

成熟度和饱满度对柴胡种子发芽率的影响

张东佳¹ 白玉德² 彭云霞¹ 魏莉霞¹ 龚成文¹ 张海静³

(¹甘肃省农业科学院中药材研究所,兰州 730070; ²甘肃普安康药业有限公司,兰州 730207;

³甘肃益漳中药科技有限公司,定西 748301)

摘要:种子发芽率低、出苗差、出苗不整齐是制约柴胡生产的主要瓶颈。采收不同成熟度的柴胡种子,测定种子长度、宽度、千粒重、发芽势、发芽率等指标,并对所得数据进行方差分析,确定柴胡种子成熟度对发芽率的影响;分别用筛选法和风选法分选不同饱满度的柴胡种子,测定种子长度、宽度、千粒重、发芽势、发芽率等指标,并对所得数据进行方差分析,确定柴胡种子饱满度对发芽率的影响。柴胡在花后30d、35d、40d、45d、50d、55d、60d采收的种子其发芽率分别为3.33%、7.67%、15.33%、33.67%、68.33%、57.67%。依次以16目、18目、20目、24目、26目筛选柴胡种子,发芽率分别为71.33%、56.67%、44.33%、8.67%、1.67%;以1.6m/s、2.0m/s、2.4m/s、3.0m/s、3.4m/s风速风选得到柴胡种子,其发芽率分别为46.67%、56.33%、63.67%、67.33%、74.33%。柴胡在花后55d采收的种子发芽率和发芽势均为最高,可作为柴胡种子成熟度控制的主要参数。筛选时20目以上柴胡种子(不能通过24目筛)发芽率和发芽势均较高,风选时以2.4m/s风速分选出的柴胡种子发芽率较高,可作为柴胡种子饱满度控制的主要参数。通过两种分选方法选出的种子,饱满度越高,种子发芽率和发芽势也越高,种子发芽时长越短。

关键词:柴胡;种子;成熟度;饱满度;发芽率

Influence of Seed Maturity and Fullness on the Germination Rate of *Bupleurum chinense* Seeds

ZHANG Dongjia¹, BAI Yude², PENG Yunxia¹, WEI Lixia¹, GONG Chengwen¹, ZHANG Haijing³

(¹Institute of Chinese Materia Medica, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070; ²Gansu Puankang

Pharmaceutical Co., Ltd., Lanzhou 730207; ³Gansu Yizhang Chinese Medicine Technology Co., Ltd., Dingxi 748301, Gansu)

柴胡为大宗常用中药材,《中国药典》(2020版)规定中药柴胡基源为柴胡(*Bupleurum chinense* DC.)和狭叶柴胡(*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.),以其干燥根入药。柴胡以种子繁殖,种子发芽率低、出苗差、出苗不整齐是制约柴胡生产的主要瓶颈。柴胡一般发芽率为30%~50%^[1-3],相关学者对柴胡种子发芽率低的原因进行了研究,发现柴胡种子存在形态后熟现象,认为这是柴胡种子萌发难、萌发率低且出苗不整齐的主要因素^[4-5];也有研究表明柴胡果实中含有的香豆素和柴胡皂苷成分严重地抑制了

柴胡种子萌发^[6-7]。学界多认为种子胚形态后熟和种子中存在的发芽抑制物质是柴胡种子发芽率低的主要原因。

柴胡为复伞形花序,开花、结实持续时间长,不同级别的花序种子陆续成熟,生产上收获的柴胡种子成熟度不一致,部分种子因尚未完成发育而无发芽能力,可能是导致柴胡种子发芽率不高的根本原因。本研究从种子质量着手,明确不同成熟度和饱满度对柴胡种子千粒重、发芽率等品质指标的影响,为柴胡种子生产技术优化提供参考依据,以促进柴胡种子质量和药材质量的提升。

1 材料与方法

1.1 供试种子 供试柴胡种子来自甘肃省农业科

基金项目:甘肃省农业科学院重点研发计划项目(2019GAAS17, 2021GAAS05);甘肃省林业和草原科技创新项目(LCKJCX202206)

通信作者:龚成文

学院中药材研究所种植于甘肃省临洮县玉井镇岚观坪村临洮县东垣中药材种植农民专业合作社种植基地的2龄柴胡(*Bupleurum chinense* DC.)。植物及种子真实性均由甘肃省农业科学院中药材研究所张东佳副研究员鉴定。

1.2 试验区概况 试验于2020年在甘肃省临洮县玉井镇岚观坪村开展,试验地海拔1952.3m,年平均气温6.5℃,年降雨量610mm。

1.3 种子成熟度划分 参照晋昕等^[2]的方法,以柴胡单株1级分枝有3个花序完全开放为起始日,选择生长健壮、一致的柴胡植株挂牌标记,在起始日30d、35d、40d、45d、50d、55d、60d分别采集柴胡植株上部1级分枝的花序30朵,置于网袋中自然干燥后脱粒备用。使用数显游标卡尺(测量精度0.01mm)分别测定不同成熟度种子的长度、种子宽度,其中以种子棱平行方向测得最大值为种子长度,与种子棱垂直方向测得最大值为种子宽度,10次重复,计算种子长宽比(种子长度平均值/种子宽度平均值);测定种子千粒重,重复3次;测定种子发芽率、发芽势。

1.4 种子饱满度划分 待1级分枝顶端果实开始脱落时一次性割取地上部分,自然干燥后脱粒,去除种子中残留的茎秆和沙土等杂质后备用。

1.4.1 筛选法 称取最后一次性采收的柴胡种子200g,依次用标准药典筛14目、16目、18目、20目、24目、26目、28目筛分,能通过14目筛而不能通过16目筛记为14目,依此类推,筛分出各个部分,划分为不同饱满度。称量各饱满度种子质量,计算各部分占比,重复5次;分别测定不同饱满度种子的千粒重,重复3次;测定种子长度、种子宽度,10次重复,计算种子长宽比;测定种子发芽率、发芽势。

1.4.2 风选法 称取采收的柴胡种子200g,分别以1.6m/s、2.0m/s、2.4m/s、3.0m/s、3.4m/s风速进行风选,以不风选为对照,称量所得种子质量,重复3次。分别测定不同风速风选种子的千粒重,重复3次;测定种子长度、种子宽度,10次重复,计算种子长宽比;测定种子发芽率、发芽势。试验风力由电风扇(美的Midea SAF30AC,佛山)得到,用便携式风速仪(华谊HYELEC MS6252B)确定试验风速。

1.5 千粒重测定 随机选取1000粒种子,称量,记录数据,3次重复。

1.6 发芽试验 采用培养皿加双层滤纸进行发芽试验。柴胡种子用自来水冲洗3次后蒸馏水浸泡6h,用70%的乙醇消毒,再用蒸馏水冲洗3次。数取100粒种子放入垫有滤纸的培养皿中,使种子互相分离不接触,加盖,置20℃恒温培养,光照12h,黑暗12h,定期喷洒蒸馏水保持滤纸湿润。重复3次。7d后开始每日统计发芽种子数,胚根露出种皮2mm以上即判定为发芽,同时统计测定柴胡种子的发芽势(15d种子发芽数占供试种子数的百分比)和发芽率(30d种子发芽数占供试种子数的百分比)。

1.7 统计分析 试验数据采用SPSS 20.0软件进行方差分析,用Excel 2019制图。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度柴胡种子分析 柴胡为多年生植物,春季播种后当年秋季有部分植株开花,秋季播种的当年不开花。第2年春季温度回升后返青,多于6月底至7月初开花。柴胡为复伞形花序,主茎顶端的花序最早开花,随后1级分枝的花序在植株上从上至下依次开放,1级分枝上分化出的2级分枝和从2级分枝上分化出的3级分枝的花序也从花枝顶端到基部逐次开花。柴胡的整个花期可长达2个月,花后种子陆续成熟,下部的2、3级分枝的部分花序由于开花时间较晚种子不能成熟。

本研究选取柴胡1级分枝上的种子,不同采收时间收集的柴胡种子长度、宽度和长宽比均有明显变化(图1),开花后30d,柴胡双悬果能区分出单果,随后种子(单果)的长度和宽度在30-40d呈现较快增长,其中种子长度从1.39mm增长到2.09mm,增长率为50.4%,平均日增幅为0.07mm;种子宽度从0.48mm增长到0.92mm,增长率为91.7%,平均日增幅为0.04mm。花后40-55d种子长度和宽度平稳增长,其中种子长度从2.09mm增长至2.61mm,达峰值,增长率24.9%,平均日增幅为0.03mm;种子宽度从0.92mm增长至1.23mm,达峰值,增长率33.7%,平均日增幅为0.02mm。花后55-60d种子长度和宽度又有小幅度缩小,其中种子长度由2.61mm缩至2.46mm,降幅为5.7%;种子宽度由1.23mm缩至

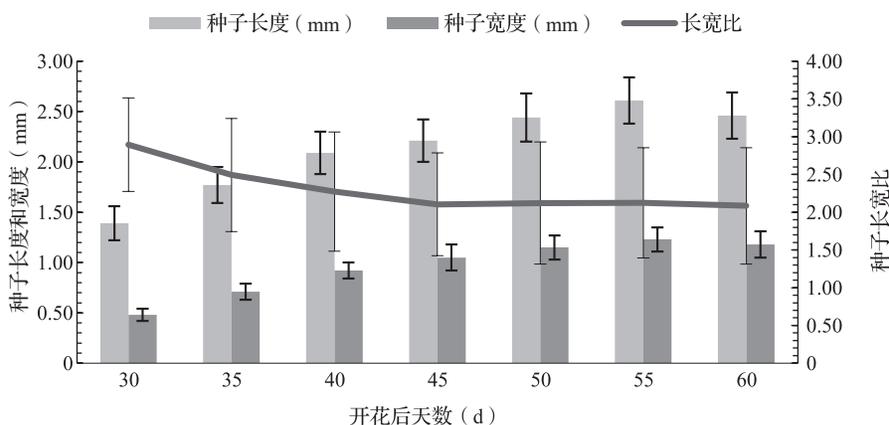


图1 不同成熟度柴胡种子形态指标

1.18mm,降幅为 4.1%。种子长宽比从开花后 30d 的 2.90 降低至开花后 45d 的 2.10,此后至花后 60d 基本稳定在 2.10。

柴胡开花后随着果实的发育,种子逐渐硬实,如图 2 所示,千粒重从开花后 30d 的 0.42g 快速增至 45d 的 0.82g,增长率 95.2%,平均日增幅为 0.03g;从开花后 45d 的 0.82g 稳定增至 55d 的 0.94g,达峰值,增长率 14.6%,平均日增幅为 0.01g;花后 55~

60d,种子千粒重又稍有回落,降幅为 0.03g。花后 30~40d 种子发芽率由 3.33% 增至 15.33%,增幅为 12.00%;种子发芽势由 2.33% 增至 11.33%,增幅为 9.00%。花后 40~55d,种子发芽率由 15.33% 迅速增至 68.33%,达峰值,增幅为 53.00%;种子发芽势由 11.33% 迅速增至 50.33%,增幅为 39.00%。花后 55~60d,种子发芽率降至 57.67%,种子发芽势稍增至 51.00%。

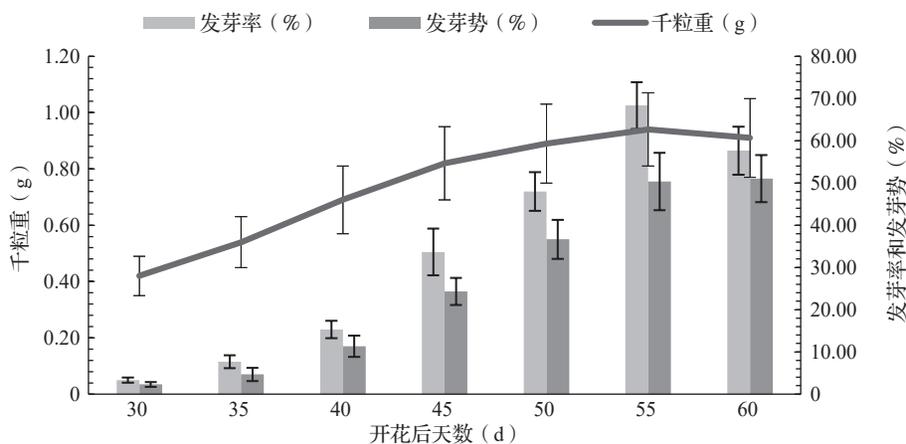


图2 不同成熟度柴胡种子品质指标

表1 筛选柴胡种子的品质分析

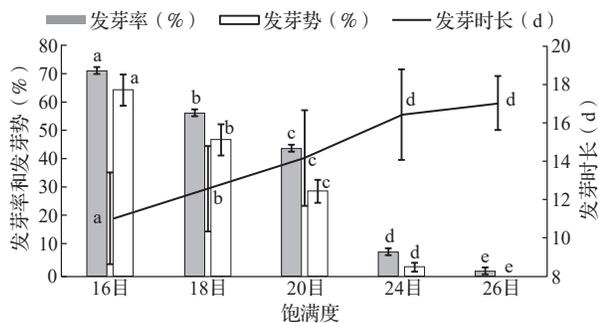
饱满度(目)	筛孔径(mm)	质量(g)	占比(%)	种子长度(mm)	种子宽度(mm)	长宽比	千粒重(g)
14	1.43	8.60 ± 0.98	4.30	—	—	—	—
16	1.25	18.80 ± 0.87	9.40	2.75 ± 0.22	1.17 ± 0.11	2.35 ± 0.71	0.91 ± 0.02
18	1.00	43.94 ± 4.52	21.97	2.64 ± 0.25	0.91 ± 0.09	2.90 ± 0.83	0.85 ± 0.03
20	0.90	85.82 ± 4.83	42.91	2.61 ± 0.19	0.82 ± 0.10	3.18 ± 0.65	0.81 ± 0.02
24	0.80	14.84 ± 1.44	7.42	2.43 ± 0.20	0.71 ± 0.04	3.42 ± 0.68	0.72 ± 0.03
26	0.71	15.74 ± 2.50	7.87	2.03 ± 0.23	0.57 ± 0.07	3.56 ± 0.74	0.58 ± 0.02
28	0.63	12.26 ± 1.15	6.13	—	—	—	—

饱满度 14 目表示能通过 14 目筛而通不过 16 目筛,16 目指通过 16 目而通不过 18 目,依此类推,28 目指能通过 28 目的部分;“—”表示未统计种子长度、宽度及长宽比,14 目为未分离的双果和少量茎秆杂质,28 目为空秕幼小种子和细小杂质

2.2 过筛分选不同饱满度柴胡种子的品质分析

过筛分选柴胡种子,得到14目、16目、18目、20目、24目、26目、28目7组不同饱满度种子,如表1所示,各部分质量从多到少依次为20目>18目>16目>26目>24目>28目>14目,其中18目及以上的种子占比为35.67%,20目及以上种子占比为78.58%。各部分的种子长度、宽度和千粒重随着目数增加(孔径减小)而减小,种子长宽比随着目数的增加而增大。

如图3所示,过筛分选的柴胡种子各部分的发芽率和发芽势随着分级目数的增加迅速降低,16目种子的发芽率和发芽势分别为71.33%和64.67%,18目种子的发芽率和发芽势分别较16目种子降低14.66和17.34个百分点,降幅达20.6%和26.8%;20目种子的发芽率和发芽势分别较18目种子降低12.34和17.66个百分点,降幅达21.8%和37.3%;24目种子的发芽率和发芽势分别较20目种子降低35.66和26.34个百分点,降幅达80.4%和88.8%;26目种子的发芽率和发芽势则降至1.67%和0。各处理间发芽率和发芽势差异均达显著水平。



不同小写字母表示处理间差异显著,下同

图3 筛选柴胡种子不同部分发芽情况

2.3 风选柴胡种子的品质分析

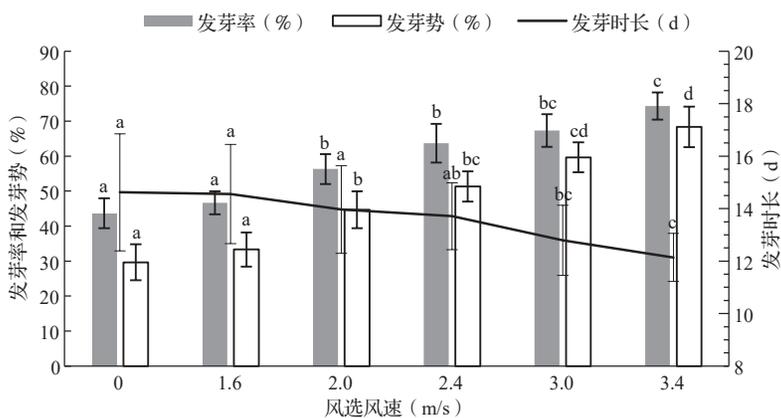
以不同风速对柴胡种子进行风选,随着风速增大所得种子逐渐减少,如表2所示,风速2.0m/s比风速1.6m/s柴胡种子得率减少18.47个百分点,风速2.4m/s比风速2.0m/s柴胡种子得率减少12.92个百分点,风速3.0m/s比风速2.4m/s柴胡种子得率减少22.84个百分点,风速3.4m/s比风速3.0m/s柴胡种子得率减少14.28个百分点。种子的长和宽也随着风速的增加而增大,当风速增加至3.0m/s以上时,所得种子的长度、宽度和长宽比均与较小风速时有显著差异($P<0.05$)。

如图4所示,不同风速风选的柴胡种子,随着

表2 风选柴胡种子的品质分析

风速(m/s)	质量(g)	得率(%)	种子长度(mm)	种子宽度(mm)	长宽比	千粒重(g)
0(CK)	200.00±0.00	100.00	2.46±0.24a	0.85±0.09a	2.89±0.72a	0.76±0.03a
1.6	183.46±7.56	91.73	2.47±0.23a	0.87±0.07a	2.84±0.67ab	0.80±0.04ab
2.0	146.52±5.71	73.26	2.51±0.19ab	0.86±0.09a	2.92±0.71a	0.87±0.02b
2.4	120.68±6.84	60.34	2.54±0.22b	0.91±0.10a	2.80±0.74b	0.91±0.03b
3.0	75.00±4.63	37.50	2.61±0.24c	1.02±0.09b	2.55±0.68c	0.96±0.03bc
3.4	46.44±3.15	23.22	2.68±0.27d	1.05±0.08b	2.55±0.73c	1.02±0.02c

同列不同小写字母表示处理间差异显著



图中同系列字母不同表示处理间差异显著,字母相同则表示处理间差异不显著

图4 风选柴胡种子发芽情况

风速增加,所得柴胡种子的发芽率和发芽势也相应增加,发芽时长则逐渐缩短。风速 1.6m/s 所得柴胡种子的发芽率和发芽势较对照增加 3.00 和 3.66 个百分点,差异不显著;风速 2.0m/s 所得柴胡种子的发芽率和发芽势较风速 1.6m/s 增加 9.66 和 11.66 个百分点,差异达显著水平($P<0.05$);风速 2.4m/s 所得柴胡种子的发芽率和发芽势较风速 2.0m/s 增加 7.34 和 5.66 个百分点,差异不显著;风速 3.0m/s 所得柴胡种子的发芽率和发芽势较风速 2.4m/s 增加 3.66 和 8.34 个百分点,差异不显著。风速 3.4m/s 所得柴胡种子发芽率和发芽势较风速 3.0m/s 增加 7.00 和 8.66 个百分点;风速 0(对照)、1.6m/s、2.0m/s、2.4m/s 风选所得柴胡种子的发芽时长并无显著差异($P>0.05$),风速 3.0m/s、3.4m/s 所得的柴胡种子的发芽时长较风速 0(对照)、1.6m/s、2.0m/s 显著缩短($P<0.05$)。

3 讨论与结论

柴胡种植广泛、面积大,生产中种子只作为柴胡药材生产的副产品,专门进行柴胡种子生产的研究和实践均较少见。柴胡为无限花序,从开花到结实、种子成熟持续时间长达 90d,各级分枝的种子逐渐成熟,成熟期可相差 30d 以上。生产实践中多在 9 月下旬至 10 月上旬割取柴胡地上部分,堆放至干燥后在冬季农闲时间进行脱粒收获,所得的种子为各级分枝上的混合种子,成熟度各不相同。

柴胡主茎顶端的花序最先开花结实,由于顶端优势,其所产种子的千粒重、可溶性蛋白和可溶性糖含量均高于其他下部分枝的种子。但其在整株柴胡种子中所占比重较低,不是柴胡种子产量的主要构成部分。一株柴胡上一般有 16 个 1 级分枝,其在顶花开放后逐次开放,种子多且可在秋季植株枯萎前成熟,因此本研究选取 1 级分枝进行柴胡种子成熟度与种子发芽率研究。柴胡花后 30d 种子的长度、宽度及千粒重、发芽率逐渐增加,花后 55d 达最大值,而未能充分成熟的柴胡种子其相应的指标均较低。表明种子成熟度是影响柴胡种子发芽率的重要因素,随着成熟度增加,其发芽率和发芽势也相应增加。

对混合收获的柴胡种子进行筛选和风选,大粒

种子(大于 20 目)的长度、宽度、千粒重、发芽率和发芽势均高于较小粒的种子,小于 24 目的种子多为未发育成熟的种子,种子长度、宽度及千粒重等指标均较低,基本不具备发芽能力。风选种子的长度、宽度、千粒重、发芽率和发芽势随着风选风力增加而相应增大。通过两种分选方法选出的种子,饱满度越高,种子发芽率和发芽势也越高,种子发芽时间缩短,可能是由于未完全成熟种子所含的发芽抑制物的浓度较成熟种子高。

柴胡花后 55d 采收的种子发芽率和发芽势均最高,花后时间可作为柴胡种子成熟度控制的主要参数。筛分柴胡种子,20 目以上种子(不能通过 24 目筛)占柴胡种子总量的 78.58%,发芽率可达 44.33%,千粒重达 0.81g。风选种子风速 2.0m/s 时风选出的柴胡种子得率为 73.26%,发芽率达 56.33%,千粒重达 0.87g;若需进一步提高种子发芽率,可用风速 2.4m/s 风选,柴胡种子得率为 60.34%,发芽率达 63.67%,千粒重达 0.91g。

柴胡种子发芽率低的主要原因是收获时的柴胡种子成熟度不一致,是不同发育时期种子的混合物,其中未发育完全的种子不能发芽因而拉低了整体柴胡种子的发芽率。将采收后的种子进行各种后熟处理对柴胡种子发芽率提升有限,应从生产环节上采取适当的农艺措施,提高种子饱满度和成熟度,从而提高种子发芽率。

参考文献

- [1] 李超,侯大斌. 2 种柴胡植株的种子发芽率与生长发育特性研究. 中国农学通报,2017,33(33): 50-54
- [2] 晋昕,任兵,曹爱农,晋小军. 柴胡种子灌浆动态及发芽特性研究. 中国中药杂志,2014,39(19): 3731-3735
- [3] 黄涵签,付航,王妍,王潇晗,杨世海. 不同处理对北柴胡种子萌发及幼苗生长的影响. 中草药,2017,48(24): 5247-5251
- [4] 李钱钱,雷振宏,关扎根,王玉龙. 北柴胡种子发芽特性研究. 山西农业科学,2018,46(3): 375-377
- [5] 张芮博,袁小晶,邹鸿飞,高迎宾,秦海燕. 磁场对柴胡种子萌发及幼苗抗逆性的影响. 中国农学通报,2020,36(8): 50-54
- [6] 豆强红. 狭叶柴胡胚胎学及北柴胡果实发育过程中贮藏物含量变化的研究. 西安:西北大学,2010
- [7] 袁梦佳,杨太新,孙延超. 赤霉素浸种对柴胡种子发芽及内源激素变化的影响. 种子,2021,40(9): 81-85

(收稿日期: 2023-06-19)