

肉果秤锤树核果中萌发抑制物质的初步研究

刘超*, 伏秦超, 罗正敏, 张西玉, 胥成浩, 唐梅

(乐山师范学院, 林竹生态研究中心, 四川乐山 614004)

摘要: 以休眠期肉果秤锤树 (*Sinojackia sarcocarpa* L.Q .luo)核果的果肉、内果皮和种仁水浸提液和不同浓度甲醇浸提液分别测定对白菜种子萌发和幼苗生长的影响, 以研究肉果秤锤树核果中萌发抑制物质类型和存在部位。结果: 果肉随水提时间的延长, 对白菜种子发芽和幼苗生长、根生长的抑制作用逐渐增强 ($p<0.05$ 或 $p<0.01$), 而内果皮、种仁水浸提液的影响不明显 ($p>0.05$); 各部位甲醇浸提物均能显著抑制白菜种子发芽和生长, 且随浸提液质量分数的升高抑制效应越强; 在相同浓度水平时, 抑制效果果肉最强 ($p<0.01$), 种仁显著 ($p<0.05$) 高于内果皮; 果肉的甲醇浸提液抑制作用也显著高于其水浸提液。各处理组白菜种子的根生长均比苗生长缓慢。表明: 果肉、内果皮和种仁中均含酯溶性抑制物, 主要存在于果肉中, 且果肉中还含一定量的水溶性抑制物。

关键词: 肉果秤锤树; 核果; 水浸提液; 甲醇浸提液; 抑制物; 发芽率

Preliminary Study on Germination Inhibitors from *Sinojackia sarcocarpa* Drupe

LIU Chao, FU Qin-chao, LUO Zheng-min, ZHANG Xi-yu, XU Cheng-hao, TANG Mei

(Research center of forest and bamboo bionomics, Leshan normal university, Leshan, sichuan, 614004)

Abstract: In order to gain a deeper understanding on relevant dormancy mechanism and to explore effective methods for improving seed germination, the flesh, endocarp and the kernel (embryo +endosperm) of *S.sarcocarpa* seeds(drupe) were soaked in water for different time(48h, 96h, 144h) and different methanol solution (25%, 50%, 75%) to extract inhibitory substances, taking wild as materials, and effects of extracts on germination rate of cabbage seed were investigated, respectively. The results showed that there has a significant ($p<0.05$) or extremely significant ($p<0.01$) inhibiting effect on the germination, growth of the tall and the root under the treatment of flesh extract by water than the endocarp and the kernel water extracts($p>0.05$), while there was a significant inhibiting effect on the germination rate of cabbage seeds and the growth of its height and root under the treatment of the flesh, endocarp and the kernel with the different methanol concentrations (25%, 50%, 75%) and the inhibiting effect enhanced with the addition of the cincentratuin of methanol. In the same methanol solution, the flesh solution was the strongest of the three($p<0.01$), and the kernel was more pronounced than the endocarp($p<0.05$).The effects of the mesocarp of the methanol extract was significantly stronger than method of water. The growth of roots were slower than the growth of height in all treatment groups .These datas suggested that some water-soluble substance exist in the mesocarp of *S.sarcocarpa*, and there also are some ester-soluble substance in the mesocarp, endocarp and the kernel. And the kinds of germination inhibitors mainly are in the mesocarp. These substance which inhibit the seed germination and seedling growth , and the inhibitory effect on root growth is stronger than of height growth.

Key words: *S.sarcocarpa*; drupe; water extract; methanol extract; inhibitor; germination rate

1 引言 (Introduction)

肉果秤锤树(*Sinojackia sarcocarpa* L.Q.luo)属安息香科(Styracaceae)秤锤树属(*Sinojackia*)落叶乔木,1992年^[1]发现于四川乐山地区的一个新种,物种自然分布数量及群落面积日益降低^[2],属亚热带偏湿性常绿阔叶林伴生的国家二级保护濒危树种。较其他秤锤树果实肉质厚实,花白,果序下垂,核果似秤锤^{[3]-[4]},具有极高观赏、生态、科研等应用价值。萌发和驯化实验证明种子具有较长休眠特性,播种后3年才萌发,发芽率极低,栽植后8~10年才能开花结实^[2],繁殖极其困难,严重影响物种的繁育、保护和生态应用。姚青菊^[5](2008)和贾书果^[6](2010)等人发现秤锤树(*Sinojackia xylocarpa*)种子有主要存在种仁的酯溶性萌发抑制物,但肉果秤锤树种子深休眠机理和解除方法以及休眠抑制物质未见研究报道。

肉果秤锤树果为核果(有文献也称种子^{[7]-[8]},实为核果,将外、中、内三层果皮统称种皮,种仁为胚和胚乳,区别于植物学所定义的种子)。本文就肉果秤锤树核果的果肉(中果皮)、内果皮(木质化形成坚硬的核)和种仁不同溶液浸提液对小白菜种子萌发及幼苗生长的影响,探讨种子休眠原因及萌发抑制物质主要存在部位及萌发抑制物的基本性质,为进一步研究肉果秤锤树种子休眠机理、寻求合理解除方案以提高育种率提供理论基础。

2 材料与方法 (Materials and Methods)

2.1 实验材料

肉果秤锤树核果来源于乐山师范学院苗圃园,参照文献^[6]将休眠期种子果肉和核分离并自然风干,再破核分离出内果皮和种仁,分别研磨成粉末,材料处理均在一周内完成。萌发抑制物的生物测定以白菜(*Brassica pekinensis*)籽发芽、生长抑制为指标^[9]。实验用白菜种子‘快菜30’购于乐山市种子市场,纯度≥95%,净度≥98%,入袋芽率≥88%,将白菜种子用75%酒精消毒3分钟,用蒸馏水冲洗干净后风干。

2.2 种子吸水率的测定

取15粒风干肉果秤锤树种子(木质化的内果皮包裹),参考文献^[10~13]方法,测定不同时间种子的吸水量,重复2次。以净吸水率随时间的变化来表示吸水速度。相对吸水率(%)=(吸水后质量—吸水前质量)/吸水前质量×100%。

2.3 种子提取液制备

分三次分别称取果肉、内果皮、种仁粉末各 5 g 置于广口瓶，加入 100 mL 蒸馏水后于分别浸提 48、96、144 h (25 °C)。

分三次分别称取果肉、内果皮、种仁粉末各 5 g 置于广口瓶中，用甲醇 50 mL 浸提 48 h(25 °C)，重复 2 次，将滤液混合后并定容至 50 mL，于 4 °C 冰箱中保存备用。用时参照文献^{[10][14]}以甲醇浸提液为母液，用蒸馏水分别稀释成质量分数为 25%、50%、75% 试液各 50 mL。

2.4 提取液对白菜萌发的影响测定

在直径 9 cm 的培养皿中垫入 3 层滤纸，每皿各放 100 粒小白菜籽，分别取上述水浸提液（48、96、144h）和甲醇浸提液进行种子发芽试验，于 25 °C 恒温光照培养箱内培养，各处理重复 3 个，以同体积蒸馏水为对照。每日统计发芽数（以子叶露出为发芽标准）^[10]，7 d 时统计种子发芽率。发芽率% = (最终发芽种子数/供试种子总数) × 100%，同时测量其苗高和根长^[15]。

2.5 数据处理

数据统计及处理运用 SPSS 处理软件处理数据并用 Duncan 新复极差法进行多重比较，以 $P < 0.05$ 为差异显著。实验数据为平均值 ± SD。

3 结果 (Results)

3.1 肉果秤锤树种子透水性

某些植物种子的种皮因具果胶层而不透水^[16]，导致吸水不充足使萌发时间延长。肉果秤锤树种子吸水量实验（图 1）发现：在吸胀 21 h 前，基本呈直线上升，以后吸水速度减慢。至 41 h 后，吸水量达饱和状态 86.6%，达到种子萌发的生理需水要求^[10]。肉果秤锤树种子较小，核果皮孔不明显，中果皮（果肉）厚实，内果皮致密坚硬，对种子萌发有一定的束缚性。切开种子剖面观察，种仁颜色由原来的蜡白色变成乳白色，尽管包裹着种子的木质化内果皮虽然坚厚，却具有良好的透水性，表明种子的休眠不是由内果皮的透水性所致。

3.2 水浸提液对白菜种子萌发的影响

水提液对白菜种子发芽影响实验中，对照、内果皮、种仁处理组在置床 24 h 后即有明显的发芽迹象，至第 4 d 时已有 80% 以上的高发芽率，而果肉浸提液处理组每日增加的发芽数很少，至第 5 d 后（发芽数：38 粒）就不再有种子继续萌发。

水浸提液对白菜种子发芽影响和多重对比分析(表 1), 内果皮和种仁 48、96、144 h 水浸提液对白菜种子萌发无明显影响 ($p_{\text{内果皮}}=0.658>0.05$, $p_{\text{种仁}}=0.482>0.05$); 果肉水浸 48、96、144 h 的浸提液处理后, 白菜籽的发芽率分别为 (79.3±7.37) %、(56.7±7.55) %、(37±8.72) %, 较对照 (92.7±4.04) % 分别下降了 13.4%、36%、55.7%。果肉 48 h 水浸提液对白菜种子萌发抑制作用不显著 ($p_{\text{果肉}}>0.05$), 仅降低 13.3%, 水浸 96 h 后浸提液对白菜种子发芽有极显著抑制作用 ($p_{\text{果肉}}<0.01$), 即随浸提时间的增长, 果肉水浸提液对白菜种子的萌发抑制效应明显增强。

果肉水浸提液中含有丰富营养物质, 微生物的分解产物也可能会影响种子萌发, 但经实验中观察发现, 在果肉各处理组培养皿内均未出现发霉和种子腐烂现象, 排除微生物分解作用的产物抑制白菜种子萌发的可能。

实验结果表明, 肉果秤锤树核果的果肉水浸提液中含有某些可溶性萌发抑制物, 且随浸提时间延长, 浸提抑制物浓度增加, 即水浸时间与抑制程度有显著相关性。

3.3 不同浓度甲醇浸提液对白菜种子萌发特性的影响

肉果秤锤树核果甲醇浸提液对白菜种子发芽的影响实验结果白菜种子萌发数均呈降低趋势。与对照比较, 对同一种子部位, 随着浸提液浓度的增大, 抑制作用逐渐增强。不同部位的甲醇浸提液对白菜种子发芽均有极显著抑制作用 ($p_{\text{内果皮}}$ 、 $p_{\text{种仁}}$ 、 $p_{\text{果肉}}<0.01$) (表 2), 多重比较结果显示: 与对照相比, 内果皮甲醇浸提液在浓度为 25% 时, 白菜种子发芽率较高, 无明显差异, 在 50%、75% 浓度时分别降低 15%、28%, 表现出显著和极显著差异; 种仁处理组在 25% 浓度时即有显著影响 (下降 11%), 50% 水平时有极显著抑制效应 (下降 25.4%); 果肉处理组在 25% 浓度时即降低 20%, 表现出极显著抑制作用, 且各浓度梯度间抑制强度也有极显著差异。

数据分析表明抑制白菜种子发芽和生长的最可能原因是核果可能存在某些酯溶性化学物质成分^[5], 果肉、内果皮、种仁中均含有, 且主要存在于果肉, 种仁次之, 这些化学成分抑制了白菜种子的正常萌发。

3.4 不同浸提液对白菜种子生长的影响

水和甲醇浸提液对白菜籽的苗、根生长均有一定的抑制作用 (表 3 和表 4)。内果皮处理组作用较轻, 虽然随浓度增大, 苗高度和根长度均逐渐减短, 但与对照相比, 至 75% 浓度水平时, 对苗生长的抑制强度达到显著水平, 但在 50% 浓度水平时对根生长就有显著影

响；种仁各处理组较内果皮处理组抑制作用强，各处理组对种子苗的生长均达到显著或极显著水平；而果肉甲醇浸提液抑制种子生长效应尤为明显，经 25%、50%、75% 浓度浸提液处理后，白菜种子的苗高和根长较对照（ $2.87 \pm 0.047 \text{ cm}$ ）分别下降 1.23、1.61 cm，1.99、2.20 cm，在 75% 浓度水平时，未有一粒种子有明显苗、根生长迹象。培养过程中观察到，对照组苗和根的长势较好，幼叶嫩绿，茎长而粗，主根较长且有许多须根，而经甲醇浸提物处理后，随浓度增大，苗和根的生长越趋缓慢，长势较差。尤其是果肉各处理组，苗黄茎细，根纤细短小，在 50% 浓度时苗高度均在 1 cm 范围以下，根长不足 0.5 cm，生长及其缓慢。

实验结果进一步表明肉果秤锤树核果中的内源抑制物质，主要存在于果肉中，抑制强度随浸提时间增长或浸提液浓度的增大而增强，且对白菜根生长抑制效应比苗生长强。

4 讨论 (Discussion)

种子休眠在不同的植物种类中主要是由于胚的结构、外种皮和内种皮以及种子内源生理抑制物质等多种因素引起的^{[11][17~21]}。内源抑制剂在植物的叶，果实的果皮、果肉及种皮、胚和胚乳中均可能存在，如樟树^[22]、木兰^[23]、北美鹅掌楸^[24]、五味子^[25]、青钱柳^[9]、人参^[26-27]、珙桐^[28]等植物种子萌发率低的原因之一就在于种子中含有某些抑制物成分，如脂肪酸类、酚类、苯类、酮类、有机酸、生物碱、脱落酸、醛类等^{[25][27][29]}，它们通过阻碍种子吸水、抑制种子酶活性、阻碍种胚生长、抑制呼吸作用等方式，直接或间接的阻碍了种子的正常萌发^[6]。抑制物质的转化和消除可能需要一个较长时间的过程，从而阻碍了种胚的正常萌发。

肉果秤锤树种子萌发抑制物的初步研究表明，种子休眠的主要原因与秤锤树 (*S. xylocarpa*) 种子^{[5][30]}，种子坚实种皮、透气性差相比较，肉果秤锤树种子萌发受阻与种皮的机械束缚力和透气性差有一定相关，但并不是主要因素。肉果秤锤树核果各部分水浸提液种子萌发实验仅仅果肉较长时间 (96 h 以上) 浸提液才能表现显著抑制能力。核果各部位的甲醇浸提液均对白菜籽的萌发和生长有不同程度的抑制效应，趋势浸提液抑制物的抑制活性随浸提液浓度的增大而增强。抑制能力内果皮 < 种仁 < 果肉，果肉处理组在 25% 浓度时对其终发芽率和后期生长就已达到极显著水平。水提液与甲醇提取液相比较，果肉甲醇浸提物比水浸提物的抑制作用更明显，低浓度的甲醇浸提液即已对白菜籽的萌发有极显著抑制作用。进一步表明肉果秤锤树核果中可能存在某些内源抑制物质，尽管内果皮、种仁中也含有抑制物，但果肉是抑制物质的主要存在部位，不仅含有水溶性抑制物成分，更重要的是酯溶性抑制物成分。而姚青菊对秤锤树 (*S. xylocarpa*) 种子萌发抑制物研究证明主要存在于种仁^[5]中，主要是因为肉果秤锤树的果肉较其他秤锤树明显厚实，这是物种差异导致的结果，但是

两者研究证明除果肉外，种仁中抑制物含量也较多。

种子中萌发抑制物质尽管降低了种子的萌发，但仍然具有某些重要的生理学意义，某些植物种子中的抑制剂，必需足量的雨水冲掉抑制物质时才能萌发，以此适应干旱条件^[28]，如生产上通常将西瓜、甜瓜、番茄、辣椒和茄子等种子播种前将种子浸泡，反复漂洗，才能提高发芽率；黄致远（1998）等^[31]人将秤锤树果实进行水浸处理后播种，出苗率比明显增加。关于打破种子深休眠习性的方法，学者们开展了多方面的探索，如用机械破损法、低温层积、内源激素处理及X-射线、紫外线辐射、化学试剂处理等^{[10] [32~34]}进行处理，均取得一定效果。实际生产运用化学（如硝酸盐）处理也能刺激种子萌发和打破种子休眠，作为发芽促进物质而广泛应用种子检验中^{[8] [35]}。肉果秤锤树果实中既含有水溶性和酯溶性抑制物成分，且主要存在于果肉中，因此运用机械破损、水浸法和化学药剂处理核果减少果肉成分后再播种可能会减小肉果秤锤树果实中的抑制物，促进萌发有一定帮助。对于肉果秤锤树种子，哪种处理方法更有效，其萌发需要什么样的更适宜的条件等仍需进一步研究。

孙婷(2008)等^[36]发现栝楼种子种皮萌发抑制物质主要成分是极性物质，种仁中也含有非极性抑制物质。对于肉果秤锤树核果中具体的抑制物成分的确定和不同部位含量的多少以及其作用机理，也待进一步研究。

参考文献(Refrence)

- [1] 罗利群. 四川秤锤树属一新种[J], 中山大学学报(自然科学版), 1992,31(4):78-79
- [2] 罗利群, 王维德. 濒危植物肉果秤锤树人工繁殖成功[J], 植物杂志,(2002, (3):9-9
- [3] 罗利群. 极危树种—肉果秤锤树的生态特性[J],生态学报, 2005,25(3):575-580
- [4] 贾书果, 沈永宝. 秤锤树的研究进展[J]. 江苏林业科技, 2007,34(6):41-45
- [5] 姚青菊,汪琼,王贞,杨军,熊豫宁. 秤锤树种子中发芽抑制物初步研究[J],江苏林业科技,2008, 35(5):24-26
- [6] 贾书果,沈永宝,吴薇. 秤锤树种子甲醇浸提液的生物测定[J],林业科技开发,2010,24(1):104-107
- [7] 徐本美,冯桂强,史华,黎念林,鲍琴. 从秤锤树种子萌发论酸蚀处理效应[J],种子,1999,105(5): 44-47
- [8] 曾广文. 种子的休眠[J], 种子,1984,4:74-81
- [9] 杨万霞,方升佐.青钱柳种皮甲醇浸提液的生物测定[J],植物资源与环境学报,2005,14(4):11-14
- [10] 王晓娟,张凤兰,杨忠仁,郝丽珍.沙葱种皮特性、种胚及种子浸提液与种子休眠的关系[J],植物生理学报, 2011,47(6):589-594
- [11] D. LIU, H.L. YU, F.L. LI AND H.H. GUO. An analysis of dormancy and dormancy release in *taxus chinensis* var. *mairei* seeds[J], Seed Sci. & Technol. 2011,39(1):29-43
- [12] 张德纯, 王德槟, 王小琴, 马宾生, 韩沛新, 徐秀容. 芽苗菜种子的吸水量[J],中国蔬菜. 1998,1:25-27
- [13] 杜红英, 张金祥, 姜建国.不同作物种子萌发需水量和吸水速度的测定[J], 湖北农业科学, 1981, (11):13-14
- [14] 田胜尼, 孙启武, 张小平, 支琳. 南方红豆杉种子浸提液对油菜种子萌发与幼苗生长的影响研究[J],中国农学通报, 2007,26(7):124-127
- [15] 李铁华. 木荷种子休眠与萌发特性的研究[J], 种子, 2004,23(6):15-17

- [16] 徐永杰, 刘伟华. 苦瓜种子发芽困难的原因及播前处理新技术[J], 现代化农业,2007,338(9): 23-25
- [17] Briggs, C.L and Morris, E.C. Seed-coat dormancy in *Grevillea linearifolia*: little change in permeability to an apoplastic tracer after treatment with smoke and heat[J], Annals of Botany,2008,101(5):623-632
- [18] Vandeloock,F. and Van Assche,J.A.. Temper- ature requirements for seed germination and seedling development determine timing of seedling emergence of three monocotyle- donous temperate forest spring geophytes[J], Annals of Botany,2008,102(5):865-875
- [19] Vandeloock, F., Bolle, N. and Van Assche, J.A.. Seed dormancy and germination of the European *Chaerophyllum temulum* (Apiaceae), a member of a trans-Atlantic genus[J], Annals of Botany, 2007,100:233-239
- [20] Debeaujon, I., Léon-Kloosterziel, K.M. and Koornneef, M.. Influence of the testa on seed dormancy,germination,and longevity in *Arabido- psis*[J], Plant Physiology,2000,122:403- 413
- [21] Bewley, J.D. Seed germination and dormancy[J], The Plant Cell, 1997, (9):1055-1066
- [22] 周佑勋, 段小平, 肖东玉. 樟、檫树、闽楠种子的休眠和萌发特性[J],中南林学院学报,2006, 26(5):79-84
- [23] 李澎,陆秀君,姚飞,郭蕊.天女木兰种子休眠原因的初步探讨[J],种子, 2006,25(2):36-39
- [24] 沈永宝, 郭永清, 喻方圆. 北美鹅掌楸种子外种皮发芽抑制物研究[J],江苏林业科技,2004, 31(3):10-11
- [25] 赵敏,王炎,张伟. 北五味子内源抑制物质特性的初步研究[J],东北林业大学学报,1999,27(5): 62-64
- [26] 刘继生, 张鹏, 沈海龙, 张羽, 范少辉. 东北刺人参种子萌发影响因子的研究[J], 植物学通报, 2005,22 (2):183-189
- [27] 崔淑玉, 黄耀阁, 刘墨祥, 李向高. 人参种子发芽抑制物质的初步研究[J], 吉林农业大学学报, 1996,18(1):25-29
- [28] 雷泞菲, 苏智先, 陈劲松, 郭家洪. 珍惜濒危植物珙桐果实中的萌发抑制物质[J], 应用与环境生物学报, 2003,9(6):607-610
- [29] 孔祥海. 抑制物质与种子休眠[J],龙岩师专学报, 2002,20(6):50-52
- [30] 史篮华, 黎念林, 金玲, 朱秋桂, 徐本美. 秤锤树种子休眠与萌发的初步研究.浙江林学院学报, 1999,16(3): 228-233
- [31] 黄致远, 朱小毅. 秤锤树生态地理分布、生物学特性与繁殖的初步研究[J], 江苏林业科技, 1998,25(2):15-18
- [32] 刘长乐. 热水处理对山皂荚种子萌发的影响[J], 林业科技, 2012,37(1):35-37
- [33] 张静静,吴军,程许娜,苏金乐. 樟树种子休眠机制初探[J],河南农业科学, 2011,40(10):123-125, 136
- [34] Zhou Zhiqiong, Bao Weikai. Levels of physiological dormancy and methods for improving seed germination of four rose species [J],Scientia Horticulturae,2011,129(4): 818-824
- [35] 张菊平,张艳敏,康业斌,张兴志. 硝酸钾处理对不同贮藏年限辣椒种子发芽的影响[J],种子,2005,24(4): 28-30
- [36] 孙婷,刘鹏,徐根娣. 栝楼种子休眠特性分析[J], 中国农业科学,(2008,41(12):4273-4280

附：图

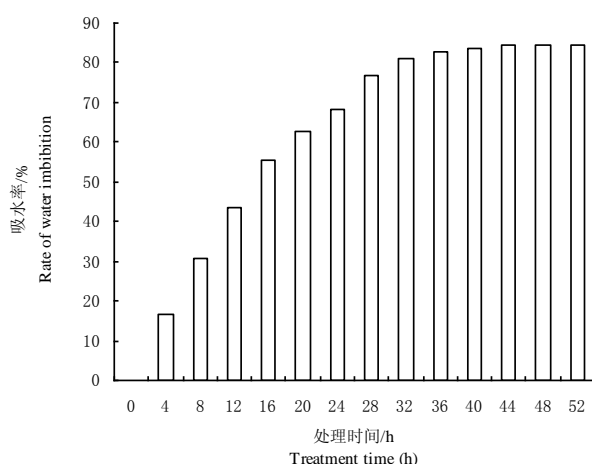


图1 肉果秤锤树种子的吸水率变化
Fig.1 Change in water absorption of *S. sarcocarpa*

表1 不同部位水浸提液对白菜种子发芽率影响的方差分析
Table 1 Analysis of variance on the effects of water extracts on the germination rate of Chinese cabbage seeds.

浸体部位 Part	自由度 Degree of freedom	各处理的发芽率/% Germination percentage(%)					
		48 h	96 h	144 h	对照	F	P
内果皮(endocarp)	3	90.3aA	91.0aA	88.0aA	92.7aA	0.556	0.658
种 仁(kernel)	3	90.3aA	86.7aA	89.7aA	92.7aA	0.902	0.482
果 肉(flesh)	3	79.3bA	56.7cB	37.0dC	92.7aA	19.01	0.000**

注：采用Duncan's多重比较法，**表示 $P<0.01$ 的极显著水平，各处理中不同的小写和大写字母分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上的差异显著性。

表2 不同部位甲醇浸提液对白菜种子发芽率影响的方差分析
Table 2 Analysis of variance on the effects of methanol extracts on the germination rate of Chinese cabbage seeds.

浸体部位 Part	自由度 Degree of freedom	各处理的发芽率/% Germination percentage(%)					F	P
		25%	50%	75%	对照			
内果皮(endocarp)	3	89.0abA	77.7bAB	64.7cB	92.7aA	11.730	0.003**	
种 仁(kernel)	3	81.7bAB	67.3cB	58.7cB	92.7aA	21.596	0.000**	
果 肉(flesh)	3	70.7bB	48.0cC	26.3dD	92.7aA	68.249	0.000**	

注：采用Duncan's多重比较法，**表示 $P<0.01$ 的极显著水平，各处理中不同的小写和大写字母分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上的差异显著性。

表3 不同部位水浸提液对白菜种子的生长的影响
Table 4 Effects of different concentrations of water extract from *S. sarcocarpa* seed on the growth of cabbage seedling

浸体部位 Part	浸提时间/h Time(h)	苗高/cm Seedling height(cm)	根长/cm Root length(cm)
内果皮(endocarp)	48	2.93 ± 0.086aA	2.70 ± 0.125aA
	96	2.85 ± 0.053aA	2.72 ± 0.149aA
	144	2.87 ± 0.076aA	2.72 ± 0.079aA
种 仁(kernel)	48	2.87 ± 0.053aA	2.72 ± 0.079aA
	96	2.81 ± 0.040aA	2.68 ± 0.112aA
	144	2.85 ± 0.042aA	2.70 ± 0.137aA
果 肉(flesh)	48	2.47 ± 0.085bB	1.14 ± 0.271bB
	96	1.29 ± 0.163cC	0.55 ± 0.191cC
	144	0 ± 0.000dD	0 ± 0.000dD
对 照(control)		2.87 ± 0.047aA	2.75 ± 0.115aA

注：采用Duncan's多重比较法，**表示 $P<0.01$ 的极显著水平，各处理中不同的小写和大写字母分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平上的差异显著性。

表4 不同部位甲醇浸提液对白菜种子生长的影响

Table 4 Effects of different concentrations of methanol extract from *S. sarcocarpa* seed on the growth of cabbage seedling

种子部位 Part	甲醇浓度/% Concentration of methanol	苗高/cm Seedling height(cm)	根长/cm Root length(cm)
内果皮(endocarp)	25	2.86 ± 0.071aA	2.62 ± 0.056aAB
	50	2.73 ± 0.117abA	2.46 ± 0.075bB
	75	2.65 ± 0.108bA	2.06 ± 0.08cC
种 仁(kernel)	25	2.84 ± 0.097aA	2.25 ± 0.06bB
	50	2.64 ± 0.115bAB	1.95 ± 0.093cB
	75	2.46 ± 0.081cB	1.68 ± 0.164dC
果 肉(flesh)	25	1.64 ± 0.318bB	0.85 ± 0.191bB
	50	0.88 ± 0.335cC	0.34 ± 0.146cC
	75	0 ± 0.000dD	0 ± 0.000dD
对 照(control)		2.87 ± 0.047aA	2.75 ± 0.115aA

注：采用Duncan's多重比较法，**表示 $P < 0.01$ 的极显著水平，各处理中不同的小写和大写字母分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上的差异显著性。

基金项目：四川省乐山市科技局资助项目。

作者简介：

刘超，男（1967—），硕士研究生，副教授，主要从事植物生理生化研究。

*通讯作者，E-mail:machaoliu1967@126.com