

蔡子平,王宏霞,王国祥,等. 濒危药用植物秦艽种子的灌浆特性[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):143-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.039

濒危药用植物秦艽种子的灌浆特性

蔡子平^{1,2,3}, 王宏霞^{1,2,3}, 王国祥^{1,2,3}, 米永伟^{1,2,3}, 晋玲⁴

(1. 甘肃省农业科学院中药材研究所, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃省中药材种质改良与质量控制工程实验室, 甘肃兰州 730070;
3. 甘肃省名贵中药材驯化与种苗繁育工程中心, 甘肃兰州 730070; 4. 甘肃中医药大学, 甘肃兰州 730000)

摘要:在4年生秦艽品系GQ05-2采种田中选取健壮植株作为研究对象,于开花盛期选取同一天开花的植株用吊牌标记,并从标记后4d开始,每隔4d采样1次,分别测定秦艽种子千粒鲜质量、千粒干质量、种子含水量等指标,对秦艽种子灌浆动态进行研究,旨在为秦艽种子采收提供理论和技术依据。结果表明,秦艽种子千粒鲜质量在开花后第40天达到最大值,随后迅速下降到接近干质量的水平;秦艽种子籽粒千粒质量变化呈“S”形曲线趋势,符合Logistic方程,花后第4~8天种子千粒鲜质量缓慢增加,灌浆处于渐增期,花后第8~28天种子鲜质量快速增加,灌浆进入快增期,花后第29~40天为稳增期,鲜质量增加速度趋于平稳,并在花后第40天左右千粒鲜质量达到最大值(0.2217g),开花后第60天灌浆基本结束。灌浆速率呈“快—慢—快—慢”规律,籽粒脱水速率大致随灌浆的进行而加快,含水量持续下降,含水量下降最快的时期为灌浆高峰结束期。由结果可以看出,秦艽种子籽粒脱水加快、干质量和含水量趋于稳定是种子成熟的标志,采收期应在开花后第56天左右(9月中下旬),蒴果种荚尚未开裂时为最佳,秦艽种子应根据成熟情况采取及时分批采收为宜。

关键词:濒危;药用植物;秦艽;种子灌浆特性;最佳采收期

中图分类号: S567.23*9.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0143-04

中药材秦艽为我国常用的大宗中药材之一,也是甘肃省道地中藏药材之一。《中华人民共和国药典》(2010年版一部)收录的秦艽药材原植物为龙胆科植物秦艽(*Gentiana macrophylla* Pall.)、粗茎秦艽(*G. crassicaulis* Duthie ex Burk.)、麻花秦艽(*G. straminea* Maxim.)与小秦艽(*G. dahurica* Fisch.)^[1]。秦艽药用历史已有2000多年,始载于《神农本草经》,具有祛风除湿、退虚弱、止痹痛之功效。随着现代药理药效及新用途的开发,秦艽药材的市场需求量增加,价格上涨,人们在利益驱使下疯狂采挖野生秦艽资源,导致野生秦艽资源匮乏,秦艽已被列入国家三级保护野生药用植物名录^[2]。实行人工驯化栽培是解决秦艽市场供需矛盾、保护生态环境的重要手段。目前,秦艽人工驯化栽培主要以种子

繁殖为主,但秦艽种子细小,寿命短,育苗成苗率极低。秦艽种子的成熟程度直接影响着发芽率及育苗效果,如果种子采收过早,则成熟度差,如果采收过晚,则蒴果开裂,落粒现象严重,种子采收量少。秦艽种子采收时间长期以来一直依赖农户对种子颜色的经验判断,尚无统一标准,收获到的种子成熟度差异大,严重影响育苗效果及种苗质量。种子发芽率与种子灌浆特性、种子成熟度关系密切,有学者对甘肃道地中药材当归^[3]、掌叶大黄^[4-5]、甘肃贝母^[6]、蒙古黄芪^[7]等药用植物种子灌浆期种子干物质积累与种子成熟度、发芽率的关系进行了系统而深入的研究,结果表明:药用植物种子成熟度与干物质积累持续时间存在极显著正相关关系。近年来,许多学者围绕秦艽药理药效^[8]、临床应用^[9-10]及其基源植物的驯化栽培^[11-14]等方面开展了大量研究,而在其基础繁殖生物学特性方面,仅有米永伟等对麻花秦艽(*G. straminea* Maxim.)作了研究^[15],关于秦艽、小秦艽、粗茎秦艽等3种基源植物种子灌浆特性的研究尚未见报道。王怀林等研究表明,同属不同种植物开花与结实时期均有差异^[16]。因此,非常有必要开展中药材秦艽基源植物秦艽(*Gentiana macrophylla* Pall.)种子灌浆动态研究,以期确定人工栽培秦艽种子的最佳采收期提供理论基础和数据支撑。

收稿日期:2016-08-17

基金项目:甘肃省青年科技基金(编号:1107RJYA066);甘肃省农业科学院青年基金(编号:2011GAAS06-9);中央财政引导地方科技创新平台项目子课题(编号:2016-A-02)。

作者简介:蔡子平(1982—),男,甘肃永昌人,博士,助理研究员,主要研究方向为西北特色药用植物驯化栽培与良种繁育。Tel:(0931)7613319;E-mail:gscalz@163.com。

通信作者:王国祥,硕士,副研究员,主要研究方向为作物遗传育种。E-mail:gdlhwg@163.com。

[2]刘纯业. 利用棉籽壳栽培平菇[J]. 农业科技通讯,1980(9):12-13.

[3]黄千慧. 平菇熟料栽培关键技术研究[D]. 郑州:河南农业大学,2014.

[4]陈世昌,徐明辉. 平菇发酵料栽培技术要点[J]. 食用菌,2005,27(5):22-23.

[5]何华奇,曹晖,潘迎捷. 培养料含水量对大球盖菇菌丝生长的影响研究[J]. 安徽技术学院学报,2004,18(2):12-14.

[6]陈志松. 培养料pH值对菌丝生长影响的研究[J]. 中国食用菌,2000,19(2):36-37.

[7]袁志发,周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

1 材料与方 法

1.1 试验材料与试验地概况

供试材料为甘肃省农业科学院经济作物与啤酒原料研究所选育的4年生秦艽品系GQ05-2种株。试验在甘肃省农业科学院榆中园艺试验场进行,试验区年平均气温6.7℃,年平均降水量458 mm,降水集中分布在6—9月,年日照时间2 600 h,无霜期155 d,土壤为沙壤土,土层深厚,土壤中性偏碱性^[17]。

1.2 灌浆动态测定

本试验于2014年8月开始进行,试验区秦艽GQ05-2盛花期为7月下旬至8月上旬。本试验于8月1日选取生长健壮、无病虫害及株型一致的种株进行挂牌标记,挂牌时仅留取同一天开花的花序,剔除未开花花朵。挂牌后第4天开始,每隔4 d在14:00左右进行取样,每次选取60个蒴果装入自封袋,带回实验室后随机分成3组,每组10个蒴果,分别剥出籽粒混合均匀,然后随机取500粒称取种子鲜质量,重复3次,鲜质量测定结束后装入牛皮纸种子袋内,置于阴凉处干燥,待种子采样结束后,将灌浆期间种子统一置于70℃烘箱烘至恒质量,称其干质量。根据每次取样结果折合成秦艽种子灌浆期千粒鲜质量、千粒干质量,并按照下列公式计算种子灌浆相关参数。

种子灌浆速率(FR, g/d,以千粒种子计) = (后一次采样种子千粒干质量 - 前一次采样种子千粒干质量) ÷ 2次取样间隔时间。

种子平均灌浆速率(MFR, g/d,以千粒种子计) = 开花后某天种子千粒干质量 ÷ 开花后时间。

种子含水量(WC, %) = (千粒鲜质量 - 千粒干质量) ÷ 千粒鲜质量 × 100%。

种子脱水速率(DR, %/d) = (前一次测定含水量 - 后一次测定含水量) ÷ 2次取样相隔时间。

1.3 数据分析

试验数据用Excel 2007进行制图,可用Logistic曲线方程进行直线化拟合,用SPSS 19.0统计软件进行相关性分析及方差分析^[18]。首先根据郭风霞等Excel作图法^[6]对秦艽籽粒百粒质量(y)、开花后时间(x)拟合Logistic曲线方程: $y = k / (1 + e^{A-Bx})$ 。式中: k 为千粒质量极限值,即理论上可能达到的最大值; A 、 B 为方程参数, A 反映初始千粒干质量, B 反映干物质增长速率;本试验中取样时间 x 最长为开花后第60天,即 $x \in [4, 60]$,用曲线方程可直线化方法[令 $y' = \ln[(k - y)/y]$; $k = [y_2^2(y_1 + y_3) - 2y_1y_2y_3] / (y_2^2 - y_1y_3)$, y_1 、 y_2 、 y_3 分别为等间隔开花后时间($x = 4, 32, 60$ 天)对应的千粒干质量, $A' = A$, $B' = B$]求出Logistic方程参数,然后根据方程参数,按照石有太等方法估算灌浆起始、高峰、结束时间和最大灌浆速率等次级参数,拟合出千粒质量与开花时间的Logistic方程^[4,6]。

2 结果与分析

2.1 秦艽籽粒灌浆过程中干物质积累的动态变化

4年生秦艽植株在甘肃省兰州市榆中县6月中旬开始抽薹,7月上中旬开始现蕾,7月下旬进入盛花期。试验在秦艽盛花期选取生长整齐一致的秦艽GQ05-2种株,于8月1日

选取同一天开花花序挂牌标记,从开花后第4天开始测定蒴果中籽粒生长的变化动态。由图1可以看出,秦艽种子在成熟过程中千粒质量在不断变化,根据种子灌浆期间千粒鲜质量增加的特点,大致将秦艽种子灌浆期划分为渐增期、快速增长期、平稳增长期及下降期。开花后第4~8天蒴果形成,种子千粒鲜质量增加缓慢,可将该时间段划分为种子灌浆渐增期;开花后第9~28天种子千粒鲜质量迅速增加,将该时间段划分为灌浆快速增长期;开花后第29~40天种子千粒鲜质量增加速度趋于平稳,可将该时间段划分为灌浆平稳增长期。由图1可以看出,秦艽种子在花后第40天左右千粒鲜质量达到最大值(0.221 7 g),较开花后第4天千粒鲜质量增加538.9%($P < 0.01$)。开花后第40天以后,种子脱水速率加快,鲜质量急剧下降,至灌浆末期种子鲜质量逐渐接近干质量的水平。开花第56天后千粒鲜质量下降不明显,在田间已有大量蒴果开始落粒,将该时间段划分为下降期。花后第60天千粒鲜质量(0.148 7 g)与千粒干质量(0.140 3 g)基本一致,说明种子灌浆已完全结束。

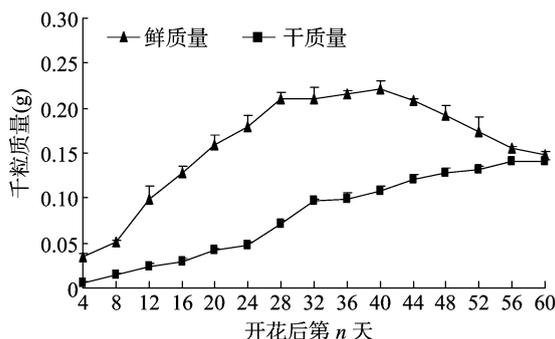


图1 秦艽籽粒灌浆成熟过程中千粒质量的变化

由图1可以看出,秦艽种子千粒干质量随开花后时间的延长表现出“慢—快—慢”的“S”形变化趋势,经利用曲线方程可直线化方法拟合(图2),千粒质量(y)与开花后时间(x)的“S”形曲线符合Logistic曲线方程 $y = 0.141 5 / (1 + e^{3.471 2 - 0.128 4x})$, $A = 3.471 2$; $B = 0.128 4$,拟合系数($r^2 = 0.973 5$)达到极显著水平($P < 0.01$),表明该方程可以客观地反映秦艽种子灌浆充实规律。千粒干质量极限值 K 为0.141 5 g, A 为初始千粒干质量转换值[$y' = \ln[(k - y)/y]$, y' 为千粒干质量, k 为千粒干质量极限值], B 可反映干物质积累速率。Logistic方程拟合表明,开花后16 d内,种子鲜质量增加,干物质逐渐积累,这一时期为种子灌浆渐增期(图2、表1)。开花第17天开始干物质积累速度加快,灌浆进入快速增长期,持续20 d左右,种子鲜质量迅速增加并在花后第40天达到最大值。开花后第28天左右(Logistic曲线拐点,即方程直线化后与 x 轴的交点处)种子干物质积累速率最大(图2)。开花第37天后种子干物质积累高峰结束,灌浆进入缓慢增长期,种子干物质继续积累,至开花后第60天灌浆过程基本结束,采用Logistic方程拟合得到秦艽种子灌浆结束期在开花后第63天,但此时绝大部分种荚已开裂,落粒现象十分严重(图1、图3、表1)。

2.2 秦艽种子灌浆速率及平均灌浆速率的变化

在秦艽种子整个灌浆的过程中,种子灌浆速率呈“慢—快—慢”的变化规律。花后第24天前灌浆速率呈缓慢上升

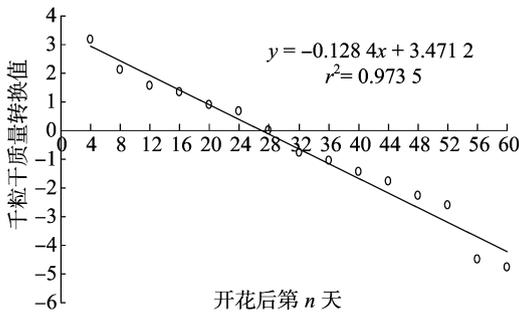


图2 秦艽千粒质量积累与开花后时间配合 Logistic 方程直线化拟合结果

表1 秦艽千粒质量积累与开花后时间配合 Logistic 方程估计的灌浆参数

灌浆高峰起始时间 t_1	灌浆高峰结束时间 t_2	灌浆终期 t_3	最大灌浆速率到达时间 T_M	最大灌浆速率 v_M (g/d)	灌浆渐增期持续时间 T_1	灌浆快增期持续时间 T_2	灌浆缓增期持续时间 T_3
第17天	第37天	第63天	第27天	0.005 24	第17天	第20天	第31天

注: Logistic 曲线方程: $y = k / (1 + e^{A+Bx})$ 。 $A = 3.471 2, B = 0.128 4, K = 0.141 5, r^2 = 0.973 5^{**}$ 。

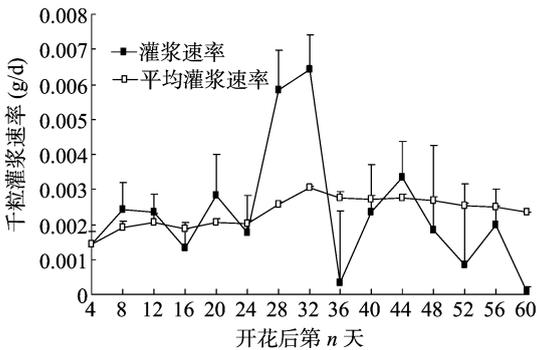


图3 秦艽种子日灌浆速率和平均灌浆速率的动态变化

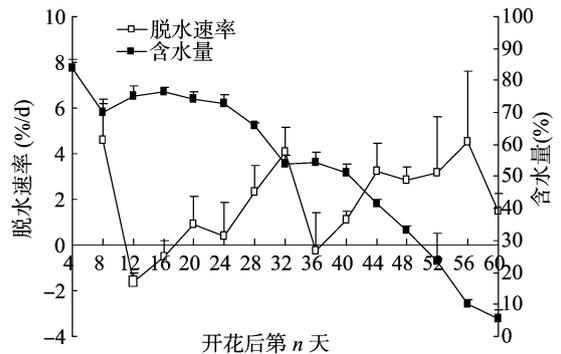


图4 秦艽种子灌浆充实过程中含水量和脱水速率的变化动态

表2 秦艽种子灌浆特性相关分析结果

类别	千粒鲜质量	千粒干质量	含水量	脱水速率
千粒干质量	0.668 **			
含水量	-0.287	-0.900 **		
脱水速率	0.703 **	0.858 **	-0.708 **	
灌浆持续期	0.659 **	0.991 **	-0.902 **	0.826 **

注: “**”表示极显著相关($P < 0.01$)。 $n = 15, df = 13$ 。

3 讨论

种子作为植物生活史中关键性的特征,可以保持物种的延续,也是农业生产的基本资料^[19]。种子质量和大小与其植物性状和生态因子有一定关系,千粒质量可反映种子的大小^[20-21],其高低决定于灌浆速率、持续时间^[22]。有研究表明,种子大小能够影响种子的萌发能力,直接影响幼苗的建成,最终影响整个群落的结构^[23]。在干旱和阴暗的环境条件下,种子有变大的趋势,且种子相对较大的幼苗生长快,幼苗较高,种子大小与苗高及鲜质量呈显著正相关^[24]。在种子灌浆过程中,渐增期形成大库容、快增期向库容中调运库容物质是保证种子质量和产量的基础,对种子成熟度起着重要作用。种子灌浆速率降低,鲜质量接近干质量,种子颜色发生变化,说明种子已成熟。然而种子成熟度直接影响其田间出苗率,

降的变化趋势,而脱水速率则大致随灌浆进程的继续呈先慢后快的动态趋势(图4)。开花后第8~16天,种子含水量迅速上升,在花后第16天达到76.63%,种子鲜质量明显增加,干质量积累较少(图1)。花后第16天种子开始脱水(图4),鲜质量迅速增加,与 Logistic 估计的干物质积累高峰起始时间(花后第17天)基本吻合(表1);之后继续波动脱水,含水量持续降低。开花第28天后种子脱水加快,含水量直线下降,干物质继续积累,但积累速度减慢;开花后第32天左右,种子脱水速率较快(4.01%/d)。整个种子灌浆过程中,含水量变化范围为76.63%~8.39%,含水量每下降1%,千粒干质量增加0.0017g。

2.4 秦艽种子灌浆特性的相关分析

对秦艽种子灌浆过程中千粒干质量、含水量、脱水速率及灌浆持续时间进行相关性分析,结果表明:秦艽种子灌浆过程中,千粒鲜质量与千粒干质量、脱水速率、灌浆持续期均呈极显著正相关($P < 0.01$),千粒鲜质量与种子含水量呈负相关,但不显著。种子含水量与脱水速率、灌浆持续期呈极显著负相关($P < 0.01$),而种子脱水速度与灌浆持续期呈极显著正相关($P < 0.01$)。千粒干质量与灌浆持续期、脱水速率均呈极显著正相关($P < 0.01$),而与种子含水量呈极显著负相关($P < 0.01$)(表2)。

进而影响药材的产量、质量。若采收过早,种子营养物质积累少,后熟效果差;若采收过迟,种果开裂,种子撒漏严重,导致种子产量降低。

秦艽为常用中药材,是甘肃道地中药材之一,由于近年来市场需求量逐步扩大,野生资源难以满足市场需求,人工驯化栽培已成为保障药源供应的必由之路。秦艽主要通过种子进行繁殖,人工栽培后植株根茎粗大,龙胆苦苷含量到达《中华人民共和国药典》要求,甚至较野生品种优越,可以替代野生资源^[25]。但是由于秦艽种子小,寿命短,且具有后熟作用^[26],在自然条件下保存的隔年种子发芽率很低^[27],为人工驯化栽培带来一定的困难。研究秦艽种子灌浆特性,明确种子成熟采收期可为秦艽人工驯化栽培提供技术参考,有利于秦艽野生资源的保护和可持续发展。

4 结论

本研究表明,4年生秦艽 GQ05-2 植株在甘肃省兰州市榆中县6月中旬开始抽薹,7月下旬至8月上旬进入盛花期。花后第8天开始种子鲜质量快速增加,干物质积累缓慢,开花后第8~16天含水量迅速上升,在花后第16天达到76.63%,此时种子开始转入灌浆高峰期,持续时间达到20d。花后第29~40天为稳增期,鲜质量增加速度趋于平稳,并在花后第40天左右千粒鲜质量达到最大值(0.2217g),较开花后第4天千粒鲜质量增加538.9%;之后因脱水加快,千粒鲜质量急剧下降,至灌浆末期种子千粒鲜质量逐渐接近干质量的水平。千粒干质量的变化趋势呈“S”形曲线,符合 Logistic 曲线方程。籽粒形成期持续17d,干物质积累量较少,千粒干物质积累量大约为0.03g;灌浆中期持续20d,灌浆速度快,粒质量迅速增加,千粒干物质积累量约为0.07g,为种子产量形成的关键时期;灌浆后期持续26d,干物质积累缓慢,千粒干物质积累量为0.04g。在整个灌浆过程中,灌浆速率呈“慢—快—慢”的规律,花后第32天出现灌浆高峰。

一般认为,种子籽粒脱水加快、干质量和含水量趋于稳定是种子成熟的标志^[7]。在本试验的大田观察中发现,随着灌浆时间的延长,种子种荚由白绿色变成白褐色,种子由黄白色变成黄褐色时,种子已经完成灌浆,当籽粒开始脱落时,种子已完全成熟,为适宜采收期,即秦艽种子开花后第56天左右(秋分前后)采收最佳。由于秦艽花期持续时间较长,因此其种子应分批采收。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 1版. 北京:中国医药科技出版社,2010:253-254.
 [2] 张恩迪,郑汉臣. 中国濒危野生药用动植物资源的保护[M]. 上海:第二军医大学出版社,2000:28.
 [3] 赵洋,陈垣,郭凤霞,等. 三年生当归不同节位花穗籽粒灌浆特性研究[J]. 中药材,2009,32(6):837-840.
 [4] 石有太,陈垣,郭凤霞,等. 掌叶大黄种子灌浆动态及其发芽特

性研究[J]. 草业学报,2009,18(3):178-183.
 [5] 石有太,陈垣,郭凤霞,等. 掌叶大黄籽粒营养物质积累动态及其发芽特性研究[J]. 中国中药杂志,2009,34(15):1979-1983.
 [6] 郭凤霞,常彦莉,林玉红,等. 甘肃贝母种子灌浆特性研究[J]. 草业学报,2010,19(2):97-102.
 [7] 荆志宇,郭凤霞,陈垣,等. 蒙古黄芪种子灌浆特性研究[J]. 草业学报,2011,20(1):161-166.
 [8] 穆祯强,于洋,高昊,等. 龙胆属秦艽组植物的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中国中药杂志,2009,34(16):2012-2016.
 [9] 黄璐琳,杨晓,丰先红,等. 秦艽的研究进展[J]. 中国现代中药,2011,13(5):40-43.
 [10] 蔡秋生,张志红,高慧琴. 秦艽药理作用及临床应用研究进展[J]. 甘肃中医学院学报,2010,27(6):55-58.
 [11] 王琬,梁宗锁,解娟芳,等. 秦艽组植物生物学特性研究进展[J]. 北方园艺,2014(8):188-192.
 [12] 蔡子平,漆燕玲,王宏霞,等. 秦艽温室育苗技术[J]. 甘肃农业科技,2012(4):54-55.
 [13] 彭云霞,王宏霞,蔡子平,等. 不同成熟度秦艽种子发芽特性研究[J]. 浙江农业科学,2013,1(8):956-957.
 [14] 陈千良,石张燕,孙文基,等. 不同栽培年限秦艽药材质量变异研究及适宜采收年限的确定[J]. 西北大学学报(自然科学版),2010,40(2):277-281.
 [15] 米永伟,陈垣,郭凤霞,等. 麻花秦艽种子灌浆充实动态及其发芽特性研究[J]. 草业学报,2013,22(6):129-135.
 [16] 王怀林,幸福,汤利,等. 4种淫羊藿属植物开花结实现象的观测与分析[J]. 现代农业科技,2009(22):94-96.
 [17] 刘小勇,马彦,于良祖,等. 重茬苹果园土壤处理试验[J]. 中国果树,2005(2):16-18.
 [18] 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 北京:科学出版社,2005:177-179.
 [19] 于顺利,陈宏伟,李晖. 种子重量的生态学研究进展[J]. 植物生态学报,2007,31(6):989-997.
 [20] 邵慧,夏中华,金彦刚,等. 江苏淮北地区13个主导小麦品种产量构成因素分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):91-93.
 [21] 叶靖,董立强,王术,等. 种植方式对水稻产量及相关性状的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):73-75.
 [22] 曾浙荣,庞家智,周桂英,等. 我国北部冬麦区小麦品种籽粒灌浆特性的研究[J]. 作物学报,1996,22(6):720-728.
 [23] Silvertown J W. Seed size, life span and germination date as co-adapted features of plant life history[J]. American Naturalist,1981,118(6):860-864.
 [24] 武高林,杜国祯. 植物种子大小与幼苗生长策略研究进展[J]. 应用生态学报,2008,19(1):191-197.
 [25] 刘丽莎,姜北岸. 甘肃不同地区秦艽的龙胆苦苷含量比较[J]. 中华中医药杂志,2007,22(10):706-707.
 [26] 李惠娟,王耀芝. 秦艽的胚胎学研究[J]. 西北植物学报,1994,14(4):243-248.
 [27] 张西玲,王岚,刘丽莎. 麻花秦艽种子发芽特性的研究[J]. 中药材,2004,27(3):160-161.