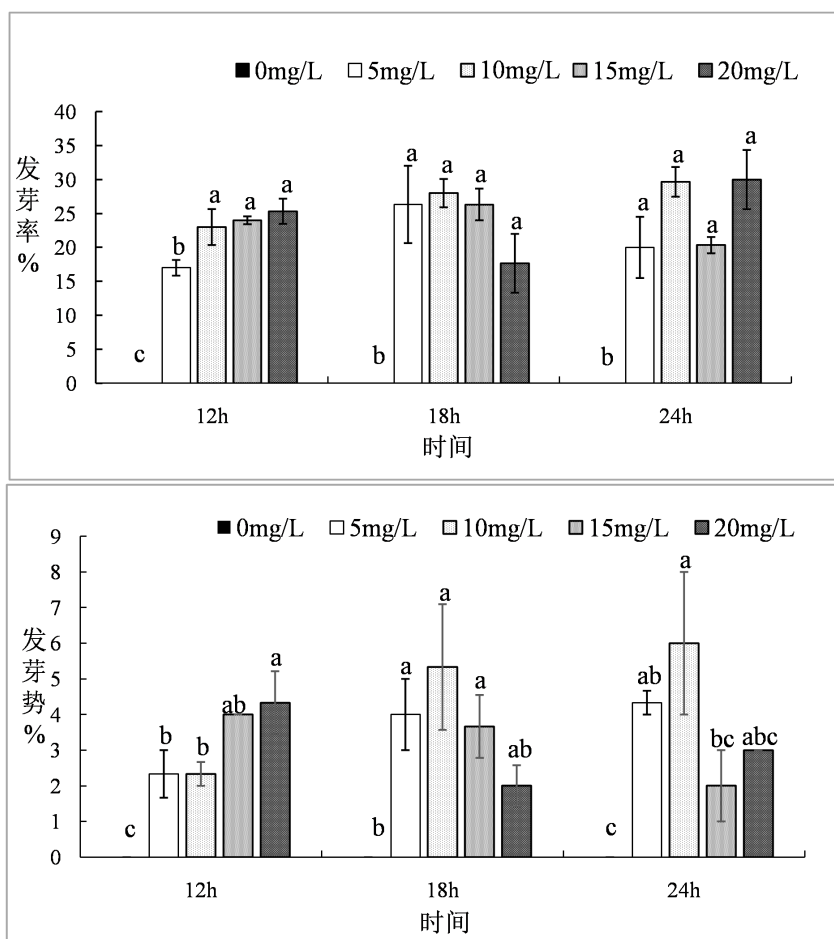


Figure 1. Effects of different concentrations of fluridone on the germination of *Polygonatum cyrtoneura* seeds under different soaking time treatments

图 1. 氟啶酮不同浓度在不同浸种时间处理下对多花黄精种子发芽的影响

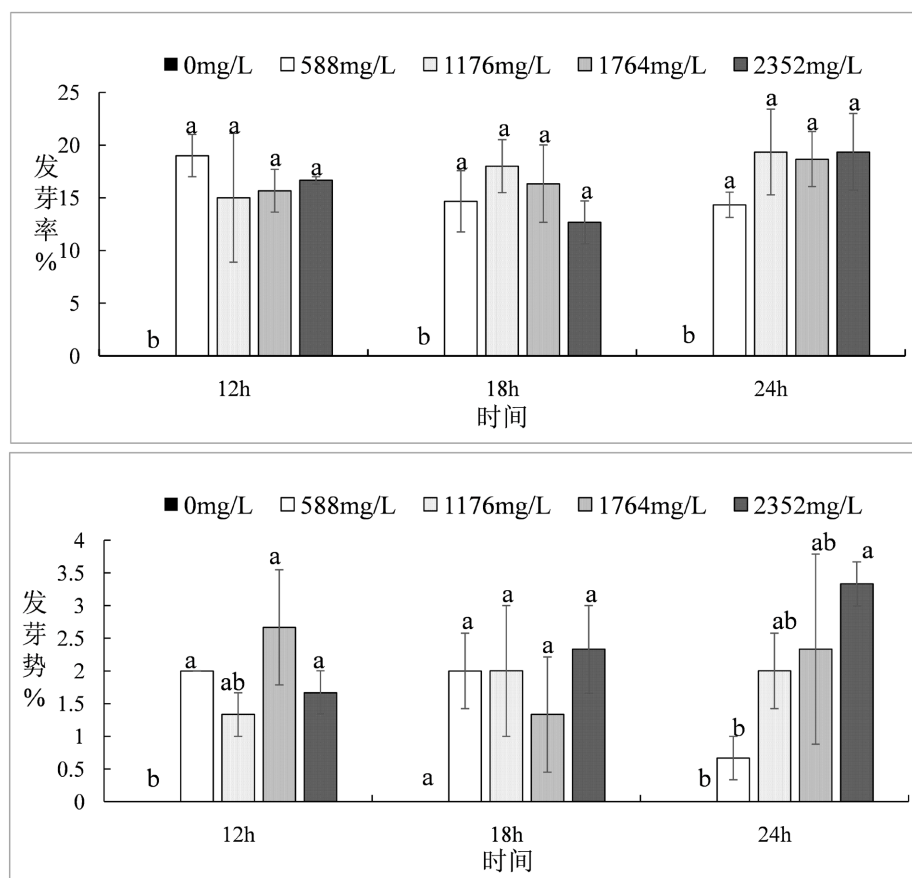


Figure 2. The effect of different concentrations of sodium tungstate on the germination of *Polygonatum cyrtonema* seeds under different soaking time treatments

图 2. 钨酸钠不同浓度在不同浸种时间处理下对多花黄精种子发芽的影响

4.3.2. 钨酸钠浓度对多花黄精种子发芽率及发芽势的影响

由图 2 可知, 浸种 12 h, 不同浓度钨酸钠处理均可显著提高多花黄精种子的发芽率($P < 0.05$), 但处理组间差异不显著, 其中, 在 588 mg/L 钨酸钠处理下发芽率最高, 为 19%; 浸种 18 h, 不同浓度钨酸钠处理均可显著提高多花黄精种子的发芽率($P < 0.05$), 但处理组间差异不显著, 其中, 在 1176 mg/L 钨酸钠处理下发芽率最高, 为 18%; 浸种 24 h, 不同浓度钨酸钠处理均可显著提高多花黄精种子的发芽率($P < 0.05$), 但处理组间差异不显著, 其中, 在 1176 和 2352 mg/L 钨酸钠处理下发芽率最高, 均为 19.33%。

浸种 12 h 后, 用钨酸钠处理可显著增加种子发芽率($P < 0.05$)随着氟啶酮浓度升高对种子发芽率均有不同程度的增加, 但处理浓度 1176 mg/L 下的发芽势与对照组差异不显著, 且处理组之间差异也不显著; 浸种 18 h, 虽然发芽相比对照均有增加, 但差异均不显著; 浸种 24 h, 随着钨酸钠浓度的变化, 增加的趋势均有不同, 除了浓度 2352 mg/L 相比对照差异显著意外, 其他处理组均不显著; 在浸种时间为 12 h、18 h 和 24 h 时, 发芽势最好对应的钨酸钠浓度分别为 1764 mg/L、2352 mg/L、2352 mg/L, 其发芽率分别对应 2.67%、2.33%、3.33% (见图 2)。

4.4. 不同试剂浓度处理对多花黄精初生根茎长势的影响

通过不同浓度氟啶酮、不同浸种时间处理, 种子萌发形成的初生根茎生长指标见表 4。其中, 芽长、芽粗、根长、根数、根粗、球茎长和球茎宽平均数值为 0.32 cm、1.08 mm、6.37 cm、3.59、0.75 mm、5.09

mm、3.79 mm，球茎宽的变异系数最小，为 14.54%，数值在 2.29~5.15 mm 之间波动，表明该指标作为初生根茎的基础生长指标数值相对稳定；其次为根粗，变异系数为 19.90%，其数值在 0.29~1.25 mm 之间；芽长的变异系数最大，为 40.78%，数值波动范围在 0.10~0.80 cm，表明在不同浓度氟啶酮及时间处理下，初生根茎芽长差异大。

在氟啶酮不同条件处理下均有不同程度的差异，当氟啶酮浓度为 10 mg/L，浸种时间为 18 h 时，初生根茎芽长最长，数值为 0.41 cm；当氟啶酮浓度为 20 mg/L，浸种时间为 12 h 时，初生根茎根长最长，为 7.49 cm；当氟啶酮浓度为 15 mg/L，浸种时间为 18 h 时，初生根茎根数达到最多，为 4.22；当氟啶酮浓度为 20 mg/L，浸种时间为 12 h 时，初生根茎根粗达到最大，为 0.81 mm；当氟啶酮浓度为 10 mg/L，浸种时间为 24 h 时，球茎宽达到最大，为 4.23 mm，但各处理之间芽粗和球茎长无显著差异。

Table 4. Effects of different concentrations of fluridone at different soaking time on primary rhizomes
表 4. 不同浓度氟啶酮在不同浸种时间处理对初生根茎的影响

浓度 /mg·L ⁻¹	时间 /h	芽长/cm	芽粗/mm	根长/cm	根数	根粗/mm	球茎长/mm	球茎宽/mm
5	12	0.27 ± 0.02c	1.02 ± 0.06a	6.34 ± 0.48abc	3.11 ± 0.24b	0.67 ± 0.03c	4.83 ± 0.22a	3.85 ± 0.12ab
	18	0.29 ± 0.02bc	1.02 ± 0.05a	6.59 ± 0.41abc	3.28 ± 0.27ab	0.70 ± 0.03abc	5.19 ± 0.33a	3.65 ± 0.10b
	24	0.35 ± 0.04abc	1.13 ± 0.08a	5.96 ± 0.46bc	3.28 ± 0.39ab	0.79 ± 0.03ab	5.33 ± 0.31a	3.66 ± 0.15b
10	12	0.31 ± 0.04abc	1.04 ± 0.07a	5.57 ± 0.47cd	2.94 ± 0.34b	0.74 ± 0.05abc	4.68 ± 0.24a	3.58 ± 0.14b
	18	0.41 ± 0.03a	1.14 ± 0.05a	6.83 ± 0.46abc	3.56 ± 0.23ab	0.76 ± 0.03abc	5.50 ± 0.37a	3.71 ± 0.14b
	24	0.37 ± 0.03ab	1.18 ± 0.08a	7.48 ± 0.40a	4.17 ± 0.31a	0.80 ± 0.04ab	5.45 ± 0.15a	4.23 ± 0.12a
15	12	0.27 ± 0.03c	0.99 ± 0.06a	4.58 ± 0.59d	3.22 ± 0.30ab	0.69 ± 0.04bc	4.70 ± 0.24a	3.71 ± 0.12b
	18	0.34 ± 0.04abc	1.16 ± 0.06a	5.72 ± 0.43cd	4.22 ± 0.31a	0.80 ± 0.03ab	5.14 ± 0.20a	3.86 ± 0.10ab
	24	0.26 ± 0.02c	1.04 ± 0.08a	7.23 ± 0.52ab	3.83 ± 0.31ab	0.76 ± 0.04abc	5.09 ± 0.26a	3.82 ± 0.09b
20	12	0.35 ± 0.03abc	1.18 ± 0.04a	7.49 ± 0.44a	3.83 ± 0.23ab	0.81 ± 0.03a	5.17 ± 0.22a	3.93 ± 0.15ab
	18	0.28 ± 0.02bc	1.05 ± 0.03a	6.12 ± 0.35abc	3.67 ± 0.37ab	0.76 ± 0.03abc	5.12 ± 0.27a	3.75 ± 0.14b
	24	0.40 ± 0.03a	1.05 ± 0.05a	6.52 ± 0.39abc	3.83 ± 0.35ab	0.76 ± 0.03abc	4.84 ± 0.27a	3.74 ± 0.14b
平均值		0.32	1.08	6.37	3.59	0.75	5.09	3.79
最大值		0.80	2.24	12.3	7.00	1.25	10.78	5.15
最小值		0.10	0.46	0.80	1.00	0.29	2.61	2.29
极差		0.70	1.78	11.50	6.00	0.96	8.17	2.86
标准差		0.13	1.08	6.37	3.59	0.75	5.09	3.79
变异系数/%		40.78	24.41	32.14	37.18	19.90	22.07	14.54

由表 5 可得，在钨酸钠不同浓度、不同时间处理下，初生根茎生长指标出现了不同程度的变化，平均值分别为芽长 0.28 cm、芽粗 1.17 mm、根长 6.20 cm、根数 3.78、根粗 0.77 mm、球茎长 4.90 mm、球茎宽 3.71 mm，其中，变异系数最小为 17.44% (球茎宽)，数值范围 2.29~5.15 mm，表明该指标数值相对稳定，其次就是 19.90% (根粗)，数值范围 0.29~1.25 mm，变异系数最大的是 40.78%，对应的指标为芽长，数值范围为 0.10~0.80，表明在不同浓度钨酸钠处理下，初生根茎芽长差异最大。

不同处理下每个指标所对应的各处理间均有不同程度的差异，当钨酸钠浓度为 1176 mg/L，浸种时间

为 18 h 以及钨酸钠浓度为 1764 mg/L, 浸种时间为 24 h 时, 其芽长均能达到最大值, 为 0.33 cm; 当钨酸钠浓度为 1176 mg/L, 浸种时间为 18 h 时, 初生根茎芽粗达到最大, 为 1.32 mm; 当钨酸钠浓度为 2352 mg/L, 浸种时间为 12 h 时, 初生根茎根长达到最大值, 为 7.14 cm; 当钨酸钠浓度为 2352 mg/L, 浸种时间为 12 h 时, 初生根茎球茎宽达到最大, 为 4.04 mm, 但根数、根粗以及球茎长三个指标在各处理间均未达到显著差异。

Table 5. Effects of different concentrations of sodium tungstate at different soaking time on primary rhizomes
表 5. 不同浓度钨酸钠在不同浸种时间处理对初生根茎的影响

浓度 /mg·L ⁻¹	时间 /h	芽长/cm	芽粗/mm	根长/cm	根数	根粗/mm	球茎长/mm	球茎宽/mm
588	12	0.24 ± 0.01b	1.12 ± 0.08bc	6.79 ± 0.38ab	3.94 ± 0.50a	0.80 ± 0.04a	4.97 ± 0.25a	4.02 ± 0.09ab
	18	0.25 ± 0.02ab	1.13 ± 0.04abc	5.90 ± 0.61abc	3.94 ± 0.57a	0.73 ± 0.04a	4.91 ± 0.23a	3.58 ± 0.09abc
	24	0.28 ± 0.02ab	1.28 ± 0.04ab	6.29 ± 0.31abc	4.06 ± 0.35a	0.81 ± 0.03a	5.27 ± 0.26a	3.84 ± 0.10abc
1176	12	0.26 ± 0.04ab	1.08 ± 0.05bc	5.04 ± 0.47c	3.27 ± 0.61a	0.75 ± 0.02a	4.66 ± 0.29a	3.54 ± 0.19bc
	18	0.33 ± 0.02a	1.32 ± 0.08a	6.38 ± 0.47abc	4.00 ± 0.39a	0.78 ± 0.04a	5.46 ± 0.30a	3.83 ± 0.18abc
	24	0.29 ± 0.03ab	1.15 ± 0.04abc	6.19 ± 0.37abc	3.28 ± 0.33a	0.71 ± 0.03a	4.63 ± 0.30a	3.47 ± 0.12c
1764	12	0.27 ± 0.02ab	1.01 ± 0.05c	5.54 ± 0.26bc	3.11 ± 0.38a	0.79 ± 0.05a	4.86 ± 0.24a	3.48 ± 0.15c
	18	0.28 ± 0.02ab	1.27 ± 0.07ab	6.51 ± 0.60ab	4.11 ± 0.48a	0.77 ± 0.04a	4.92 ± 0.34a	3.74 ± 0.23abc
	24	0.33 ± 0.04a	1.20 ± 0.10abc	5.63 ± 0.31bc	3.93 ± 0.48a	0.76 ± 0.04a	4.47 ± 0.45a	3.54 ± 0.23abc
2352	12	0.27 ± 0.02ab	1.12 ± 0.04bc	7.14 ± 0.49a	3.72 ± 0.36a	0.79 ± 0.02a	5.00 ± 0.36a	4.04 ± 0.14a
	18	0.27 ± 0.02ab	1.13 ± 0.06abc	6.70 ± 0.49ab	4.28 ± 0.32a	0.76 ± 0.04a	4.77 ± 0.29a	3.68 ± 0.13abc
	24	0.28 ± 0.03ab	1.18 ± 0.05abc	5.96 ± 0.42abc	3.67 ± 0.46a	0.76 ± 0.03a	4.79 ± 0.25a	3.73 ± 0.14abc
平均值		0.28	1.17	6.20	3.78	0.77	4.90	3.71
最大值		0.60	2.50	12.90	11.00	1.38	9.87	5.27
最小值		0.05	0.20	1.30	1.00	0.30	0.78	0.94
极差		0.55	2.30	11.60	10.00	1.08	6.09	4.33
标准差		0.10	0.26	1.90	1.83	0.15	1.24	0.65
变异系数/%		36.35	22.44	30.73	48.33	19.77	25.36	17.44

4.5. 不同组合处理对多花黄精种子烂种率的影响

由图 3 可知, 在不同浸种时间处理下, 烂种率较高的均是对照, 用氟啶酮处理多花黄精种子浸种 12 h 后, 烂种率最高的是 17.33%, 对应浓度 15 mg/L, 浸种 18 h 后, 烂种率最高的是 21.67%, 对应浓度是 20 mg/L, 浸种 24 h 后, 烂种率最高是 21.67%, 对应浓度 5 mg/L。

用钨酸钠处理多花黄精种子, 浸种 12 h, 烂种率最高 20.33%, 对应 1176 mg/L, 浸种 18 h 烂种率最高 22%, 对应 1764 mg/L, 浸种 24 h, 烂种率最高 17.33%, 对应浓度 2352 mg/L。

4.6. 主成分分析

利用 SPSS26.0 软件先对数据进行标准化处理, 使其服从正态分布, 并消除纲量影响, 再进行主成分分析, 提取出 3 个主成分, 得到初始特征值(见表 6), 得到主成分向量如表 7 所示。

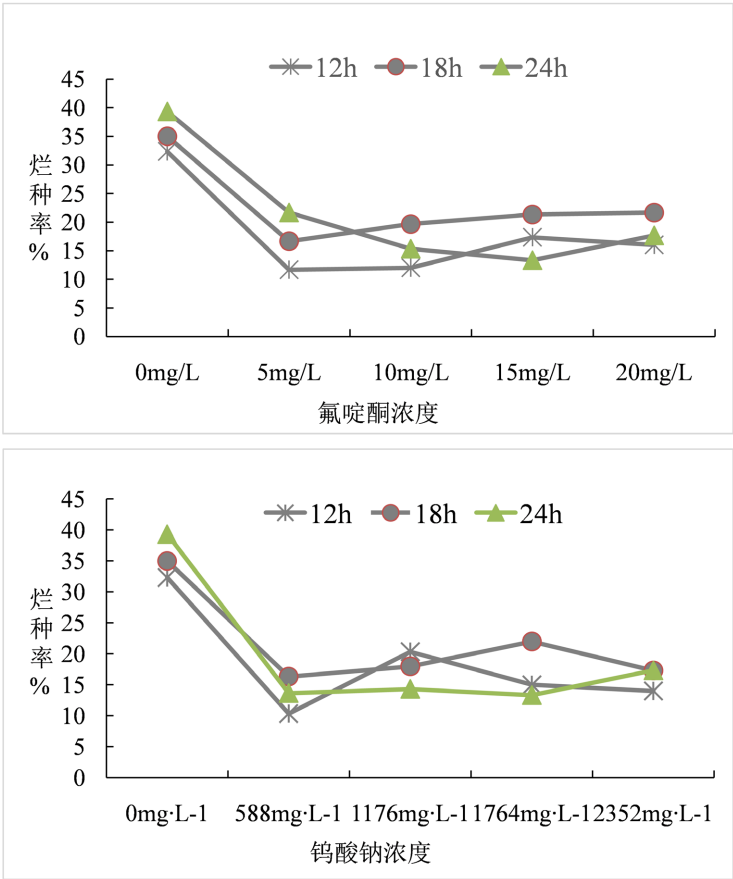


Figure 3. Effects of different combination treatments on the rate of rotten seeds of *Polygonatum cyrtonema*
图 3. 不同组合处理对多花黄精种子烂种率的影响

Table 6. Initial eigenvalues
表 6. 初始特征值

成分	特征根	方差贡献率/%	累计方差贡献/%
1	3.598	39.983	39.983
2	2.412	26.803	66.786
3	1.022	11.358	78.144
4	0.538	5.976	84.120
5	0.457	5.076	89.196
6	0.393	4.366	93.343
7	0.250	2.781	96.343
8	0.221	2.450	98.793
9	0.109	1.207	100.000

Table 7. Principal component vectors
表 7. 主成分向量

主成分	Z _{发芽率}	Z _{发芽势}	Z _{芽长}	Z _{芽粗}	Z _{根长}	Z _{根数}	Z _{根粗}	Z _{球茎长}	Z _{球茎宽}
1	0.139	0.138	0.161	0.140	0.202	0.171	0.187	0.210	0.211
2	0.327	0.317	0.236	-0.242	-0.052	-0.240	-0.171	0.013	-0.057
3	0.060	0.038	0.487	0.448	-0.411	0.168	0.252	-0.226	-0.473

由表 6 可知：前 3 个主成分的累计方差贡献率达到了 78.104% > 70%，且特征根均大于 1，表明该降维方法具有有效性。

主成分函数方程： $Y_1 = 0.139Z_{\text{发芽率}} + 0.138Z_{\text{发芽势}} + 0.161Z_{\text{芽长}} + 0.140Z_{\text{芽粗}} + 0.202Z_{\text{根长}} + 0.171Z_{\text{根数}} + 0.187Z_{\text{根粗}} + 0.210Z_{\text{球茎长}} + 0.211Z_{\text{球茎宽}}$ ； $Y_2 = 0.327Z_{\text{发芽率}} + 0.317Z_{\text{发芽势}} + 0.236Z_{\text{芽长}} - 0.242Z_{\text{芽粗}} - 0.052Z_{\text{根长}} - 0.240Z_{\text{根数}} - 0.171Z_{\text{根粗}} + 0.013Z_{\text{球茎长}} - 0.057Z_{\text{球茎宽}}$ ； $Y_3 = 0.060Z_{\text{发芽率}} + 0.038Z_{\text{发芽势}} + 0.487Z_{\text{芽长}} + 0.448Z_{\text{芽粗}} - 0.411Z_{\text{根长}} + 0.168Z_{\text{根数}} + 0.252Z_{\text{根粗}} - 0.226Z_{\text{球茎长}} - 0.473Z_{\text{球茎宽}}$ 。

由表 7 可知：第 1 主成分中球茎长和球茎宽有较大的载荷系数，第 2 主成分中的发芽率和发芽势有较大的载荷系数，第 3 主成分中芽长和芽粗有较大的载荷系数，均成正相关。以 3 个主成分对应的方差贡献率为权重，不同处理的多花黄精种子相应的权重和主成分得分进行加权求和，再根据主成分特征值和主成分向量，可以计算出各主成分得分及综合得分，相关排名结果见表 8，得到综合评分模型函数 $Y = 0.512Y_1 + 0.343Y_2 + 0.145Y_3$ ，结果显示 6 号处理的综合评分达到了 1.58，高于其他处理组，由此可对各处理下的多花黄精种子做出评价，排序从高到低为 6 号(F10 mg/L 24 h) > 5 号(F10 mg/L 18 h) > 10 号(F20 mg/L 12 h) > 12 号(F20 mg/L 24 h) > 2 号(F5 mg/L 18 h) > 8 号(F15 mg/L 18 h) > 3 号(F5 mg/L 24 h) > 9 号(F15 mg/L 24 h) > 7 号(F15 mg/L 12 h) > 13 号(W588 mg/L 12 h) > 22 号(W2352 mg/L 12 h) > 17 号(W1176 mg/L 18 h) > 11 号(F20 mg/L 18 h) > 4 号(F10 mg/L 12 h) > 24 号(W2352 mg/L 24 h) > 1 号(F5 mg/L 12 h) > 19 号(W1764 mg/L 12 h) > 23 号(W2352 mg/L 18 h) > 15 号(W588 mg/L 24 h) > 18 号(W1176 mg/L 24 h) > 20 号(W1764 mg/L 18 h) > 14 号(W588 mg/L 18 h) > 21 号(W1764 mg/L 24 h) > 16 号(W1176 mg/L 12 h)。综合比较表明 6 号处理：用 10 mg/L 氟啶酮，浸种 24 h 处理多花黄精种子为最优的条件。(注：F 表示氟啶酮处理，W 表示钨酸钠处理)

Table 8. Scores of principal components and ranking of comprehensive scores

表 8. 各主成分得分及综合得分排序

处理	Y1	排序	Y2	排序	Y3	排序	Y	排序
1	-0.79	18	0.51	8	-1.97	24	-0.08	16
2	-0.05	13	1.43	3	-1.25	20	0.61	5
3	0.20	11	0.69	7	0.75	5	0.49	7
4	-0.98	21	0.97	5	0.29	12	-0.02	14
5	0.86	3	1.68	1	0.67	6	1.16	2
6	2.21	1	0.89	6	-0.55	18	1.58	1
7	-1.03	22	1.50	2	-0.35	17	0.13	9
8	0.77	4	0.19	11	1.08	2	0.60	6
9	0.42	8	-0.37	16	-1.64	23	0.23	8
10	1.30	2	0.31	9	-0.04	16	0.92	3
11	-0.11	15	-0.23	15	-0.67	19	0.01	13
12	0.29	10	1.27	4	0.85	4	0.73	4
13	0.64	5	-1.03	20	-1.26	21	0.12	10
14	-0.60	17	-0.78	18	0.05	14	-0.43	22
15	0.30	9	-1.92	24	0.42	9	-0.36	19
16	-0.82	19	-0.72	17	0.44	8	-0.52	24
17	0.55	6	-1.05	21	0.91	3	0.07	12
18	-1.12	23	0.20	11	0.40	10	-0.36	20
19	-0.84	20	0.23	10	0.11	13	-0.21	17
20	-0.03	12	-1.46	23	0.54	7	-0.37	21
21	-1.31	24	0.01	13	2.34	1	-0.52	23
22	0.52	7	-0.96	19	-1.45	22	0.08	11
23	-0.09	14	-1.15	22	-0.03	15	-0.30	18
24	-0.21	16	-0.20	14	0.38	11	-0.03	15

5. 结论与讨论

百合科药用植物种子质地坚硬, 大多数的种子存在休眠现象, 且百合科种子的休眠主要属于生理休眠, 其种子成熟时往往形态还未成熟(胚未发育, 停留在原球胚阶段), 胚的发育与温度密切相关, 种子的休眠与各激素在种子中的绝对含量有关[16]。刚采收的多花黄精种子 ABA 含量显著高于其他萌发出苗时期的多花黄精种子, 会抑制种子萌发, 而此时 GA₃ 含量还很低, 对种子萌发的促进作用较小; 刚采收的多花黄精种子的种皮具蜡质, 亮黄色, 种皮外附有绿色物质, 且无法完全洗去, 而种皮的结构可以影响其透气性和透水性[17]。

本试验中, 创新了多花黄精种子破休眠的方法, 结果显示: 单独使用氟啶酮处理多花黄精种子表现出了促进萌发的作用, 但随着浓度和浸种时间的变化, 大多数处理组发芽率、发芽势等指标均不成规律变化, 可能是由于实验前处理种子的选择以及浓度设置未达到一个差异的点。本试验还发现, 钨酸钠处理多花黄精种子, 其根长最高能高达 12.90 cm, 跟郭栋梁等[14]研究结果类似。由于本试验得到的试验结果并不理想, 最高萌发率还未达到 50%, 同时只是探究了两种不同试剂对多花黄精种子解除休眠的影响, 所以应进一步筛选更好的浓度以及组合处理来得到更加理想的效果。

结论: 综合以上分析得出用 10 mg/L 氟啶酮浸泡多花黄精种子 24 h 为该试验中的最优处理方法。

基金项目

国家重点研发项目: 西南地区天麻、三七等中药材产业关键技术研究与应用示范([2021]YFD1601000号)。

参考文献

- [1] 董治程, 谢昭明, 黄丹, 等. 黄精资源、化学成分及药理作用研究概况[J]. 中南药学, 2012, 10(6): 450-453.
- [2] Wang, Y., Qin, S.C., Pen, G.Q., et al. (2017) Potential Ocular Protection and Dynamic Observation of *Polygonatum sibiricum* Polysaccharide against Streptozocin-Induced Diabetic Rats' Model. *Experimental Biology and Medicine*, **242**, 92-101. <https://doi.org/10.1177/1535370216663866>
- [3] Liu, J., Xu, Y.J., Zhao, F.Y., et al. (2018) Research Progress on Extraction Technology of Polysaccharides from *Polygonatum* spp. *Medicinal Plant*, **9**, 11-14, 18.
- [4] Peng, X.M., He, J.C., Zhao, J.M., et al. (2018) *Polygonatum sibiricum* Polysaccharide Promotes osteoblastic Differentiation through the ERK/GSK-3 β -Catenin Signaling Pathway in Vitro. *Rejuvenation Research*, **21**, 44-52. <https://doi.org/10.1089/rej.2017.1956>
- [5] 黄瑶, 石林. 黄精的药理研究及其开发利用[J]. 华西药学杂志, 2002(4): 278-279. <https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2002.04.015>
- [6] 张泽锐. 多花黄精生殖特性与繁育栽培技术[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江农林大学, 2020.
- [7] 王锐, 张志敏, 姚琪馥, 等. 生长物质处理剂对梵净山多花黄精种子萌发的影响[J]. 中药材, 2019, 42(5): 982-984. <https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2019.05.007>
- [8] 朱伍凤, 王剑龙, 常辉, 等. 黄精种子破眠技术研究[J]. 种子, 2013, 32(4): 13-16+19. <https://doi.org/10.16590/j.cnki.1001-4705.2013.04.068>
- [9] 焦劫, 陈黎明, 张巧媚, 等. 黄精种子质量与外源生长调节物质 SNP、ETH 对种子萌芽的影响[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(5): 1211-1213.
- [10] Jing, M.Y. and Zhang, J.H. (2004) Abscissic Acid and Antioxidant Defense in Plant Cells. *Acta Botanica Sinica*, **46**, 1-9.
- [11] 赵程, 郭晔红, 赵阳武, 等. 氟啶酮赤霉素协同诱导对肉苁蓉种子发芽率的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(4): 54-58. <https://doi.org/10.13432/j.cnki.jgsau.2018.04.009>
- [12] 汪佳维, 王华磊, 赵致, 等. 不同试剂及温度对解除滇重楼种子休眠的影响[J]. 河南农业科学, 2020, 49(3): 47-53. <https://doi.org/10.15933/j.cnki.1004-3268.2020.03.007>
- [13] 苏贺, 王月, 杨阳, 董学会. 氟啶酮、赤霉素和发芽温度对巫山淫羊藿种子休眠解除的影响[J]. 中国中药杂志,

2016, 41(14): 2625-2632.

- [14] 郭栋梁, 王静杰, 万小荣, 等. 外源脱落酸抑制花生种子发芽的生理机制[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(5): 936-938.
- [15] 苏静. ABA 及其抑制剂钨酸钠对“长富 2 号”花芽分化的影响[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [16] 浦梅. 滇重楼种子发芽过程中生理生化特征研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2016.
- [17] 陈怡. 多花黄精种子和种茎萌发出苗的形态及生理研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
<https://doi.org/10.27047/d.cnki.ggudu.2020.001226>