**Iranian Journal of Field Crop Science**
Vol 48, No 2, Summer 2017 (493-506)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.208122.654120

**علوم گیاهان زراعی ایران**
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶ (ص ۵۰۶-۴۹۳)

# تأثیر زمان برداشت و روش خشک‌کردن بر کیفیت فیزیولوژیک و محتوای قندهای محلول در بذرهای باقلا (*Vicia faba* L.) رقم شامی

**عزت‌الله کریمی آرپناهی[۱]، علی مرادی[۲*] و محسن موحدی دهنوی[۳]**
**۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه یاسوج**
**(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲)**

## چکیده

**به‌منظور بررسی تأثیر زمان برداشت و روش خشک‌کردن بر کیفیت بذر باقلا، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کامل تصادفی با پنج تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه یاسوج انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل زمان برداشت در ۸۴ (برداشت اول)، ۹۶ (برداشت دوم) و ۱۰۸ (برداشت سوم) روز پس از کاشت، نوع اندام برداشت (بذر، غلاف و بوته) و روش خشک‌کردن (سایه‌خشک و آفتاب‌خشک) بودند. یک زمان برداشت نیز در ۱۲۵روز پس از کاشت و به روش متداول کشاورزان منطقه انجام شد. نتایج نشان داد، در برداشت اول، بیشترین و کمترین وزن صد بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیهٔ گیاهچه و محتوای قندهای محلول به ترتیب در تیمار بوتهٔ سایه‌خشک و بذر آفتاب‌خشک مشاهده شد. در برداشت دوم نیز وضعیتی همسان مشاهده شد، اما مقادیر این صفات به‌طور شایان‌توجهی افزایش یافتند. در برداشت سوم میزان این صفات به بیشترین میزان خود رسید و تیمار بوتهٔ سایه‌خشک نسبت به دیگر تیمارها به‌طور معنی‌داری برتری نشان داد. در هر سه زمان برداشت، میزان نشت الکترولیت‌ها و درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی بین تیمارها روندی مخالف با دیگر صفات داشت. نتایج کلی پژوهش، مؤید نقش قندهای محلول در تحمل به پسابش و ارتقاء قابلیت جوانه‌زنی بذرهای باقلا بوده و به‌عنوان شاخص ارزیابی کیفیت بیوشیمیایی بذر این گیاه پیشنهاد می‌شوند.**

**واژه‌های کلیدی:** باقلا، بلوغ بذر، روش خشک‌کردن، کیفیت بذر، وزن بذر.

# The effect of harvesting time and drying method on seed physiological quality, soluble sugars content of faba bean seeds (*Vicia faba* L.) cultivar Shami

**Ezatalla Karimi Arpanahi[1], Ali Moradi[2*] and Mohsen Movahhedi Dehnavi[2]**
1, 2, 3. M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran
(Received: May 28, 2016 - Accepted: Aug. 23, 2016)

## ABSTRACT

To evaluate the effect of harvesting time and drying methods on seed quality of faba bean, a three factors experiment was conducted based on completely randomized design with five replications at laboratory of seed science and technology, Yasouj University, in 2014. Experimental factors were as; harvesting in three dates after sowing (DAS) including 84 (first harvest), 96 (second harvest) and 108 (third harvest) DAS; three organ harvesting types (seed, pod and bushes); and two drying methods; shade-dried (SHD) and sun-dried (SD). In addition, an extra harvest (fourth harvest) was done 125 DAS according to the conventional harvest of local farmers. The results showed that in the first harvest, the highest and lowest 100-seed weight, germination percentage, germination rate, soluble sugars content, seedling vigor index were observed in the SHD bushes and SD seed treatments, respectively. A similar trend was observed in the second harvest. In this stage quantity of measured characteristics was increased. In the third harvest, these characteristics reached their maximum value and the SHD bushes treatment had significantly higher values compared to other treatments in terms of most measured characteristics. However, in all three harvesting time, electrolyte leakage and abnormal seedlings values showed different trend compared to other studied characteristics. Generally, results confirmed the role of soluble sugars in desiccation tolerance process and germinability promotion of faba bean seeds and therefore it can be suggested as biochemical index for evaluating seeds quality in this plant.

**Keywords:** Drying method, faba bean, seed maturation, seed quality, seed weight.

* Corresponding author E-mail: amoradi@yu.ac.ir

## مقدمه

باقلا با نام علمی *Vicia faba* L.، به‌عنوان یکی از حبوبات مهم زمستانه و یک منبع غنی از پروتئین برای مصرف انسان و دام به‌شمار می‌رود (Sabaghpour, 1996). بذرهای این گیاه به‌صورت نارس یا خشک مصرف می‌شوند. این گیاه همسان با اغلب گیاهان خانوادهٔ بقولات عادت رشدی نامحدود دارد و بذرها با کیفیت فیزیولوژیکی متفاوت برداشت می‌شوند. یکی از مسائل اساسی در تولید بذر این گیاهان، کیفیت مناسب و توان رویش آن است که می‌تواند تحت تأثیر زمان برداشت قرار گیرد (Sanhewe & Ellis, 1996). تأخیر در برداشت باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه و افزایش نشت مواد از بذر به دلیل فرسودگی ناشی از تخریب ساختار غشای یاخته‌ای می‌شود (Gurusamy & Thiagarajan, 1998). از سویی برداشت زودهنگام نیز سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی، افزایش نشت مواد و کامل نشدن اندوختهٔ غذایی بذرهای به دلیل نارس بودن بذر می‌شود (Ghasemi-Golezani & Mazloomi Oskooyi, 2008).

بر پایهٔ فرضیهٔ هارینگتون، بیشترین کیفیت بذر در پایان مرحلهٔ پر شدن بذر به دست می‌آید و پس‌ازآن در نتیجهٔ تأخیر در برداشت و آغاز فرآیندهای پیری بذر روی گیاه مادری، کاهش می‌یابد (Harington, 1972). این فرضیه در گیاهان مختلفی از جمله سویا (Tekrony *et al*., 1984)، لوبیا (Bailly *et al*., 2001) و ذرت (Ghassemi-Golezani *et al*., 2011) تأیید شده است، اما از نظر برخی دیگر از پژوهشگران، بیشترین کیفیت بذر پس‌ازاین مرحله به دست می‌آید (Ghasemi-Golezani & Mazloomi-Oskooyi, 2008; Lehner *et al*., 2006; Sanhewe & Ellis, 1996). بررسی کیفیت بذر لوبیا چشم‌بلبلی در فرآیند مرحله‌های مختلف بلوغ نشان داد، بیشترین کیفیت بذر در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیکی (۵۶-۵۲ روز پس از گلدهی) به دست آمد که در ۱۶-۸ روز پس از رسیدگی وزنی رخ داد (Eskandari, 2012). بررسی کیفیت بذر چند رقم ذرت در مرحلهٔ رشد و نمو نشان داد، بیشترین کیفیت بذر در پایان فاز پر شدن بذر به دست آمد (Ghassemi-Golezani *et al*., 2011). از سویی روش‌های مختلف خشک‌کردن بذر و همچنین نوع اندام برداشت نیز می‌تواند ظرفیت جوانه‌زنی بذر را به‌ویژه در مرحلهٔ پیش از بلوغ یا رسیدن تحت تأثیر قرار دهد. در این شرایط، قابلیت جوانه‌زنی به مرحلهٔ رشد و نمو و سرعت خشک شدن وابسته است (Samarah, 2005). در پژوهشی روی ماشک مشاهده شد که بذرهای خشک‌شده درون غلاف در یک مرحلهٔ نموی زودتر، بیشترین ظرفیت جوانه‌زنی را نسبت به بذرهای خشک‌شده بدون غلاف به‌دست آوردند و بالاترین درصد جوانه‌زنی و توان بذر در بذرهای خشک‌شدهٔ درون غلاف و غلاف متصل به بوته نسبت به بذر جداشده از غلاف مشاهده شد (Samarah, 2006).

کسب قابلیت جوانه‌زنی یا به عبارتی تحمل به پسابش، در مرحلهٔ رشد و نمو بذرهای با فرآیندهای بیوشیمیایی چندی ازجمله تجمع قندهای محلول (به‌طور عمده از نوع الیگوساکاریدها)، پروتئین‌های تکانهٔ (شوک) گرمایی و افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسیدان (آنتی‌اکسیدان) همراه است که رخداد این فرآیندها منجر به کسب تحمل به پسابش و درنتیجه بهبود کیفیت بذر می‌شوند (Obendorf, 1997). Bailly *et al*. (2001) در بررسی تغییرپذیری محتوای قندهای محلول و فعالیت برخی آنزیم‌های پاداکسنده در مرحلهٔ رشد و نمو در بذرهای لوبیا گزارش کردند که کسب قابلیت جوانه‌زنی (تحمل به پسابش) در ۳۵ روز پس از گلدهی و همزمان با آغاز تجمع قندهای محلول رخ داد و در ۴۶ روز پس از گلدهی و همزمان با بیشترین تجمع قندهای محلول، به بیشترین میزان خود رسید. پروتئین‌های شوک حرارتی در شرایط تنش در یاخته بیان می‌شوند و نقش آن‌ها جلوگیری از تغییر شکل فضایی (کونفورماسیون) پروتئین‌ها تحت عامل‌های تنش، ترمیم پروتئین‌های واسرشته (دناتوره)شده، تسریع تاخوردگی پروتئین‌ها، تخریب پروتئین‌های بدتاخورده، مکان‌یابی و سرهم‌بندی آن‌ها است (Pelham, 1986). Wehmeyer & Vierling (2000) با بررسی پروتئین‌های بلوغ (از نوع شوک حرارتی) در علف تال (آرابیدوپسیس) در مرحلهٔ بلوغ

ارتباط مستقیمی میان این پروتئین‌ها با تحمل به پسابش پیدا کردند.

با توجه به ماهیت رشد نامحدودی باقلا، بذرها در هنگام برداشت ممکن است در وضعیت فیزیولوژیکی متفاوت باشند. انتخاب مرحله برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن نیز می‌تواند بر کیفیت نهایی بذر مؤثر باشد. لذا این تحقیق با هدف تعیین مناسب‌ترین زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای دستیابی به بیشترین کیفیت بذر باقلا رقم شامی طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به‌صورت سه عاملی در قالب طرح کامل تصادفی با پنج تکرار انجام شد. عامل اول شامل زمان برداشت در سه زمان ۸۴ روز پس از کاشت (برداشت اول)، ۹۶ روز پس از کاشت (زمان برداشت دوم) و ۱۰۸ روز پس از کاشت (برداشت سوم)؛ عامل دوم نوع اندام برداشت با سه نوع اندام بذر، غلاف و بوتهٔ کامل و عامل سوم روش خشک‌کردن به دو روش سایه‌خشک و آفتاب‌خشک بودند.

بذرهای مورد استفاده از یک مزرعهٔ کشاورزی واقع در منطقهٔ شوشتر در سال ۱۳۹۳ تهیه شدند. کاشت بذر رقم موردنظر در دی‌ماه ۱۳۹۲ در قطعه زمینی به مساحت ۳۰۰۰ مترمربع با شرایطی یکسان و یکنواخت انجام شد. پس از عملیات آماده‌سازی و تسطیح زمین و ایجاد جوی پشته، بذرها به روش مکانیزه و در فاصلهٔ بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر کشت شدند. بر پایهٔ توصیه‌های بهینهٔ کاربرد کودهای شیمیایی، از دو کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه و ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره (نصف آن به‌صورت پایه و بقیهٔ آن به‌صورت سرک در مرحلهٔ ۶-۴ برگی) استفاده شد. آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه به‌طورمعمول انجام شد. علف‌های هرز نیز در مرحلهٔ رشد گیاه به‌صورت وجین دستی کنترل شدند. درنهایت با توجه به سطوح عامل زمان برداشت قطعه‌های ۱۰۰ مترمربعی از مزرعه انتخاب‌شده و برداشت به‌صورت دستی انجام شد. زمان برداشت‌های اول، دوم و سوم به ترتیب منطبق با سه مرحلهٔ نموی "مرحلهٔ نصف اندازهٔ نهایی بذرها[1] (MS)"، "مرحلهٔ اندازهٔ کامل بذر[2] (FS)" و "مرحلهٔ غلاف سبز متمایل به زرد[3] (GY)" بود. یک زمان برداشت نیز در ۱۲۵ روز پس از کاشت و هماهنگ با مرحلهٔ نموی "غلاف زرد متمایل به قهوه‌ای[4] (YB)" به روش متداول کشاورزان منطقه (کف برکردن بوته‌ها و آفتاب‌خشک در مزرعه) به‌عنوان شاهد انجام شد، اما به دلیل نامتعادل شدن طرح آماری، داده‌های این مرحله در تجزیهٔ آماری استفاده نشد.

به‌منظور اجرای تیمار نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن به این صورت عمل شد: برای نوع برداشت "بذر جداشده از غلاف[5]"، با آغاز برداشت از یک قطعهٔ ۱۰۰ مترمربعی، به شمار ۲۰۰۰ بذر (به میزان دو سطح خشک‌کردن)، همهٔ غلاف‌های حاوی بذر از بوته‌های در حال نمو برداشت‌شده و بذرها به‌صورت دستی از آن‌ها جدا شد. سپس به‌صورت تصادفی به دو قسمت؛ ۱۰۰۰ بذر برای خشک‌کردن در سایه (دمای اتاق) (تیمار سایه‌خشک) و ۱۰۰۰ بذر برای خشک‌کردن در آفتاب (تیمار آفتاب‌خشک) تقسیم شدند. برای نوع اندام برداشت "بذر متصل به غلاف[6]" نیز به همین شمار بذر، غلاف‌های حاوی بذر از بوته‌های در حال نمو برداشت و پس‌از آن خشک شدند. همچنین برای نوع اندام برداشت "غلاف متصل به بوته[7]" نیز بوته‌های در حال نمو که حاوی غلاف بوده، کف‌بر و پس‌از آن خشک شدند. پس از رسیدن محتوای رطوبت به زیر ۱۰ درصد، بذرها از بستر خشک شدن برداشته‌شده، بسته‌بندی‌شده و در یخچال با دمای ۴ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند. محتوای رطوبت بذر در هر زمان برداشت بنا بر روش اتحادیهٔ

1. Mid-Full Seeds
2. Full-Size Seed
3. Greenish Yellow Pod
4. Yellowish Brown Pod
5. Depodded
6. Podded deattached
7. Podded attached

بین‌المللی آزمون بذر (ISTA, 2010)[1] با استفاده از رابطهٔ (۱) و بر پایهٔ وزن‌تر تعیین شد.

(۱) = درصد رطوبت بذر
[(M2-M3)/(M2-M1)]×100

M1= وزن ظرف، M2 = وزن ظرف + وزن بذر پیش از خشک‌کردن و M3 = وزن ظرف + وزن بذر پس از خشک‌کردن

وزن خشک بذر در هر مرحله از بذرهای تازه برداشت‌شده که درون آون (دمای ۱۳۰ درجهٔ سلسیوس به مدت دو ساعت (ISTA, 2010)) خشک‌شده بودند به دست آمد. در پایان مرحلهٔ خشک شدن بذرها وزن صد بذر هر تیمار نیز با استفاده از پنج تکرار صد بذری محاسبه شد. لازم به یادآوری است که خشک‌کردن بذرها در سایه در دمای اتاق (۳±۲۵) و در آفتاب در فضای آزاد انجام شد. درنهایت آزمون جوانه‌زنی استاندارد برای هر تیمار با پنج تکرار بیست بذری، و برابر با قوانین ایستا (ISTA, 2010) روی بستر کاغذ آکاردئونی و در دمای ثابت ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت ده روز انجام شد. شمارش روزانهٔ جوانه‌زنی انجام و ثبت شد. ملاک جوانه‌زنی نیز خروج ۲ میلی‌متر ریشه‌چه بود. در پایان آزمایش، از هر ظرف، شمار ده گیاهچه به‌صورت تصادفی انتخاب و پس‌از آن وزن خشک آن‌ها (پس از خشک‌کردن در آون با دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس (Khatun *et al.*, 2009) اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی (رابطهٔ ۲) و درصد گیاهچهٔ غیرطبیعی با استفاده از رابطهٔ (۳) محاسبه شدند. همچنین سرعت جوانه‌زنی (رابطهٔ ۴)، شاخص بنیهٔ گیاهچه (وزنی) (رابطهٔ ۵) و نشت الکترولیت‌ها از بذر (رابطهٔ ۶) نیز اندازه‌گیری شدند.

(۲) GP =(N/NT) ×۱۰۰ (درصد جوانه‌زنی کل)

N = شمار بذرهای جوانه‌زده و NT= شمار کل بذرهای موجود در هر تکرار.

(۳) (ISTA, 2010): = درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی
(شمار گیاهچه‌های غیرطبیعی / N) ×۱۰۰

(۴) (Ellis & Roberts, 1981)

$$GR = \Sigma(Ni/Di)$$

Ni = بذرهای جوانه‌زده در روز iام و Di = روز پس از آغاز جوانه‌زنی

(۵) (Reddy & khan, 2001):

= شاخص بنیهٔ گیاهچه (وزنی)
(درصد جوانه‌زنی استاندارد × میانگین وزن خشک گیاهچه (گرم)) /۱۰۰

برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها، چهار تکرار ده بذری از هر تیمار با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده و درون لیوان‌های پلاستیکی یک‌بار مصرف حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس قرار داده شدند. هدایت الکتریکی محلول با دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری و نشت الکترولیت‌ها از رابطهٔ (۶) محاسبه شد.

(۶) (ISTA, 2010): = نشت الکترولیت‌ها
(میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم وزن بذر)
وزن بذر (گرم)/ (هدایت الکتریکی آب مقطر - هدایت الکتریکی محلول حاوی بذر)

برای اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول و پروتئین‌های شوک حرارتی از بذرهای تازه برداشت‌شده و خشک استفاده شد. بدین منظور برای بذرهای تازه برداشت‌شده در هر مرحله برداشت شمار صد عدد بذر تازه برداشت شد و بی‌درنگ درون کیسه‌های ضد رطوبت بسته‌بندی و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۴۰- درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند (Lehner *et al.*, 2006).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول بذر آغاز استخراج عصارهٔ الکلی از روش Irigoyen *et al.* (1992)، با وزن کردن ۰/۲۵ گرم از محورهای جنینی بذرهای آبنوشی شده، در سه تکرار انجام شد. آنگاه با استفاده از معرف آنترون و اسید سولفوریک ۷۲درصد، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده و میزان قندهای محلول با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. به‌منظور ترسیم منحنی استاندارد، غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از گلوکز تهیه و همهٔ مراحلی که روی نمونه‌ها انجام شد روی استانداردها نیز انجام شد. سپس با خواندن جذب این استانداردها، منحنی واسنجی (کالیبراسیون) با استفاده از غلظت و جذب نمونه‌های گلوکز رسم شد.

1. International Seed Testing Association (ISTA)

استخراج پروتئین‌های شوک حرارتی از روش He & Huang (2007) و با استفاده از دو نوع بافر تریس- نمک (تریس ۰/۱ میلی‌مولار و نمک Nacl ۰/۱۵ مول) (بافر TBS) و تریس- نمک- تریتون (TBS-Triton X-100) انجام شد. بدین منظور ۰/۲۵ گرم محور جنینی (وزن‌تر) در ۱ میلی‌لیتر بافر TBS در حمام یخ عصاره‌گیری شد؛ عصارهٔ به‌دست‌آمده دو بار به مدت سی دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سلسیوس و با ۱۶۰۰۰g سانتریفیوژ (مدل Sigma 2-16KC) شدند. رسوب باقی‌مانده در ریزلوله (میکروتیوپ)ها دو بار با بافر TBS و ۴ بار بافر استخراج دوم شسته شده و به همان صورت پیش سانتریفیوژ شدند. درنهایت غلظت پروتئین‌های استخراج‌شده با استفاده از روش Bradford (1976) در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر تعیین و به کمک منحنی استاندارد محاسبه شد. برای ترسیم منحنی استاندارد، محلول آلبومین سرم گاوی در غلظت‌های ۱۰، ۵، ۴/۵، ۴، ۳/۵، ۳، ۲/۵، ۲، ۱/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. سپس همهٔ مراحلی که روی نمونه‌ها انجام شد روی استانداردها نیز انجام و با خواندن جذب این استانداردها، منحنی واسنجی با استفاده از غلظت و جذب رسم شد. محتوای قندهای محلول و پروتئین‌های شوک حرارتی در بذرهای تازه برداشت‌شده نیز اندازه‌گیری شد.

محاسبات آماری نیز با استفاده از رویهٔ GLM نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹,۱) و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel انجام شد. با معنی‌دار شدن برهمکنش سه‌گانهٔ عامل‌های آزمایش، تجزیهٔ واریانس برش‌دهی انجام شد و مقایسهٔ میانگین برهمکنش‌ها با استفاده از گزینهٔ میانگین‌های کمترین مربعات [L.S.Means] در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس برهمکنش زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای همهٔ صفات مرتبط با جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همچنین برای صفات محتوای قندهای محلول در سطح احتمال ۱ درصد و برای محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

تجزیهٔ واریانس برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت) برای اغلب صفات مورد ارزیابی به‌استثنای محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. در زمان برداشت دوم (۹۶ روز پس از کاشت) نیز برای همهٔ صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد این در حالی بود که در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت)، برای صفات درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی، شاخص بنیهٔ گیاهچه (وزنی) و محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در سطح احتمال ۱ درصد، برای سرعت جوانه‌زنی و نشت الکترولیت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و برای درصد جوانه‌زنی غیر معنی‌دار شد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس تأثیر زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر باقلا

Table 1. Analysis of variance for the effect of harvesting time, organ harvesting type and drying methods on some germination characteristics of broad bean seed

| S.O.V | df | Mean Squares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100-seed weight | Germination percentage | Abnormal seedlings | Germination rate | Electrolyte leakage | Seedling vigor index |
| Harvesting time (T) | 2 | 45304.5$^{**}$ | 25524.4$^{**}$ | 69.80$^{ns}$ | 96.67$^{**}$ | 270845$^{**}$ | 2.80$^{**}$ |
| Organ harvesting type (H) | 2 | 1076.1$^{**}$ | 6861.11$^{**}$ | 103.4$^{**}$ | 26.52$^{**}$ | 68741.5$^{**}$ | 0.135$^{**}$ |
| Drying methods (D) | 1 | 828.5$^{**}$ | 14696.4$^{**}$ | 530.6$^{**}$ | 59.11$^{**}$ | 111621.4$^{**}$ | 0.780$^{**}$ |
| T*H | 4 | 408.5$^{**}$ | 1921.1$^{**}$ | 129.1$^{**}$ | 4.07$^{**}$ | 40243.2$^{**}$ | 0.090$^{**}$ |
| T*D | 2 | 431.3$^{**}$ | 2341.1$^{**}$ | 479.9$^{**}$ | 6.25$^{**}$ | 18819.3$^{**}$ | 0.124$^{**}$ |
| H*D | 2 | 55.85$^{**}$ | 31.11$^{ns}$ | 110.9$^{**}$ | 0.07$^{ns}$ | 1080$^{ns}$ | 0.006$^{ns}$ |
| T*H*D | 4 | 90.56$^{**}$ | 1290.2$^{**}$ | 149.1$^{**}$ | 4.27$^{**}$ | 12081$^{**}$ | 0.028$^{**}$ |
| Error | 72 | 6.37 | 72.36 | 32.28 | 0.338 | 581.8 | 0.006 |
| C.V (%) | - | 2.52 | 12.36 | 37.05 | 15.44 | 17.86 | 19.96 |

ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns,*,**: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس تأثیر زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن بر برخی صفات بیوشیمیایی بذر باقلا

Table 2. Analysis of variance for the effect of harvesting time, organ harvesting type and drying methods on some biochemical characteristics of broad bean seeds

| S.O.V | df | Mean Squares | |
|---|---|---|---|
| | | Soluble sugar content | Heat Shock Proteins content |
| Harvesting time (T) | 2 | 46639.9$^{**}$ | 165.3$^{**}$ |
| Organ harvesting type (H) | 2 | 849$^{**}$ | 13.55$^{ns}$ |
| Drying methods (D) | 1 | 1927.3$^{**}$ | 0.145$^{ns}$ |
| T*H | 4 | 47.60$^{**}$ | 34.03$^{**}$ |
| T*D | 2 | 145.7$^{**}$ | 40.56$^{**}$ |
| H*D | 2 | 244.9$^{**}$ | 8.33$^{ns}$ |
| T*H*D | 4 | 96.56$^{**}$ | 13.49$^{*}$ |
| Error | 72 | 6.13 | 4.67 |
| C.V (%) | - | 5.02 | 1.70 |

ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns,*,**: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر باقلا

Table 3. Slicing analysis of variance for interaction of organ harvesting type and drying methods at each harvesting time for some germination characteristics of broad bean seed

| Harvesting time | df | Mean Squares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100-seed weight | Germination percentage | Abnormal seedlings | Germination rate | Electrolyte leakage | Seedling vigor index |
| 84 DAS | 5 | 822.3$^{**}$ | 5224$^{**}$ | 310.7$^{**}$ | 17.69$^{**}$ | 82654$^{**}$ | 0.08$^{**}$ |
| 96 DAS | 5 | 214.3$^{**}$ | 3880$^{**}$ | 154.5$^{**}$ | 12.99$^{**}$ | 15626$^{**}$ | 0.252$^{**}$ |
| 108 DAS | 5 | 38.42$^{**}$ | 97.32$^{ns}$ | 141.2$^{**}$ | 0.952$^{*}$ | 1360.3$^{*}$ | 0.025$^{**}$ |

ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns,*,**: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای برخی صفات بیوشیمیایی بذر باقلا

Table 4. Slicing Analysis of variance for interaction of organ harvesting type and drying methods at each harvesting time for some biochemical characteristics of broad bean seeds

| Harvesting time | df | Mean Squares | |
|---|---|---|---|
| | | Soluble sugar content | Heat Shock Proteins content |
| 84 DAS | 5 | 284.7$^{**}$ | 5.54$^{ns}$ |
| 96 DAS | 5 | 626.5$^{**}$ | 45.87$^{**}$ |
| 108 DAS | 5 | 85.42$^{**}$ | 11.60$^{**}$ |

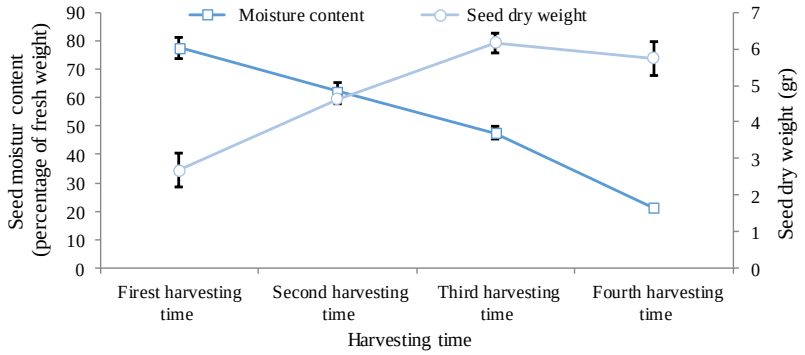
ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns,*,**: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

**وزن صد بذر، وزن خشک و محتوای رطوبت بذر**

نتایج مقایسهٔ میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای وزن صد بذر نشان داد که در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت)، بیشترین وزن صد بذر در تیمار بوتهٔ سایه‌خشک (۷۳/۷۲ گرم) و کمترین آن در بذر آفتاب‌خشک (۳۸/۲۶ گرم) مشاهده شد. در زمان برداشت دوم (۹۶ روز پس از کاشت) نیز وضعیتی به نسبت همسان زمان برداشت اول مشاهده شد، اما بین تیمارهای بوته و غلاف سایه‌خشک و نیز بوتهٔ آفتاب‌خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت) وزن صد بذر به بیشترین میزان خود رسید، در این مرحله الگوی کلی تفاوت تیمارها همسان زمان برداشت دوم بود به‌استثنای اینکه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای غلاف و بذر آفتاب‌خشک و بذر سایه‌خشک مشاهده نشد. در همین زمینه در ماشک نیز گزارش شد گیاهانی که در مرحلهٔ پیش از بلوغ یا رسیدن بذر برداشت و درون غلاف و غلاف متصل به بوته هوا خشک شدند، بذرها به دلیل خشک شدن آهسته درون غلاف، وزن اضافی داشته و در نتیجه قابلیت جوانه‌زنی آن‌ها نیز بهبود یافت (Samarah, 2006). افزایش وزن صد بذر طی رشد و نمو بذر در برخی رقم‌های سویا (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2012)، لوبیا (Eskandari, 2012) و شنبلیله (Vasudevan, 2008) نیز گزارش شده است.

الگوی کلی تغییر محتوای رطوبت بذر در طی رشد و نمو بذر روندی معکوس با وزن خشک نشان داد (شکل ۱). به بیشینه رسیدن وزن خشک بذر در زمان برداشت سوم نشان‌دهندهٔ این موضوع است که رسیدگی وزنی (بلوغ وزنی) در زمان برداشت سوم رخ داد (شکل ۱). افزایش در وزن خشک و وزن صد بذر در فرآیند رشد بذر ناشی از ساخت (سنتز) و تجمع ترکیب‌های ذخیره‌ای در بذر و در پی آن افزایش در وزن بذر است (Aizade-Benab, 2006). در ماشک نیز گزارش شده است که وزن خشک بذر طی رشد و نمو با روندی افزایشی، در مرحلهٔ غلاف زرد متمایل به قهوه‌ای به بیشینهٔ خود رسید و پس‌ازآن، به علت تنفس بذر روی گیاه مادری در اثر تأخیر در برداشت تا حدی کاهش یافت (Samarah, 2006).




شکل ۱. تغییرپذیری محتوای رطوبت و وزن خشک بذر باقلا در زمان‌های مختلف برداشت. خطوط عمودی روی نقاط نشان‌دهندهٔ انحراف استاندارد است.

Figure 1. Changes in the seed moisture content and dry weight of faba bean seeds harvested at different times. Vertical lines on the points indicate the standard error.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای برخی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر باقلا.

Table 5. Mean comparison interaction of organ harvesting type and drying methods at each harvesting time for some germination and biochemical characteristics of faba bean.

| Harvesting time | Organ harvesting type | Drying method | 100-seed weight (gr) | Germination (%) | Abnormal seedlings (%) | Germination rate (Seed.d$^{-1}$) | Seedling vigor index | Electrolyte leakage (µs.cm. gr$^{-1}$ seed) | Soluble sugars content (mg. gr$^{-1}$ fresh weight of embryonic axes) | Heat Shock Proteins Content (mg. gr$^{-1}$ fresh weight of embryonic axis) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 84 DAS | Bush | Shade drying | 73.72$^{a}$ | 89$^{a}$ | 4$^{b}$ | 5.11$^{a}$ | 0.33$^{a}$ | 71.29$^{e}$ | 45.89$^{a}$ | 122.8$^{a}$ |
| | | Sun drying | 55.70$^{b}$ | 34$^{c}$ | 10$^{a}$ | 1.53$^{b}$ | 0.07$^{bc}$ | 206.22$^{d}$ | 34.65$^{b}$ | 125.0$^{a}$ |
| | Pod | Shade drying | 46.68$^{c}$ | 60$^{b}$ | 7a$^{b}$ | 3.11$^{b}$ | 0.14$^{b}$ | 125.80$^{d}$ | 33.64$^{b}$ | 121.7$^{a}$ |
| | | Sun drying | 45.49$^{cd}$ | 20$^{d}$ | 10$^{a}$ | 0.865$^{c}$ | 0.01$^{c}$ | 310.39$^{c}$ | 25.87$^{c}$ | 124.7$^{a}$ |
| | Seed | Shade drying | 42.34$^{d}$ | 19$^{d}$ | 9a$^{b}$ | 0.857$^{c}$ | 0.01$^{c}$ | 350.25$^{b}$ | 31.50$^{b}$ | 124.9$^{a}$ |
| | | Sun drying | 38.26$^{e}$ | 0$^{e}$ | 0$^{c}$ | 0$^{d}$ | 0$^{c}$ | 391.45$^{a}$ | 16.62$^{e}$ | 124.1$^{a}$ |
| 96 DAS | Bush | Shade drying | 100.6$^{a}$ | 96$^{a}$ | 5$^{b}$ | 5.33$^{a}$ | 0.62$^{a}$ | 61.93$^{c}$ | 65.51$^{a}$ | 132.9$^{ab}$ |
| | | Sun drying | 98.4$^{a}$ | 85$^{ab}$ | 13$^{a}$ | 4.25$^{b}$ | 0.39$^{b}$ | 91.36$^{bc}$ | 57.83$^{b}$ | 133.9$^{a}$ |
| | Pod | Shade drying | 100.4$^{a}$ | 95$^{ab}$ | 5$^{b}$ | 5.06$^{a}$ | 0.61$^{a}$ | 69.90$^{c}$ | 63.23$^{ab}$ | 132.9$^{ab}$ |
| | | Sun drying | 82.92$^{c}$ | 68$^{c}$ | 14$^{a}$ | 3.41$^{b}$ | 0.22$^{c}$ | 107.50$^{b}$ | 51.12$^{c}$ | 125.4$^{c}$ |
| | Seed | Shade drying | 96.05$^{b}$ | 84$^{b}$ | 7$^{b}$ | 3.45$^{b}$ | 0.22$^{c}$ | 62.27$^{c}$ | 60.41$^{b}$ | 129.4$^{b}$ |
| | | Sun drying | 83. 34$^{d}$ | 22$^{d}$ | 16$^{a}$ | 0.896$^{b}$ | 0.04$^{d}$ | 208.24$^{a}$ | 26.38$^{d}$ | 125.2$^{c}$ |
| 108 DAS | Bush | Shade drying | 132$^{a}$ | 99$^{a}$ | 3$^{b}$ | 6.14$^{a}$ | 0.79$^{a}$ | 60.39$^{ab}$ | 70.19$^{a}$ | 125.41$^{b}$ |
| | | Sun drying | 128.8$^{a}$ | 94$^{a}$ | 10$^{ab}$ | 5.60a$^{b}$ | 0.73$^{ab}$ | 65.87$^{a}$ | 62.82$^{b}$ | 126.5$^{b}$ |
| | Pod | Shade drying | 129.2$^{a}$ | 96$^{a}$ | 5$^{b}$ | 5.72$^{ab}$ | 0.72$^{ab}$ | 65.29$^{ab}$ | 64.07$^{b}$ | 125.1$^{b}$ |
| | | Sun drying | 124.7$^{b}$ | 86$^{a}$ | 11$^{ab}$ | 5.12$^{b}$ | 0.61$^{b}$ | 72.54$^{a}$ | 61.03$^{b}$ | 126.4$^{b}$ |
| | Seed | Shade drying | 126.3$^{b}$ | 96$^{a}$ | 5$^{b}$ | 5.49$^{ab}$ | 0.76$^{ab}$ | 31.25$^{b}$ | 63.08$^{b}$ | 127.5$^{ab}$ |
| | | Sun drying | 125.3$^{b}$ | 95$^{a}$ | 14$^{a}$ | 4.91$^{b}$ | 0.64$^{b}$ | 78.80$^{a}$ | 53.66$^{c}$ | 130.5$^{a}$ |
| 125 DAS | Conventional harvest | Conventional drying | 127 | 89 | 9 | 5.01 | 0.48 | 101.63 | 459.05 | 126.7 |

مقایسهٔ میانگین با آزمون L.S.Means در سطح احتمال انجام شد و ستون‌های با حرف‌های مشترک در هر زمان برداشت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Mean comparison were conducted by L.S.Means test at the level of 5% probability and columns with common letters are not significantly different at any harvesting time.

**درصد جوانه‌زنی**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای درصد جوانه‌زنی نشان داد، در زمان برداشت اول، به ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در تیمار بوته سایه‌خشک (۸۹ درصد) و بذر آفتاب‌خشک (جوانه‌زنی صفر) مشاهده شد (جدول ۵). در زمان برداشت دوم نیز همین تیمارها وضعیتی همسان زمان برداشت اول نشان دادند، اما درصد جوانه‌زنی در مقایسه با زمان برداشت اول به‌طور شایان‌توجهی افزایش یافت و تیمار بوتهٔ سایه‌خشک با تیمارهای غلاف سایه‌خشک و بوتهٔ آفتاب‌خشک اختلاف معنی‌داری نداشت.

در شرایط خشک‌کردن بذر به‌ویژه برای بذرهای نارس، سرعت خشک‌کردن بذر برای بیان قابلیت جوانه‌زنی پس‌ازآن (کسب تحمل به پسابش) حیاتی است (Kermode & Finch-Savage, 2002). بذرهای برخی از لگوم‌ها در مراحل اولیهٔ رشد و نمو بذر قادر به مقاومت در برابر خشک شدن سریع نیستند (Samarah, 2006) درحالی‌که اگر بذرها در همان مرحله به‌صورت غلاف یا غلاف متصل به بوته برداشت شوند و به‌آرامی خشک شوند (برای مثال در سایه، روی محلول‌های نمکی و..) تحمل به پسابش یا خشک‌کردن مصنوعی را نسبت به بذرهای بدون غلاف دست می‌آورند. آهسته خشک‌کردن بذر ممکن است جوانه‌زنی را به‌ویژه در بذرهای نارس، به علت فعال شدن سازوکارهای حفاظتی از جمله تجمع قندهای محلول مرتبط با تحمل به پسابش (ساکاروز، رافینوز، گالاکتینول، استاکیوز، ورباسکوز)، پروتئین‌های شوک حرارتی و افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسنده بهبود دهد (Blackman *et al*., 1992). در ماشک گزارش شده است که برداشت بوته و غلاف و خشک‌کردن آهستهٔ بذر درون غلاف و در شرایط کنترل‌شده (دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس)، درصد جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری نسبت به نوع برداشت بذر افزایش داد (Samarah, 2005). درواقع، بذرهای موجود در غلاف‌های برداشت‌شده، در فرآیند خشک‌کردن ممکن است تحمل به پسابش را در یک مرحلهٔ نموی زودتر نسبت به بذرهایی که پیش از خشک شدن از غلاف جدا شدند، به دست آورند.

در زمان برداشت سوم بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). درصد جوانه‌زنی نیز در زمان برداشت چهارم (برداشت متداول) نسبت به زمان برداشت سوم تا حدی کاهش یافت (جدول ۵). در همین زمینه، در مورد شنبلیله گزارش شده است، درصد جوانه‌زنی با پیشرفت رشد بذر افزایش یافت و در ۵۱ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی به بیشینهٔ خود رسید، پس‌ازآن در نتیجهٔ تأخیر در برداشت و آغاز فرآیندهای پیری در بذر، کاهش یافت (Vasudevan, 2008).

نتایج کلی این صفت نشان داد، درصد جوانه‌زنی با روندی افزایشی در مرحلهٔ رشد و نمو بذر، در زمان برداشت سوم به بیشینه رسید (جدول ۵). این شاخص با وزن صد بذر نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (r=۰/۸۱**، جدول ۶). لذا به نظر می‌رسد درصد جوانه‌زنی کمتر در بذرهای نابالغ (برداشت اول و دوم) به دلیل ذخایر غذایی کمتر و درنتیجه وزن و اندازهٔ کمتر باشد. دستیابی به بیشترین درصد جوانه‌زنی در مرحلهٔ بلوغ کامل بذر (برداشت سوم) نیز می‌تواند ناشی از به بیشینه رسیدن تجمع ذخایر غذایی در بذر باشد (Alizade-Benab, 2006).

جدول ۶. ضریب همبستگی بین برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذر باقلا

Table 6. Correlation coefficient between seed germination and biochemical characteristics of faba bean

| Characteristic | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100-seed weight (1) | 1 | | | | | | | |
| Germination percentage (2) | 0.81** | 1 | | | | | | |
| Abnormal seedlings (3) | -0.006ns | 0.003ns | 1 | | | | | |
| Germination rate (4) | 0.82** | 0.97** | 0.97** | 1 | | | | |
| Electrolyte leakage (5) | -0.79** | - 0.91** | - 0.88** | - 0.07ns | 1 | | | |
| Seedling vigor index (6) | 0.89** | 0.88** | 0.89** | - 0.14ns | 0.89** | 1 | | |
| Soluble sugars content (7) | 0.88** | 0.94** | -0.21ns | 0.94** | -0.88** | 0.94** | 1 | |
| Heat Shock Proteins content (8) | 0.84** | 0.86** | 0.22ns | 0.72** | -0.75ns | 0.71** | 0.81** | 1 |

**، * و ns: به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، در سطح احتمال ۵ درصد و **بدون** معنی‌داری است.

**, *, ns: Significantly difference at 1 and 5% probability level, and Non-significantly difference, respectively.

**درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی نشان داد، در زمان برداشت اول، درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی در تیمار بوته و غلاف آفتاب‌خشک (۱۰ درصد) بیشتر از دیگر تیمارها بود. تیمار بذر آفتاب‌خشک نیز بدون گیاهچه‌های غیرطبیعی بود چراکه جوانه‌زنی در آن رخ نداد (جدول ۵). در زمان‌های برداشت دوم و سوم نیز بیشترین و کمترین درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی به ترتیب در تیمارهای بذر آفتاب‌خشک و بوتهٔ سایه‌خشک مشاهده شد (جدول ۵). گزارش شده است، خشک‌کردن بذر سویا درون غلاف و غلاف متصل به بوته به‌ویژه در مراحل اولیهٔ بلوغ بذر، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی نسبت به بذر بدون غلاف شد (Samarah *et al.*, 2009). افزایش شمار گیاهچه‌های غیرطبیعی ازجمله مهم‌ترین نشانه‌های آسیب ناشی از خشک‌کردن نامناسب بذر است که علت آن آسیب وارده به یاخته‌های جنین به‌ویژه دیوارهٔ یاخته‌ای در این شرایط است. از سویی خشک‌کردن بذر در آفتاب می‌تواند سبب زوال غشاء یاخته‌ای در نتیجهٔ تابش اشعه‌های زیانبار خورشید مانند فرابنفش به بذر شده و سرانجام کاهش کیفیت بذر را به دنبال داشته باشد. این اثرگذاری‌های زیانبار در مراحل اولیهٔ بلوغ بذر که هنوز غشاء یاخته‌ای به‌خوبی توسعه نیافته‌اند زیانبارتر است (Doijode, 1990).

**سرعت جوانه‌زنی**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای سرعت جوانه‌زنی نیز نشان داد، در زمان برداشت اول، بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۵/۱۱ بذر در روز) در تیمار بوتهٔ سایه‌خشک و کمترین آن در بذر آفتاب‌خشک (جوانه‌زنی صفر) مشاهده شد. در زمان برداشت دوم نیز سرعت جوانه‌زنی وضعیتی تا حدودی همسان زمان برداشت اول نشان داد، اما بین تیمارهای بوته و غلاف سایه‌خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). بهبود ظرفیت‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی ، سرعت جوانه‌زنی و ...) بذرهایی که به‌صورت غلاف یا غلاف متصل به بوته برداشت و درون غلاف خشک شدند نسبت به برداشت بذر می‌تواند به علت سرعت آهسته‌تر از دست رفتن رطوبت از بذر و یا کسب اضافی در وزن خشک باشد. در واقع، ممکن است این بذرها در فرآیند خشک شدن درون غلاف به بلوغ خود ادامه دهند و این وضعیت اجازه می‌دهد تا تغییر محافظتی مرتبط با تحمل به پسابش در دورهٔ خشک شدن بذر رخ دهد (Samarah, 2005). Samarah et al. (2011) و Corbineau et al. (2000) در نتایج بررسی‌های خود به ترتیب در گندم و نخودفرنگی تأکید کردند، آهسته خشک‌کردن بذرهای درون غلاف و سنبله، ظرفیت‌های جوانه‌زنی را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. بااین‌حال آسیب و زیان ناشی از اشعهٔ فرابنفش به ساختارهای ضروری بذر به‌ویژه یاخته‌های جنینی در روش آفتاب خشک (Doijode, 1990) نیز در کاهش قابلیت جوانه‌زنی تیمارهای آفتاب خشک به‌ویژه در نوع اندام برداشت بذر و نیز بذرهای نارس مؤثر است.

سرعت جوانه‌زنی با روندی افزایشی در مرحلهٔ رشد و نمو بذر، در زمان برداشت سوم به بیشینهٔ خود رسید. در این مرحله تیمار بذر آفتاب‌خشک نیز کمترین میزان (۴/۹۱ بذر در روز) را به خود اختصاص داد (جدول۵). افزایش سرعت جوانه‌زنی با پیشرفت رشد بذر نیز در شنبلیله نیز گزارش شده است (Vasudevan, 2008). به نظر می‌رسد که از دلایل احتمالی افزایش سرعت جوانه‌زنی در مرحلهٔ رشد و نمو بذر، افزایش تجمع ذخایر غذایی و بهبود کیفیت فیزیولوژیکی (تجمع سیتوکنین کافی) بذر باشد (Elias & Copeland, 2001). همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن صد بذر با سرعت جوانه‌زنی ($r=۰/۸۲^{**}$، جدول ۶) نیز می‌تواند توجیه‌کنندهٔ این مطلب باشد.

**شاخص بنیهٔ گیاهچه (وزنی)**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای شاخص بنیهٔ گیاهچه (وزنی) نشان داد، در زمان

برداشت اول، تیمار بوتهٔ سایه‌خشک و بذر آفتاب‌خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص بنیهٔ گیاهچه را به خود اختصاص دادند. در زمان برداشت دوم نیز شاخص بینهٔ گیاهچه (وزنی) نسبت به زمان برداشت اول و به‌ویژه در تیمارهای سایه‌خشک به‌طور شایان‌توجهی افزایش یافت. بااین‌حال کمترین میزان نیز در تیمار بذر آفتاب‌خشک مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا در سویا نیز گزارش شد که در مراحل اولیهٔ بلوغ بذر، بیشترین توان بذر در بذرهای خشک‌شده در غلاف و کمترین در بذرهای جداشده از غلاف مشاهده شد (Ennen, 2011). در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت) نیز شاخص بنیهٔ گیاهچه به بیشترین میزان خود رسید و بیشترین میزان در تیمار بوتهٔ سایه‌خشک مشاهده شد (جدول ۵). افزایش شاخص بنیهٔ گیاهچه در مرحلهٔ رشد بذر و کاهش آن در اثر تأخیر در برداشت در لوبیا (Samarah *et al*., 2009) و عدس (Khatun *et al*., 2009) نیز گزارش شده است.

**نشت الکترولیت‌ها**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برش‌دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن در هر زمان برداشت برای نشت الکترولیت‌ها نشان داد، در زمان برداشت اول، بیشترین و کمترین میزان به ترتیب در تیمار بذر آفتاب‌خشک (۳۹۱/۴۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر) و بوتهٔ سایه‌خشک (۷۱/۲۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر) مشاهده شد (جدول ۳). در زمان برداشت دوم نیز تیمارهای بذر آفتاب‌خشک و بوتهٔ سایه‌خشک الگویی همسان برداشت اول نشان دادند و نشت الکترولیت‌ها به‌ویژه در تیمارهای آفتاب‌خشک به‌طور شایان‌توجهی کاهش یافت به‌طوری بین تیمارهای سایه‌خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در زمان برداشت سوم نیز بیشترین میزان در بذر آفتاب‌خشک (۷۸/۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر) و کمترین میزان را تیمار بذر سایه‌خشک (۳۱/۳۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم بذر) به خود اختصاص داد (جدول۵).

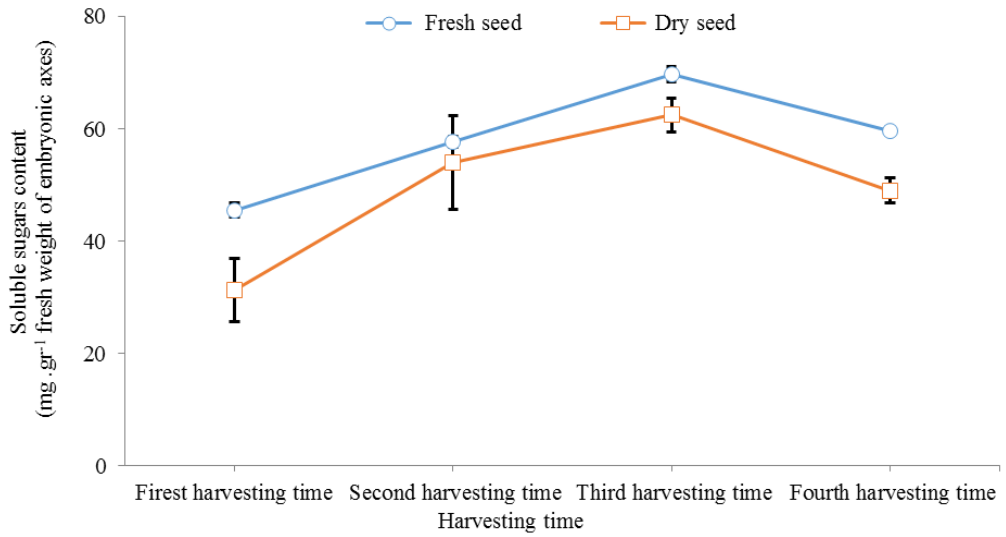
دلیل عمدهٔ بالا بودن نشت الکترولیت‌ها در زمان برداشت اول ممکن است نداشتن توسعه و تکمیل ساختارهای ضروری بذر و بافت‌های غشاء باشد (Tekrony & Hunter, 1995) که در این شرایط ممکن است به دلیل آسیب دیدن غشاء در نتیجهٔ خشک شدن سریع در روش آفتاب‌خشک نیز افزایش یابد. بااین‌حال، از دست رفتن تدریجی آب ممکن است به ایجاد تغییر محافظتی اجازه دهد و بنابراین مقاومت بذرها در برابر شکستن غشای یاخته‌ای توسط آبگیری بذر را افزایش دهد. خشک‌کردن سریع ممکن است بذرها را نسبت به آسیب و زیان آبنوشی مستعد سازد به‌طوری‌که با افزایش نشت الکترولیت‌ها نمایان شده، که خود نشانه‌ای از شکستن غشای یاخته‌ای است (Kermode & Finch-Savage, 2002). در سویا گزارش شده است که در مراحل اولیهٔ بلوغ بذر، کمترین میزان نشت الکترولیت‌ها در بذرهای خشک‌شده درون غلاف متصل به بوته و بیشترین در بذر بدون غلاف مشاهده شد اما در بذرهای بدون غلاف در مرحلهٔ بلوغ کامل به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (Ennen, 2011). نشت الکترولیت‌ها در مرحلهٔ بالغ شدن بذر با روندی کاهشی در زمان برداشت سوم به کمینهٔ خود رسید، سپس در زمان برداشت چهارم دوباره تا حدی افزایش یافت (جدول ۵). کاهش نشت الکترولیت‌ها در مرحلهٔ رشد بذر و افزایش آن در اثر تأخیر در برداشت در لوبیا (Eskandari, 2012) و ذرت (Dayal *et al*., 2014) گزارش شده است.

**قندهای محلول**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای مختلف برای قندهای محلول نشان داد، در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت)، بیشترین محتوای قندهای محلول در تیمار بوتهٔ سایه‌خشک (۴۴/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر محور جنینی) و کمترین در بذر آفتاب‌خشک (۱۶/۶۲) مشاهده شد. در زمان برداشت دوم (۹۶ روز پس از کاشت) نیز تیمارها از لحاظ آماری الگوی تفاوتی همسان الگوی خود در برداشت اول را نشان دادند به‌استثنای اینکه در این مرحله محتوای قندهای محلول به‌طور قابل‌توجهی

افزایش یافت. در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت) نیز تیمارهای بوتهٔ سایه‌خشک و بذر آفتاب‌خشک به ترتیب با بیشترین (۷۰/۱۹) و کمترین میزان (۵۳/۶۶) با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۵). محتوای قندهای محلول در مرحلهٔ رشد و نمو در بذرهای خشک (خشک‌شده در سایه و آفتاب) و تازه (پسابش طبیعی بذر روی گیاه مادری) با روندی افزایشی، در زمان برداشت سوم به بیشترین میزان خود رسید و پس‌از آن در برداشت چهارم کاهش یافت (شکل ۲). بیشتر بودن قندهای محلول در بذرهای تازه نسبت به بذرهای خشک ممکن است در نتیجهٔ تفاوت در سرعت خشک شدن بذر و نیز تبدیل قندها از نوعی به نوع دیگر باشد (Lehner *et al.*, 2006).

بیشتر بودن محتوای قندهای محلول در نوع اندام برداشت بوته و غلاف نسبت به بذر و روش سایه‌خشک نسبت به آفتاب‌خشک ممکن است ناشی از سرعت آهسته‌تر خشک‌کردن بذر در این شرایط باشد که سبب تجمع بیشتر قندهای محلول و در نتیجهٔ توسعه بیشتر تحمل به پسابش و جوانه‌زنی در بذر می‌شود (Corbineau *et al.*, 2000). اطلاعات به‌دست‌آمده از جنین‌های نابالغ گندم (Black *et al.*, 1999) و نخودفرنگی (Corbineau *et al.*, 2000) نشان داد، زیست‌ساخت (بیوسنتز) الیگوساکاریدهای مرتبط با تحمل به پسابش (ساکاروز، رافینوز، گالاکتینول، استاکیوز، ورباسکوز) توسط سرعت از دست رفتن آب از بذر تنظیم می‌شود، هرچه این سرعت آهسته‌تر باشد، میزان الیگوساکاریدهای ساخت‌شده در محور جنینی بذر افزایش و به‌نوبهٔ آن تحمل به پسابش و سرانجام قابلیت جوانه‌زنی و توان بذر نیز افزایش می‌یابد. تجمع این قندها احتمال دارد ناشی از افزایش در فعالیت آنزیم‌های گالاکتینول سنتاز، رافینوز سنتاز و استاکیوز سنتاز و... باشد. از دست رفتن آهستهٔ آب از بذر برای انجام این واکنش‌های آنزیمی مطلوب باشد (Corbineau *et al.*, 2000). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای قندهای محلول با اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی ازجمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیهٔ گیاهچهٔ وزنی ($r=۰/۹۴^{**}$، جدول ۶) نیز موئد نقش قندهای محلول در ارتقاء جوانه‌زنی است. Samarah *et al.* (2011) در گندم، Lehner *et al.* (2006) در گندم دوروم و Corbineau *et al.* (2000) در نخودفرنگی نیز به ترتیب با آهسته خشک‌کردن بذرهای درون سنبله و غلاف، القاء تحمل به پسابش را گزارش کردند.



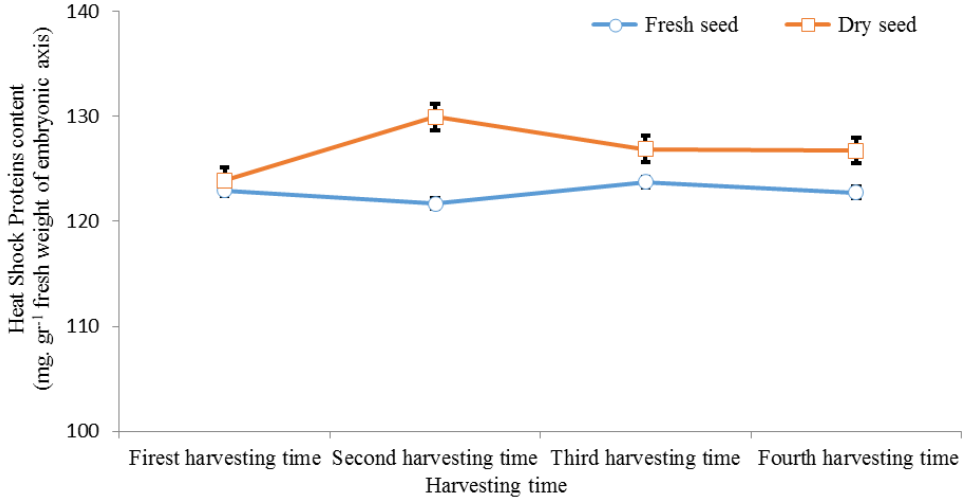

شکل ۲. تغییرپذیری‌ها در محتوای قندهای محلول در بذر تازه و خشک در مرحلهٔ رشد و نمو بذر باقلا. خطوط عمودی روی نقاط نشان‌دهندهٔ اشتباه استاندارد است.

Figure 2. Change in the soluble sugars content of fresh and dried seeds of faba bean seeds during development. Vertical lines on the points indicate the standard error.

**پروتئین‌های شوک حرارتی**

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک‌کردن برای محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی نشان داد که در زمان برداشت اول، محتوای پروتئین شوک حرارتی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد. در زمان برداشت دوم بیشترین میزان این پروتئین‌ها در تیمار بوتهٔ آفتاب‌خشک مشاهده شد (۱۳۳/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر محور جنینی) که با تیمارهای بوته و غلاف سایه‌خشک تفاوت معنی‌داری نداشت. در مقابل کمترین آن در بذر آفتاب خشک (۱۲۵/۲) مشاهده شد. در زمان برداشت سوم نیز بیشترین میزان در تیمار بذر آفتاب‌خشک (۱۳۰/۵) مشاهده شد که تنها با تیمار بذر سایه‌خشک تفاوت معنی‌داری نداشت. در زمان برداشت چهارم نیز تغییر شایان‌توجهی در محتوای این پروتئین‌ها نسبت به برداشت سوم مشاهده نشد (جدول ۵).

محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در مرحلهٔ رشدونمو در بذرهای تازه و خشک تغییر شایان‌توجهی نشان نداد بااین‌حال این میزان در بذرهای خشک کمی بیشتر از بذرهای تازه بود (شکل۳). در گندم نیز گزارش شده است، پروتئین‌های بلوغ (از نوع دهیدرین‌ها) به‌طور شایان توجهی در بذرهای تازه جداشده از بوتهٔ مادری و بذرهای خشک‌شده به‌صورت مصنوعی تجمع یافتند و میزان این پروتئین‌ها تحت تأثیر سرعت خشک‌کردن قرار گرفت به‌طوری‌که در بذرهای خشک‌شده میزان آن‌ها افزایش یافت (Spano *et al.*, 2011). به‌رغم تفاوت شایان‌توجه در محتوای قندهای محلول بین تیمارها به‌ویژه در مراحل اولیهٔ بلوغ بذر، پروتئین‌های شوک حرارتی در همهٔ تیمارها تا حدودی در میزانی همسان تجمع یافتند. Blackman *et al.* (1992) نیز در بررسی تجمع پروتئین‌های بلوغ و قندها در تحمل به پسابش در حال نمو سویا بیان داشتند برخلاف اینکه بیشترین محتوای قندهای محلول (استاکیوز) و نیز جوانه‌زنی در تیمارهای آهسته خشک‌کردن رخ داد و بذرهای خشک‌شده در رطوبت نسبی بالا (شاهد) تا حدودی بدون جوانه‌زنی بودند اما محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در مرحلهٔ رشد و نمو تغییر شایان‌توجهی نکرد و در هر دو تیمار خشک‌کردن به یک میزان در بذر تجمع یافتند. از نظر این محققان سطح بالایی از پروتئین‌های شوک حرارتی به‌تنهایی برای شرکت در کسب تحمل به پسابش کافی نیست اما این به این معنی نیست که پروتئین‌های شوک حرارتی هیچ نقشی در کسب تحمل به پسابش ندارند بلکه در کنار آن‌ها سطح بالایی از قندهای محلول (الیگوساکاریدها) نیز باید تجمع یابد.




شکل ۳. تغییرپذیری‌ها در محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در بذر تازه و خشک در مرحلهٔ رشد و نمو بذر باقلا. خطوط عمودی روی نقاط نشان‌دهندهٔ اشتباه استاندارد است.

Figure 3. Change in the Heat Shock Proteins content of fresh and dried seeds faba bean seeds during development. Vertical lines on the points indicate the standard error.

**نتیجه‌گیری کلی**

نتایج این پژوهش نشان داد، شاخص‌های وزن خشک بذر، محتوای قندهای محلول بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و همچنین شاخص بنیهٔ بذر باقلا در مرحلهٔ رشد و نمو با روندی افزایشی تا مرحلهٔ سوم افزایش یافت و در مرحلهٔ برداشت چهارم آغاز به کاهش نمود. بنابراین فرضیهٔ هارینگتون مبنی بر تقارن زمان بیشینه وزن خشک با بیشینه کیفیت بذر در تحقیق ما تأیید می‌شود. روند تغییرپذیری صفات درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی و نشت الکترولیت‌ها نیز مؤید این موضوع است. همچنین کیفیت بذر در روش سایه‌خشک بیشتر از آفتاب‌خشک؛ و در نوع اندام برداشت بوته بیشتر از غلاف و غلاف بیشتر از بذر بود. نتایج کلی پژوهش مؤید نقش قندهای محلول در گسترش تحمل به پسابش و ارتقاء قابلیت‌های جوانه‌زنی بذرهای باقلا بوده و به‌عنوان شاخص ارزیابی کیفیت بیوشیمیایی بذرهای برداشت‌شده مورد پیشنهاد مؤکد هستند.

## REFERENCES


1. Aizade-Benab, G., Tobeh, A., Ghassemi-Golezani, K., Sadegzadeh Hemayati, S. & Ebadi khazine, A. (2006). Investigation of different sowing and harvesting dates effect on yield and quality of monogerm sugar beet seed. *Journal of Pajouhesh va Sazandagi (in Agronomy and Horticulture)*, 2(3), 33-42. (in Farsi)
2. Bailly, C., Audigier, C., Ladonne, F., Wangner, M. H., Coste, F., Corbineau, F. & Come, D. (2001). Changes in oligosaccharide content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to acquisition of drying tolerance and seed quality. *Journal of Experimental Botany*, 52 (357), 701- 708.
3. Black, M., Corbineau, F., Gee, H. & Come, D. (1999). Water content, raffinose and dehydrins in the induction of desiccation tolerance in immature wheat embryos. *Plant Physiology*, 120, 463-471.
4. Blackman, S. A., Obendorf, R. L. & Leopold, A. C. (1992). Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. *Plant Physiology*, 100, 225-230.
5. Blackman, S. A., Wettlaufer, S. H., Obendorf, R. L. & Leopold, A. C. (1991). Maturation proteins associated with desiccation tolerance in soybean. *Plant Physiology*, 96, 868-874.
6. Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-25.
7. Corbineau, F., Picard, M. A., Fougereux, J. A., Ladonne, F. & Come, D. (2000). Effects of dehydration conditions on desiccation tolerance of developing pea seeds as related to oligosaccharide content and cell membrane properties. *Seed Science Research*, 10, 329-339.
8. Dayal, A., Rangare, N. R., Kumar, A. & Kumari, M. (2014). Effect of physiological maturity on seed quality of maize (*Zea mays*.L.). *Forage Research*, 40(1), 1-6
9. Doijode, S. D. (1990). Germinability and longevity of onion seeds under different drying methods. *Journal of Progressive Horticulture*, 22(4), 117-120.
10. Elias, S. G & Copeland, L. O. (2001). Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. *Agronomy Journal*, 93(5), 1054-1058.
11. Ellis, R. A. & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
12. Ennen, R. D. (2011). *Earlier harvest and drying of soybean seed within intact pods maintains seed quality*. Graduate Thesis and Dissertations. Iowa State University, University
13. Eskandari, H. (2012). Seed quality changes in cowpea (*Vigna sinensis*) during seed development and maturation. *Seed Science and Technology*, 40(1), 108-112.
14. Ghasemi-Golezani, K. & Mazloomi-Oskooyi, R. (2008). Effect of water supply on seed quality development in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *International Journal of Plant Production*, 2, 117-124.
15. Ghassemi-Golezani, K., Lotfi, R. & Norouzi, M. (2012). Seed quality of soybean cultivars affected by pod position and water steress at reproductive stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(2), 119-125.
16. Ghassemi-Golezani, K., Tajbakhsh, Z. & Raey, Y. (2011). Seed development and quality in maize cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 178-182.
17. Gurusamy, C. & Thiagarajan, C. P. (1998). The pattern of seed development and maturation in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. BGotrytis). *Phyton; Annales rei Botanicae*, 38, 295-268.
18. Harington, J. F. (1972). *Seed storage and longevity*. In: Kozlowski T. T. (Ed.), Seed Biology, Academic. Press, New York. Pp. 145-245.

19. He, Y. & Huang, B. (2007). Protein change during heat stress in three Kentucky bluegrass cultivars differing in heat tolerance. *Crop Science*, 47, 2513-2520.
20. Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. & Sanchesdiaze, M. (1992). Water stress induce changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. *Physiologia Plantarum*, 84, 55-60.
21. ISTA. (2010). *International rules for Seed Testing*. Published by the international seed testing Association.
22. Kermode, A. R. & Finch-Savage, B. E. (2002). Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: M. Black. & H. W. Pritcharded (Ed), *Desiccation and survival in plants: drying without dying*. (pp. 149-184.). Wallingford.
23. Khatun, A., Kabir, G. & Bhuiyan, M. A. H. (2009). Effect of harvesting stage on time seed quality of lentil (*Lens culinaris* L.) during storage. Bangladesh. *Journal of Agriculture Research*, 34(4), 565-576.
24. Lehner, A., Bailly, C., Flechel, B., Poels, P., Come, D. & Corbineau, F. (2006). Changes in wheat seed germination ability, soluble carbohydrate and antioxidant enzyme activities in the embryo during the desiccation phase of maturation. *Journal of Cereal Science*, 43, 175-182.
25. Obendorf, R. L. (1997). Oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seed desiccation tolerance. *Seed Science Research*, 7, 63-74.
26. Pelham, H. R. B. (1986). Speculations on the functions of the major heat shock and glucose regulated proteins. *Plant Cell Physiology*, 46, 959-961.
27. Reddy, Y. T. N. & Khan, M. M. (2001). Effect of osmopriming on germination, seedling growth and vigour of khirni (*Mimusops hexandra*) seeds. *Seed Research*, 29(1), 24-27.
28. Sabaghpour, S. (1995). The effect of plant density on broad bean yield. *Journal of Seed and Plant*, 11(4), 9-13. (in Farsi)
29. Samarah, N. H. (2005). Effect of drying methods on germination and dormancy of common vetch (*Vicia sativa* L.) seed harvested at different maturity stages. *Seed Science and Technology*, 33(3), 733-740.
30. Samarah, N. H. (2006). Effect of air-drying immature seeds in harvested pods on seed quality of common vetch (*Vicia sativa* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 49, 331-339.
31. Samarah, N. H., Al-Mahasneh, M. M., Ghosheh, H. Z., Alqudah, A. M. & Turk, M. (2011). The influence of drying methods on the acquisition of seed desiccation tolerance and the maintenance of vigour in wheat (*Triticum durum*). *Seed Science and Technology*, 38, 193-208.
32. Samarah, N. H., Mullen, R. E., Goggi, S. & Gaul, A. (2009). Effect of drying treatment and temperature on soybean seed quality during maturation. *Seed Science and Technology*, 37, 469-473.
33. Sanhewe, A. J. & Ellis, R. H. (1996). Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris*: Ability to germinate and to tolerate desiccation. *Journal of Experimental Botany*, 47, 949-958.
34. Spano, C., Bottega, S., Grilli, I. & Lorenzi, R. (2011). Responses to desiccation injury in developing wheat embryos from naturally- and artificially-dried grains. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49, 363-367.
35. Tekrony, D. M. & Hunter, J. L. (1995). Effect of seed maturation and genotype on seed vigour in maize. *Crop Science*, 35, 857-862.
36. Tekrony, D. M., Egli, D., Balles, D. B., Stuky, J. & Tomas, L. (1984). Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and *Phomopsis* sp. Seed infection. *Crop Science*, 14, 189-193.
37. Vasudevan, S. N., Sudarshan, J. S., Kurdikeri, M. B. & Dharmatti, P. R. (2008). Influence of harvesting stages on seed yield and quality in Fenugreek. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 122-124.
38. Wehmeyer, N. & Vierling, E. (2000). The expression of small heat shock proteins in seeds responds to discrete developmental signals and suggests a general protective role in desiccation tolerance. *Plant Physiology*, 122(4), 1099-1108.