

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 4 d 开始,每隔 4 d 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(0.221 7 g),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 2 000 多年,始载于《神农本草经》,具有祛风湿、退虚热、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:gscapz@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:gdhwg@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,周静丰. 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 盛花期于 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, 挂牌时仅选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。

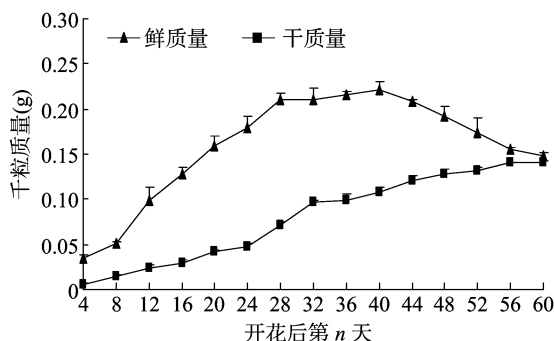


图1 秦艽籽粒灌浆成熟过程中千粒质量的变化

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

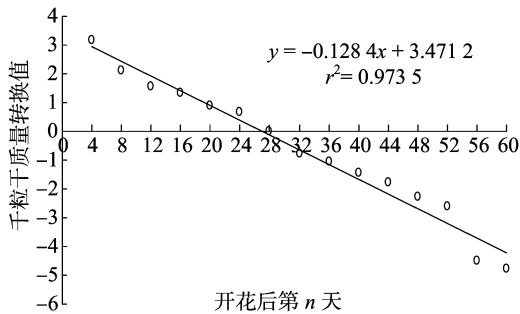


图2 秦艽千粒质量积累与开花后时间配合 Logistic 方程直线化拟合结果

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

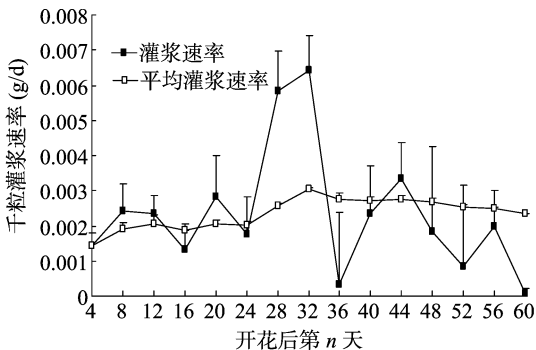


图3 秦艽种子日灌浆速率和平均灌浆速率的动态变化

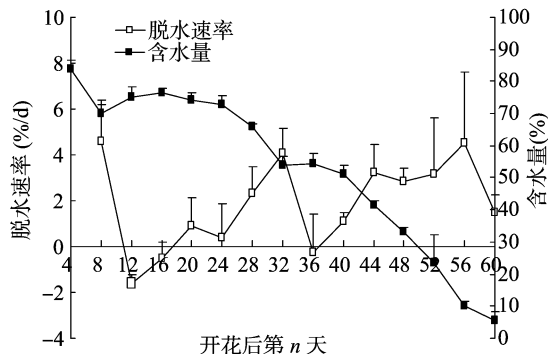


图4 秦艽种子灌浆充实过程中含水量和脱水速率的变化动态

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 0.001 7 g。

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 20 d。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(0.221 7 g),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 17 d,干物质积累量较少,千粒干物质积累量大约为 0.03 g;灌浆中期持续 20 d,灌浆速度快,粒质量迅速增加,千粒干物质积累量约为 0.07 g,为种子产量形成的关键时期;灌浆后期持续 26 d,干物质积累缓慢,千粒干物质积累量为 0.04 g。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.