

# 掌叶大黄种子灌浆动态及其发芽特性研究

石有太<sup>1</sup>, 陈垣<sup>1\*</sup>, 郭凤霞<sup>2</sup>, 刘亚亚<sup>1</sup>, 屠彩芸<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 选用甘肃礼县种植的三年生掌叶大黄种株, 在盛花期挂牌标记开花一致的植株, 开花第 10 天开始通过定期测定籽粒千粒重、含水量和发芽率, 对种子灌浆动态及其发芽特性进行研究, 旨在为其种子标准化采收提供理论和技术依据。结果表明, 三年生掌叶大黄千粒鲜重在开花后 36 d 达到最大, 随后迅速下降到接近相应干重的水平。干重变化的趋势呈“S”型曲线, 符合 Logistic 方程, 快增期在花后 13~36 d, 灌浆速率呈“快—慢—快—慢”规律, 因降雨出现 2 次低谷。籽粒脱水速率随灌浆进程加快, 含水量持续下降。种子发芽势、发芽率和发芽指数在花后 36 d 内随灌浆递进均显著提高, 之后出现差异, 其与籽粒干重均呈极显著正相关, 而与含水量呈显著负相关。上述结果说明掌叶大黄籽粒灌浆速率受天气的影响大, 籽粒脱水加快是种子成熟的标志, 成熟度对种子发芽具有显著影响, 采收期应在花后 46~52 d(7 月上旬), 种子含水率 12%~16%, 茎秆尚未枯萎时为最佳。

**关键词:** 掌叶大黄; 籽粒灌浆; 发芽特性; 采收期

**中图分类号:** S567.901; Q945.35      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-5759(2009)03-0178-06

\* 大黄是我国传统中药材品种, 其茎叶食用当量(FEU)达 0.050, 蛋白质含量达 0.6%<sup>[1]</sup>, 与人参(*Panax ginseng*)、附子(*Aconitum carmichaeli*)和熟地(*Rehmannia glutinosa*)并称为中药“四大金刚”。掌叶大黄(*Rheum palmatum*)为蓼科多年生宿根草本植物, 为我国药用大黄的主要栽培种, 在我国已有多年的栽培历史<sup>[2]</sup>。掌叶大黄与唐古特大黄(*R. tanguticum*)、药用大黄(*R. officinale*)被药典规定为中药大黄的原植物, 均以干燥的根及根茎入药<sup>[3]</sup>。掌叶大黄主要化学成分为葡萄糖苷和苷元, 主要有效成分苷元为蒽醌类衍生物, 包括大黄酸(Rhein)、大黄素(Emodin)、大黄酚(Chrysophanol)、芦荟大黄素(Aloe-emodin)、大黄素甲醚(Physcion)、番泻苷(Sennoside)、鞣质(Tannin)等<sup>[4]</sup>, 具有泻热攻下、行瘀化积、清热解毒消肿之功效<sup>[5]</sup>。

在我国, 掌叶大黄主产于甘肃、青海、西藏、四川等地的高寒、高海拔地带<sup>[6]</sup>, 其中以甘肃礼县的掌叶大黄产量最高、质量最好, 栽培历史最为悠久, 每年种植约 2 000 hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。掌叶大黄主要以种子繁殖, 其种子质量直接影响药材产量和质量。由于种子的萌发特性与植物在逆境中的繁殖成功率、群落建成和演替有关<sup>[8]</sup>, 掌叶大黄长期适应高寒环境, 种子很易发芽, 最适发芽温度在 15~20℃, 属低温发芽型种子<sup>[9,10]</sup>。李应东等<sup>[7]</sup>在田间试验的基础上, 总结出掌叶大黄规范化种植的操作技术规程和主要病虫害防治方法。肖苏萍等<sup>[9]</sup>研究表明不同产地的掌叶大黄、唐古特大黄和药用大黄果实的外观形态和种子的物理特性都存在差异, 其中药用大黄果实和种子均最大, 千粒重也最重, 甘肃岷县栽培的掌叶大黄的生活力与发芽率均较高, 分别为 95.7%和 94.0%, 其他种大黄的生活力与发芽率基本保持一致, 温度和激素对掌叶大黄种子萌发具有显著影响, 赤霉素(GA<sub>3</sub>)、激动素(KT)、6-苄氨基嘌呤(6-BA)均可促进掌叶大黄种子萌发, 以 50×10<sup>-6</sup> g/L 的激动素(KT)效果最佳, 发芽率较对照提高 18%。上述研究对提高掌叶大黄质量与产量以及大黄的鉴定提供了重要的依据。然而, 掌叶大黄种子的采收尚无统一标准, 各地仍沿用传统方法进行, 造成种苗质量参差不齐。尽管国内外对作物种子灌浆动态的研究深入而细致, 表明温度、光照、养分、水分是影响灌浆的四大因素<sup>[11]</sup>。认为玉米(*Zea mays*)籽粒增重过程符合 Logistic 曲线, 粒重与灌浆速率呈正相关<sup>[12]</sup>, 与灌浆持续时间的相关性尚有争议, 有人认为无显著相关关系<sup>[12]</sup>, 也有人认为两者呈显著正相关<sup>[13]</sup>。但至今, 对掌叶大黄种子灌浆特性的研究尚少见报道, 因此, 对掌叶大黄籽粒干物质积累动态及其发芽质量关系的研究具有重要意义, 可为 GAP 基地(中药材规范化生产基地)建设中确立种子采收标准提

\* 收稿日期: 2008-12-10; 改回日期: 2009-01-15

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAI37B02-04)和甘肃省科技攻关项目(2GS042-A43-013-06)资助。

作者简介: 石有太(1982-), 男, 甘肃靖远人, 在读硕士。E-mail: siou8165@163.com

\* 通讯作者。E-mail: cygex@yahoo.com.cn

供理论和技术依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 籽粒灌浆动态测定

供试材料为甘肃省礼县白关乡硬各坝村种植的三年生掌叶大黄种株,2008 年于盛花期在同一天(5 月 19 日)选取开花一致的植株挂牌标记。开花第 10 天(即刚长出小瘦果)开始,每天下午(15:00)从花序中下部采收种子,前 3 次每隔 3 d 采收 1 次,之后每隔 5 d 采收 1 次,重复 3 次。每次采收后按四分法取样 1 000 粒混匀称千粒鲜重,105℃烘至恒重称千粒干重,重复 3 次,其余种子置牛皮纸袋在通风干燥处阴干备用。参照叶青等<sup>[14]</sup>的方法测定籽粒干物质积累量。

$$\text{籽粒灌浆速率}(\text{g/d} \cdot \text{千粒}) = (\text{后次千粒干重} - \text{前次千粒干重}) / 2 \text{ 次取样间隔天数}$$

$$\text{含水量}(\%) = 100 \times (\text{鲜重} - \text{干重}) / \text{鲜重}$$

$$\text{脱水速率}(\%/d) = (\text{前次含水量} - \text{后次含水量}) / 2 \text{ 次取样相隔天数}$$

#### 1.2 种子发芽试验

将不同时间采收的种子设置为不同的处理进行发芽试验。每处理 3 次重复,每重复 50 粒种子,试验在 20℃人工气候箱中进行。参照农作物种子检验规程<sup>[15]</sup>测定大黄种子的发芽势(4 d 种子发芽数占供试种子数的百分比)和发芽率(10 d 种子发芽数占供试种子数的百分比)。最后计算发芽指数。

$$\text{发芽指数 } GI = \sum(Gt/Dt)$$

式中, $Gt$  为当天的发芽数, $Dt$  为对应的发芽天数。

#### 1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 11.5 软件和 Excel 分析及制图。首先,根据 Excel 作图法对籽粒千粒重( $y$ )随开花后天数( $x$ )拟合 Logistic 曲线方程<sup>[16,17]</sup> ( $y = K / (1 + e^{A+Bx})$ )。式中, $K$  为千粒重极限值, $A$ 、 $B$  为方程参数, $A$  为初始重量参数, $B$  为生长速率参数, $x \in [10, 61]$ ),即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天数( $x$ )对应的千粒重,  $A' = A, B' = B$ ],将 Logistic 曲线方程  $y = K / (1 + e^{A+Bx})$  化简为直线方程  $y' = A' + B'x$  并求方程参数( $A', B'$ ),最后求出 Logistic 方程参数( $K, A, B$ ),然后按照略加修正的周国勤等<sup>[18]</sup>的方法估算灌浆起始、高峰、结束时间和最大灌浆速率等次级参数(表 1)。

表 1 掌叶大黄籽粒千粒重与开花后天数配合 Logistic 方程的灌浆参数及其估算公式

Table 1 The filling parameters and their estimated formulas based on Logistic equation fitting  
1 000-grain dry weight with days following blossom in *R. palmatum*

灌浆参数 Filling parameters	估算公式 Estimated formula	灌浆参数 Filling parameters	估算公式 Estimated formula
灌浆高峰起始时间 Maximum filling starting time(d)	$t_1 = [A - \ln(2 + 1.732)] / (-B)$	灌浆渐增期持续天数 The start-filling duration (d)	$T_1 = t_1 - 0$
灌浆高峰结束时间 Maximum filling finishing time(d)	$t_2 = [A + \ln(2 + 1.732)] / (-B)$	灌浆快增期持续天数 The fast-filling duration (d)	$T_2 = t_2 - t_1$
灌浆终期 Filling terminating time(d)	$t_3 = -(4.59512 + A) / B$	灌浆缓增期持续天数 The slow-filling duration (d)	$T_3 = t_3 - t_2$
最大灌浆速率到达时间 The time of maximum filling rate (d)	$T_M = -A / B$ (拐点处 Inflexion)	最大灌浆速率 Maximum filling rate (g/d)	$V_M = -BK / A$

### 2 结果与分析

#### 2.1 掌叶大黄籽粒灌浆过程中干物质积累的动态变化

本试验中,生长 3 年的掌叶大黄于 4 月初返青,4 月中旬开始抽苔,5 月上旬形成花蕾,5 月 15 日已进入花期,5 月 25 日左右花序下部已有瘦果出现,进入结果期。本研究于 5 月 19 日(开花盛期)挂牌,于 5 月 29 日(花后第 10 天)瘦果出现后开始定期采收种子,测定千粒鲜、干重和含水量。掌叶大黄从形成小瘦果到种子成熟籽粒鲜

重经历了快增期、稳增期、下降期和恒定期。开花后 10~13 d 鲜重和体积在短时间内迅速增加,花后 13~36 d 鲜重稳定增长并达到最大值(26.22 g,  $P < 0.01$ ),随后籽粒脱水引起鲜重急剧下降,至完熟期籽粒鲜重(11.0 g)与干重(10.58 g)接近,并维持在相对稳定的范围(图 1)。图 2 揭示了在整个灌浆过程中,籽粒灌浆充实速率的变化趋势。

籽粒干重随开花后天数的变化趋势呈“S”型曲线(图 1),利用 Logistic 曲线方程直线化拟合结果及估算的灌浆各参数如图 3 和表 2 所示。掌叶大黄籽粒干重的积累过程符合 Logistic 曲线方程( $R^2 = 0.9367$ ,  $P < 0.01$ ),其直线化的方程  $y' = -0.1147 + 2.7955x$  ( $A' = 0.1147$ ,  $B' = 2.7955$ )。开花后 14 d 内,灌浆启动,干物质逐渐积累,这一时期为渐增期。开花后 14~36 d 干物质积累速度显著加快,灌浆进入快增期,开花后 24 d 左右(Logistic 曲线拐点,即其直线化后与  $x$  轴的交点)处籽粒干物质积累速度最快(图 3)。开花 36 d 后籽粒干物质积累进入缓增期,至开花后 64 d 灌浆结束(图 1,3 和表 2)。

掌叶大黄种子在整个灌浆过程中,籽粒灌浆速率呈“快—慢—快—慢”规律,出现 2 次灌浆高峰,从种子形成逐渐升高,到 6 月 4 日(花后 16 d)左右出现第 1 次高峰,之后降低,花后 26 d 出现灌浆低峰,接着又回升,于 6 月 24 日(花后 36 d)又达一峰值,之后又急剧下降,花后 41 d 达最低值并稳定在较低水平(图 2)。灌浆期间,籽粒脱水速率随着灌浆时间的延长而加快,籽粒含水量一直呈降低趋势。5 月 29 日(花后 10 d)籽粒含水量最高(88.1%),之后籽粒脱水,含水量缓慢降低,花后 36 d 后脱水加快,含水量急剧下降,花后 51 d 脱水最快,含水量下降 83.3% ( $P < 0.01$ ),花后 56 d 含水量下降 88.2% ( $P < 0.01$ ),花后 61 d 含水量下降 95.7% ( $P < 0.01$ ) (图 1)。

田间观察发现,掌叶大黄从籽粒形成到 6 月中下旬,种子外观色泽变化不明显,籽粒体积达到最大限度,内含物乳汁状,说明进入乳熟期。6 月下旬后种翅逐渐脱水,变为灰紫色,籽粒逐渐硬化,内含物由胶状逐渐转变为粉质,说明种子发育进入腊熟期。7 月 4 日后(花后 46 d),随着种子快速脱水,种株叶片与茎秆逐渐变黄。7 月 14 日(花后 56 d)叶片转褐,茎秆枯萎,种子遇风开始脱落。

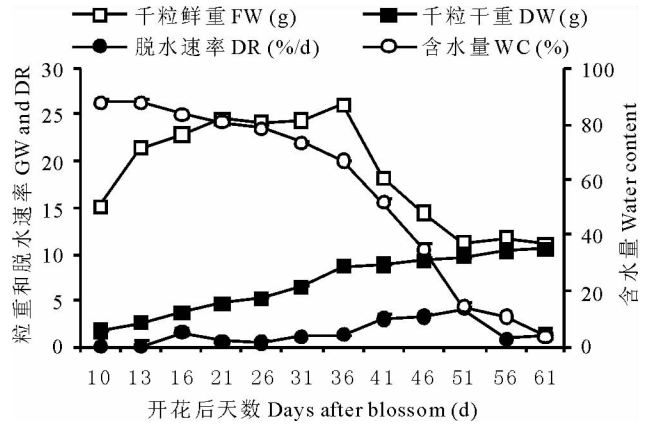


图 1 掌叶大黄种子成熟过程中千粒鲜重、干重、含水量和脱水速率的变化

Fig. 1 Changes of grain weight (GW) including fresh weight (FW) and dry weight (DW), water content (WC) and dehydrate rate (DR) in thousand seeds of *R. palmatum*

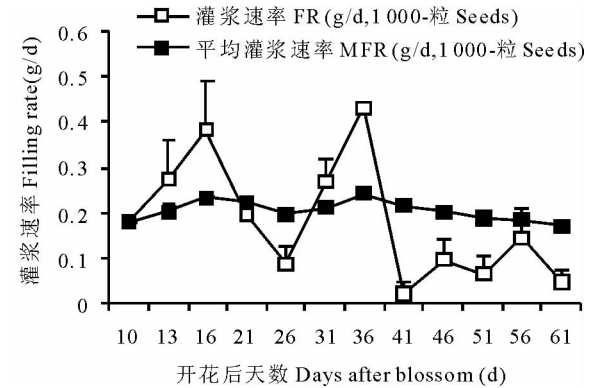


图 2 掌叶大黄籽粒灌浆速率和平均灌浆速率的变化

Fig. 2 Changes of the grain filling rate (FR) and the mean filling rate (MFR) in thousand seeds of *R. palmatum*

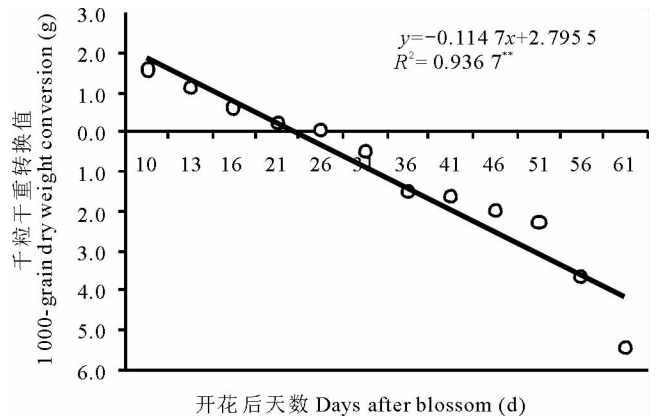


图 3 掌叶大黄种子千粒干重积累与开花后天数配合 Logistic 方程直线化拟合结果

Fig. 3 The linear result based on Logistic equation fitting 1 000-grain dry weight with filling duration in *R. palmatum*

表 2 掌叶大黄籽粒干重积累与开花后天数配合 Logistic 方程估计的灌浆参数

Table 2 The estimation of filling parameters based on Logistic equation fitting  
1 000-grain dry weight with filling duration in *R. palmatum*

灌浆参数 Filling parameters	Logistic 方程 Equation: $y=K/(1+e^{A+Br})$	
	$A=2.7955; B=-0.1147; K=10.6278; R^2=0.9367^{**}$	
灌浆高峰起始时间 $t_1$ Maximum filling starting time (d)	13	
灌浆高峰结束时间 $t_2$ Maximum filling finishing time (d)	36	
灌浆终期 $t_3$ Filling terminating time (d)	64	
最大灌浆速率到达时间 $T$ The time of maximum filling rate (d)	24	
灌浆渐增期持续天数 $T_1$ The start-filling duration (d)	13	
灌浆快增期持续天数 $T_2$ The fast-filling duration (d)	23	
灌浆缓增期持续天数 $T_3$ The slow-filling duration (d)	28	
最大灌浆速率 $V$ Max Maximum filling rate (g/d)	0.4360	

## 2.2 不同采收期种子发芽质量及其与籽粒干物质积累的关系

灌浆不同时期采收的种子因成熟度不同导致其种子发芽势、发芽率和发芽指数出现显著差异(表 3)。籽粒形成后随着灌浆进程的递进,种子发芽势、发芽率和发芽指数均显著提高,花后第 36 天(6 月 24 日)采收的种子发芽势和发芽指数均达到最大值,之后均波动下降,但发芽势下降不显著,而发芽指数下降显著( $P<0.01$ ),至开花后 56 d(7 月 14 日)下降到花后 26 d 左右的水平。发芽率最大值出现的时间延后 10 d 左右,开花后第 46 天(7 月 4 日)采收的种子发芽率最高,之后略有下降,但下降程度差异性未达到显著水平。相关分析结果表明(表 4),籽粒鲜重与灌浆持续时间极显著负相关( $P<0.05$ ),而籽粒干重与灌浆持续时间呈极显著正相关( $P<0.01$ )。千粒干重和灌浆持续时间均与种子发芽势、发芽率和发芽指数呈极显著正相关( $P<0.01$ )。籽粒含水量与发芽率和发芽势均表现显著负相关( $P<0.05$ ),而与发芽指数的负相关较大但未达到显著水平。

表 3 不同采收期掌叶大黄种子的发芽特性

Table 3 Germinative characteristic of *R. palmatum* seeds in different harvest time

开花后天数 Days after blossom(d)	采收时间 Harvest date (年-月-日 Year-month-day)	发芽势 Germination power (%)	发芽率 Germination percent (%)	发芽指数 Germination index
10	2008-05-29	0.67 gE	0.67 gG	0.08 hH
13	2008-06-01	7.33 fE	8.00 fF	1.38 gG
16	2008-06-04	36.67 eD	50.67 eE	6.37 fF
21	2008-06-09	76.67 dC	85.33 dD	17.00 eE
26	2008-06-14	85.33 cB	93.33 cC	18.97 cdCD
31	2008-06-19	89.33 bcAB	94.67 bcBC	20.41 bAB
36	2008-06-24	96.00 aA	98.00 abABC	21.39 aA
41	2008-06-29	95.33 aA	98.00 abABC	20.03 bBC
46	2008-07-04	94.00 abA	100.00 aA	19.82 bcBCD
51	2008-07-09	94.00 abA	96.67 abcABC	20.15 bBC
56	2008-07-14	92.67 abAB	99.33 aAB	18.67 dD
61	2008-07-19	94.67 abA	99.33 aAB	18.77 dD

注: 同列不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ ), 不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

Note: Different capital letter means significant difference at 0.01 level ( $P<0.01$ ); different small letter means significant difference at 0.05 level ( $P<0.05$ ).

表 4 掌叶大黄种子灌浆过程中干物质积累与发芽特性的相关分析

Table 4 The relationship of substance cumulation in grains to the seed germination of *R. palmatum*

因素 Factor	千粒鲜重 1 000-grain FW	千粒干重 1 000-grain DW	含水量 Water content	脱水速率 Dehydrate rate	发芽势 Germination power	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination Index
千粒干重 1 000-grain dry weight	-0.505						
含水量 Water content	0.806**	-0.894**					
脱水速率 Dehydrate rate	-0.425	0.635*	-0.568				
发芽势 Germination power	-0.122	0.870**	-0.631*	0.547			
发芽率 Germination rate	-0.091	0.845**	-0.608*	0.530	0.994**		
发芽指数 Germination Index	-0.048	0.825**	-0.561	0.520	0.993**	0.984**	
灌浆持续期 Filling duration	-0.644*	0.975**	-0.963**	0.581*	0.796**	0.771**	0.740**

注: \*\* 表示  $P < 0.01$  水平相关; \* 表示  $P < 0.05$  水平相关( $n=12, df=10$ )。

Note: \*\* show relationship significant at the level of 0.01; \* show relationship significant at the level of 0.05.

### 3 讨论

#### 3.1 掌叶大黄籽粒干重的动态变化呈 S 型曲线,符合 Logistic 曲线方程

在籽粒灌浆过程中,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。千粒重可反映种子的大小,是构成种子产量的重要因素<sup>[19]</sup>,肖苏萍等<sup>[9]</sup>对不同来源的掌叶大黄种子测定表明,甘肃礼县上坪乡栽培掌叶大黄种子千粒重为 8.47 g,含水量为 7.8%;甘肃岷县中药材科技园栽培掌叶大黄种子千粒重为 9.58 g,含水量为 6.4%;青海贵德新街上卡村野生掌叶大黄种子千粒重为 4.11 g,含水量为 7.9%。本研究表明,掌叶大黄种子从形成小瘦果到成熟,千粒鲜重经历了快速增长期、稳定增长期、失水下降期和恒定期,即千粒鲜重从开花后持续增加,至花后 36 d 达到最大值,随后迅速下降到接近干重的水平。千粒干重的变化趋势呈 S 型曲线,符合 Logistic 曲线方程,经历渐增期(花后第 0~12 天)、快增期(花后第 13~36 天)和缓增期(花后第 37~64 天)。在整个灌浆过程中,籽粒灌浆速率呈现“快—慢—快—慢”的规律,6 月 4 日(花后 16 d)和 6 月 24 日(花后 36 d)先后出现 2 次灌浆峰值,而在 6 月 14 日(花后 26 d)和 29 日(花后 41 d)因降雨出现 2 次低谷。籽粒脱水速率随着灌浆进程的递进而加快,籽粒含水量持续下降,即千粒干重在开花后第 36 天已达 8.70 g,含水量 66.8%;第 46 天达 9.29 g,含水量已下降到 35.4%;第 51 天达 9.62 g,含水量 14.7%。以上说明掌叶大黄种子灌浆速率受天气的影响较大,种子灌浆期间籽粒含水量受天气的影响小,脱水速率的加快是种子成熟的重要指标之一,最佳采收期的种子含水率约为 13%~16%。

#### 3.2 掌叶大黄种子干物质积累动态对其种子发芽特性具有显著影响

种子发芽率、发芽势和发芽指数是衡量种子质量的关键性指标。因此,药材种植应首先从种子质量源头抓起,才能对药材质量和产量提供有力保障。廖跃德<sup>[20]</sup>认为,掌叶大黄种子成熟需 50~60 d,成熟过程中果皮颜色由绿色、红色至褐色,强调果皮至褐色时极易脱落,要及时采收。本研究中,掌叶大黄灌浆持续期为 64 d。不同时期采收的掌叶大黄种子发芽质量在花后第 36 天内(6 月 24 日前)均随着灌浆进程的递进显著提高,但 36 d 后随灌浆持续时间的进一步延长发芽势和发芽率差异不显著,发芽指数反而显著下降,说明成熟度对掌叶大黄种子质量具有显著影响,这与闫洁等<sup>[21]</sup>对诺丹冰草(*Agropyron desertotrum*)种子的研究结果相似,也说明成熟度不同的种子其休眠程度不同。相关分析显示,千粒干重与发芽力呈极显著正相关,而籽粒含水量与发芽势和发芽率均表现显著负相关。大田观察发现,7 月 4 日(花后第 46 天)后,掌叶大黄种株叶片与茎秆逐渐变黄。7 月 14 日(花后第 56 天)叶片转褐,茎秆枯萎,种子遇风开始脱落,说明最佳采收期应在 7 月上旬,即开花后第 46~52 天,茎秆尚未枯萎时采收为宜。

## 参考文献:

- [1] 任继周,侯扶江. 改变传统粮食观, 试行食物当量[J]. 草业学报, 1999, 8(专辑): 55-75.
- [2] 黄剑, 刘卫国, 范巧佳, 等. 掌叶大黄叶资源的开发与利用[J]. 资源开发与市场, 2004, 20(4): 271-272.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[S]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] 张贵君. 现代实用中药鉴别技术. 第一版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000. 36.
- [5] 李家实. 中药鉴定学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1996. 55-58.
- [6] 李斌常, 何凯, 张三元. 掌叶大黄生物学特性的研究[J]. 中药材, 1992, 15(8): 8-10.
- [7] 李应东, 何凯, 柴兆祥, 等. 掌叶大黄规范化种植技术及其主要病虫害防治[J]. 世界科学技术—中医药现代化—中药材栽培研究, 2005, 7(2): 74-76.
- [8] 徐秀丽, 齐威, 卜海燕, 等. 青藏高原高寒草甸 40 种一年生植物种子的萌发特性研究[J]. 草业学报, 2007, 16(3): 74-80.
- [9] 肖苏萍, 陈敏, 黄璐琦, 等. 大黄花果实形态和种子发芽特性的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(3): 195-199.
- [10] 李先恩. 药用植物种子生物学特性多样性的概述[J]. 中国中药杂志, 1994, 19(9): 515-517.
- [11] 闫淑琴. 玉米籽粒灌浆速度研究进展[J]. 杂粮作物, 2006, 26(4): 285-287.
- [12] 武得礼, 葛文华, 何世炜. 甘肃秦泰灌区玉米收籽与收刈青贮临界适期的研究[J]. 草业学报, 1999, 8(2): 65-70.
- [13] 蔡庆生. 小麦籽粒生长各阶段干物质积累量与粒重的关系[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(1): 27-32.
- [14] 叶青, 董娟娥, 李小平, 等. 崧蓝种子中营养物质积累过程及不同采收期种子的活力差异[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(4): 69-72.
- [15] 全国种子总站(国家技术监督局总监). 农作物种子检验规程(GB/T3543.4)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [16] 明道绪. 田间试验与统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [17] 李德荣, 舒俭民, 程建峰, 等. 氮磷钾配施对百喜草干物质积累及其动态变化的影响[J]. 草业学报, 2004, 13(5): 60-65.
- [18] 周国勤, 张应香, 李宇峰, 等. 信阳 234 的籽粒灌浆特性及蛋白质、淀粉积累动态研究[J]. 山东农业科学, 2008, (1): 51-54.
- [19] 彭燕, 张新全, 曾兵. 野生鸭茅植物学形态特征变异研究[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 69-75.
- [20] 廖跃德. 掌叶大黄生物学特性的研究[J]. 海峡药学, 2005, 17(4): 102-103.
- [21] 闫洁, 贺晓, 李青丰, 等. 成熟度对诺丹冰草种子质量的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25(3): 29-32.

Studies on filling dynamic and germination characteristics of *Rheum palmatum* seedsSHI You-tai<sup>1</sup>, CHEN Yuan<sup>1</sup>, GUO Feng-xia<sup>2</sup>, LIU Ya-ya<sup>1</sup>, TU Cai-yun<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Life Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** Cards were hung as a flower sign in triennium *Rheum palmatum* plants cultivated in Li county of Gansu during blossom. The 1 000-grain weight, water content and seed germination in the plants were measured in period time after 10 d following the blossom day. Filling dynamic and germination characteristics of *R. palmatum* seeds were studied in order to provide theoretic basis for its seed standard production. The results showed that the 1 000-grain fresh weight increased and got at the highest value on the 36th day following blossom, and then rapidly decreased to the level near its dry weight, which fitted to Logistic equation with a rapid increase during 13–36 d after blossom. The grain filling rate showed ‘fast-slow-fast-slow’ pattern and went to bottom two times because of raining. The grains dehydrated grown fast with filling duration prolong and the water content decreased to the end. The seed germination vigor, germination rate and germination index were significantly improved with filling duration prolong within 36 d after blossom but showed difference further long, which were positively and significantly related with grain dry weight while negatively and significantly related with water concentration. All above revealed that the seed filling is affected by weather. The fast dehydrating rate in seeds is an important indication for seed maturation and the maturity affects its seed germination quality. The best harvest time should be during 46–52 d following blossom (at the beginning of July) during which the water content in the seeds should be 12%–16% with still non-perishing stems.

**Key words:** *Rheum palmatum*; seed filling; germination characteristic; harvest time