

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

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

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر زمان برداشت و روش خشک کردن بر کیفیت بذر باقلا، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ به صورت 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 خشک کردن (سایه خشک و آفتاب خشک) بودند. یک زمان برداشت نیز در ۱۲۵ روز پس از کاشت و به روش متداول کشاورزان منطقه انجام شد. نتایج نشان داد، در برداشت اول، بیشترین و کمترین وزن صد بذر، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه گیاهچه و محتوای قندهای محلول به ترتیب در تیمار بوته سایه خشک و بذر آفتاب خشک مشاهده شد. در برداشت دوم نیز وضعیتی همسان مشاهده شد، اما مقادیر این صفات به طور شایان توجهی افزایش یافتند. در برداشت سوم میزان این صفات به بیشترین میزان خود رسید و تیمار بوته سایه خشک نسبت به دیگر تیمارها به طور معنی داری 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 جوانه زنی بذرهای باقلا بوده و به عنوان شاخص ارزیابی کیفیت بیوشیمیایی بذر این گیاه پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: باقلا، بلوغ بذر، روش خشک کردن، 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<sup>1</sup>, Ali Moradi<sup>2\*</sup> and Mohsen Movahhedi Dehnavi<sup>2</sup>

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. به عنوان یکی از حبوبات مهم زمستانه و یک منبع غنی از پروتئین برای مصرف انسان و دام به شمار می رود (Sabaghpour, 1996). بذرها این گیاه به صورت نارس یا خشک مصرف می شوند. این گیاه همسان با اغلب گیاهان خانواده بقولات عادت رشدی نامحدود دارد و بذرها با کیفیت فیزیولوژیکی متفاوت برداشت می شوند. یکی از مسائل اساسی در تولید بذر این گیاهان، کیفیت مناسب و توان رویش آن است که می تواند تحت تأثیر زمان برداشت قرار گیرد (Sanhewe & Ellis, 1996). تأخیر در برداشت باعث کاهش درصد و سرعت جوانه زنی، بنیه و افزایش نشت مواد از بذر به دلیل فرسودگی ناشی از تخریب ساختار غشای یاخته ای می شود (Gurusamy & Thiagarajan, 1998). از سویی برداشت زود هنگام نیز سبب کاهش شاخص های جوانه زنی، افزایش نشت مواد و کامل نشدن اندوخته غذایی بذرها به دلیل نارس بودن بذر می شود (Ghasemi-Golezani & Mazloomi, 2008). (Oskooyi, 2008).

بر پایه فرضیه هارینگتون، بیشترین کیفیت بذر در پایان مرحله پر شدن بذر به دست می آید و پس از آن در نتیجه تأخیر در برداشت و آغاز فرآیندهای پیری بذر روی گیاه مادری، کاهش می یابد (Harrington, 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 پس از این مرحله به دست می آید (Ghasemi-Golezani & Mazloomi-Oskooyi, 2008; Lehner et al., 2006; Sanhewe & Ellis, 1996). بررسی کیفیت بذر لوبیا چشم بلبلی در فرآیند مرحله های مختلف بلوغ نشان داد، بیشترین کیفیت بذر در مرحله 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 مرحله رشد و نمو نشان داد، بیشترین کیفیت بذر در پایان فاز پر شدن بذر به

دست آمد (Ghassemi-Golezani et al., 2011). از سویی روش های مختلف خشک کردن بذر و همچنین نوع اندام برداشت نیز می تواند ظرفیت جوانه زنی بذر را به ویژه در مرحله پیش از بلوغ یا رسیدن تحت تأثیر قرار دهد. در این شرایط، قابلیت جوانه زنی به مرحله رشد و نمو و سرعت خشک شدن وابسته است (Samarah, 2005). در پژوهشی روی ماشک مشاهده شد که بذرها خشک شده درون غلاف در یک مرحله نموی زودتر، بیشترین ظرفیت جوانه زنی را نسبت به بذرها خشک شده بدون غلاف به دست آوردند و بالاترین درصد جوانه زنی و توان بذر در بذرها خشک شده درون غلاف و غلاف متصل به بوته نسبت به بذر جدا شده از غلاف مشاهده شد (Samarah, 2006).

کسب قابلیت جوانه زنی یا به عبارتی تحمل به پسابش، در مرحله رشد و نمو بذرها با فرآیندهای بیوشیمیایی چندی از جمله تجمع قندهای محلول (به طور عمده از نوع الیگوساکاریدها)، پروتئین های تکانه (شوگ) گرمایی و افزایش فعالیت آنزیم های پاداکسیدان (آنتی اکسیدان) همراه است که رخداد این فرآیندها منجر به کسب تحمل به پسابش و در نتیجه بهبود کیفیت بذر می شوند (Obendorf, 1997). Bailly et al. (2001) در بررسی تغییر پذیری محتوای قندهای محلول و فعالیت برخی آنزیم های پاداکسنده در مرحله رشد و نمو در بذرها لوبیا گزارش کردند که کسب قابلیت جوانه زنی (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. پروتئین های شوگ حرارتی در شرایط تنش در یاخته بیان می شوند و نقش آن ها جلوگیری از تغییر شکل فضایی (کونفورماسیون) پروتئین ها تحت عامل های تنش، ترمیم پروتئین های واسرشته (دنا توره) شده، تسریع تاخوردگی پروتئین ها، تخریب پروتئین های بدتاخوردده، مکان یابی و سرهم بندی آن ها است (Pelham, 1986). Wehmeyer & Vierling (2000) با بررسی پروتئین های بلوغ (از نوع شوگ حرارتی) در علف تال (آرابیدوپسیس) در مرحله بلوغ

قطعه‌های ۱۰۰ مترمربعی از مزرعه انتخاب شده و برداشت به صورت دستی انجام شد. زمان برداشت‌های اول، دوم و سوم به ترتیب منطبق با سه مرحله نمودی "مرحله نصف اندازه نهایی بذرها" (MS)<sup>۱</sup>، "مرحله اندازه کامل بذر" (FS)<sup>۲</sup> و "مرحله غلاف سبز متمایل به زرد" (GY)<sup>۳</sup> بود. یک زمان برداشت نیز در ۱۲۵ روز پس از کاشت و هماهنگ با مرحله نمودی "غلاف زرد متمایل به قهوه‌ای" (YB)<sup>۴</sup> به روش متداول کشاورزان منطقه (کف برکردن بوته‌ها و آفتاب خشک در مزرعه) به عنوان شاهد انجام شد، اما به دلیل نامتعادل شدن طرح آماری، داده‌های این مرحله در تجزیه آماری استفاده نشد.

به منظور اجرای تیمار نوع اندام برداشت و روش خشک کردن به این صورت عمل شد: برای نوع برداشت "بذر جدا شده از غلاف"<sup>۵</sup>، با آغاز برداشت از یک قطعه ۱۰۰ مترمربعی، به شمار ۲۰۰۰ بذر (به میزان دو سطح خشک کردن)، همه غلاف‌های حاوی بذر از بوته‌های در حال نمو برداشت شده و بذر به صورت دستی از آن‌ها جدا شد. سپس به صورت تصادفی به دو قسمت؛ ۱۰۰۰ بذر برای خشک کردن در سایه (دمای اتاق) (تیمار سایه خشک) و ۱۰۰۰ بذر برای خشک کردن در آفتاب (تیمار آفتاب خشک) تقسیم شدند. برای نوع اندام برداشت "بذر متصل به غلاف"<sup>۶</sup> نیز به همین شمار بذر، غلاف‌های حاوی بذر از بوته‌های در حال نمو برداشت و پس از آن خشک شدند. همچنین برای نوع اندام برداشت "غلاف متصل به بوته"<sup>۷</sup> نیز بوته‌های در حال نمو که حاوی غلاف بوده، کف بر و پس از آن خشک شدند. پس از رسیدن محتوای رطوبت به زیر ۱۰ درصد، بذر از بستر خشک شدن برداشته شده، بسته بندی شده و در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. محتوای رطوبت بذر در هر زمان برداشت بنا بر روش اتحادیه

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

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

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت 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 بوته کامل و عامل سوم روش خشک کردن به دو روش سایه خشک و آفتاب خشک بودند.

بذرهای مورد استفاده از یک مزرعه کشاورزی واقع در منطقه شوشتر در سال ۱۳۹۳ تهیه شدند. کاشت بذر رقم مورد نظر در دی ماه ۱۳۹۲ در قطعه زمینی به مساحت ۳۰۰۰ مترمربع با شرایطی یکسان و یکنواخت انجام شد. پس از عملیات آماده سازی و تسطیح زمین و ایجاد جوی پشته، بذر به روش مکانیزه و در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی متر کشت شدند. بر پایه توصیه‌های بهینه کاربرد کودهای شیمیایی، از دو کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه و ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره (نصف آن به صورت پایه و بقیه آن به صورت سرک در مرحله ۶-۴ برگی) استفاده شد. آبیاری با توجه به نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه به طور معمول انجام شد. علف‌های هرز نیز در مرحله رشد گیاه به صورت وجین دستی کنترل شدند. در نهایت با توجه به سطوح عامل زمان برداشت

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

Ni = بذره‌های جوانه‌زده در روز  $\bar{m}$  و  $D_i$  = روز پس از آغاز جوانه‌زنی  
(Reddy & Khan, 2001) (۵)

= شاخص بنیة گیاهچه (وزنی)  
۱۰۰ / (درصد جوانه‌زنی استاندارد  $\times$  میانگین وزن خشک گیاهچه (گرم))

برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها، چهار تکرار ده بذری از هر تیمار با ترازوی با دقت  $0.001$  گرم وزن شده و درون لیوان‌های پلاستیکی یکبار مصرف حاوی  $100$  میلی‌لیتر آب مقطر به مدت  $24$  ساعت در دمای  $25$  درجه سلسیوس قرار داده شدند. هدایت الکتریکی محلول با دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری و نشت الکترولیت‌ها از رابطه (۶) محاسبه شد.  
(ISTA, 2010) (۶) = نشت الکترولیت‌ها

(میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم وزن بذری)  
وزن بذری (گرم) / (هدایت الکتریکی آب مقطر - هدایت الکتریکی محلول حاوی بذری)

برای اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول و پروتئین‌های شوک حرارتی از بذره‌های تازه برداشت‌شده و خشک استفاده شد. بدین منظور برای بذره‌های تازه برداشت‌شده در هر مرحله برداشت شمار صد عدد بذری تازه برداشت شد و بی‌درنگ درون کیسه‌های ضد رطوبت بسته‌بندی و تا زمان اندازه‌گیری در دمای  $40$ - درجه سلسیوس نگهداری شدند (Lehner et al., 2006).

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول بذری آغاز استخراج عصاره الکلی از روش Irigoyen et al. (1992)، با وزن کردن  $0.25$  گرم از محوره‌های جنینی بذره‌های آبنوشی شده، در سه تکرار انجام شد. آنگاه با استفاده از معرف آنترون و اسید سولفوریک  $72$  درصد، جذب نمونه‌ها در طول موج  $625$  نانومتر خوانده و میزان قندهای محلول با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. به‌منظور ترسیم منحنی استاندارد، غلظت‌های  $500$ ،  $1000$ ،  $1500$  و  $2000$  میلی‌گرم در لیتر از گلوکز تهیه و همه مراحل 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.

بین‌المللی آزمون بذری (ISTA, 2010) با استفاده از رابطه (۱) و بر پایه وزن تر تعیین شد.

(۱) = درصد رطوبت بذری  
 $[(M2-M3)/(M2-M1)] \times 100$

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

وزن خشک بذری در هر مرحله از بذره‌های تازه برداشت‌شده که درون آن دمای  $130$  درجه سلسیوس به مدت دو ساعت (ISTA, 2010) خشک‌شده بودند به دست آمد. در پایان مرحله خشک شدن بذرها وزن صد بذری هر تیمار نیز با استفاده از پنج تکرار صد بذری محاسبه شد. لازم به یادآوری است که خشک‌کردن بذرها در سایه در دمای اتاق ( $25 \pm 3$ ) و در آفتاب در فضای آزاد انجام شد. در نهایت 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  $25$  درجه سلسیوس به مدت ده روز انجام شد. شمارش روزانه جوانه‌زنی انجام و ثبت شد. ملاک جوانه‌زنی نیز خروج  $2$  میلی‌متر ریشه‌چه بود. در پایان آزمایش، از هر ظرف، شمار ده گیاهچه به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از آن وزن خشک آن‌ها (پس از خشک‌کردن در آن با دمای  $80$  درجه سلسیوس (Khatun et al., 2009) اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی (رابطه ۲) و درصد گیاهچه غیرطبیعی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شدند. همچنین سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۴)، شاخص بنیة گیاهچه (وزنی) (رابطه ۵) و نشت الکترولیت‌ها از بذری (رابطه ۶) نیز اندازه‌گیری شدند.

(۲)  $GP = (N/NT) \times 100$  (درصد جوانه‌زنی کل)  
 $N$  = شمار بذره‌های جوانه‌زده و  $NT$  = شمار کل بذره‌های موجود در هر تکرار.

(۳) (ISTA, 2010): = درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی

$(N / \text{شمار گیاهچه‌های غیرطبیعی}) \times 100$

(Ellis & Roberts, 1981) (۴)

$GR = \sum(N_i/D_i)$

انجام شد و مقایسه میانگین برهمکنشها با استفاده از گزینه میانگینهای کمترین مربعات [L.S.Means] در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس برهمکنش زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک کردن برای همه صفات مرتبط با جوانه زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار 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 معنی دار شد (جدول ۲).

تجزیه واریانس برشدهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت) برای اغلب صفات مورد ارزیابی به استثنای محتوای پروتئینهای شوک حرارتی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. در زمان برداشت دوم (۹۶ روز پس از کاشت) نیز برای همه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد این در حالی بود که در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت)، برای صفات درصد گیاهچه های غیرطبیعی، شاخص بنیه گیاهچه (وزنی) و محتوای پروتئینهای شوک حرارتی در سطح احتمال ۱ درصد، برای سرعت جوانه زنی و نشت الکترولیتها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار و برای درصد جوانه زنی غیر معنی دار شد (جدولهای ۳ و ۴).

استخراج پروتئینهای شوک حرارتی از روش He & Huang (2007) و با استفاده از دو نوع بافر تریس-نمک (تریس ۰/۱ میلی مولار 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 (وزن تر) در ۱ میلی لیتر بافر TBS در حمام یخ عصاره گیری شد؛ عصاره به دست آمده دو بار به مدت سی دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس و با ۱۶۰۰۰g سانتریفیوژ (مدل Sigma 2-16KC) شدند. رسوب باقی مانده در ریزلوله (میکروتیوپ)ها دو بار با بافر TBS و ۴ بار بافر استخراج دوم شسته شده و به همان صورت پیش سانتریفیوژ شدند. در نهایت غلظت پروتئینهای استخراج شده با استفاده از روش Bradford (1976) در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین و به کمک منحنی استاندارد محاسبه شد. برای ترسیم منحنی استاندارد، محلول آلومین سرم گاوی در غلظت های ۱۰، ۵، ۴/۵، ۴، ۳/۵، ۳، ۲/۵، ۲، ۱/۵ و ۱ میلی گرم بر میلی لیتر تهیه شد. سپس همه مراحل که روی نمونه ها 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 بذرها تازه برداشت شده نیز اندازه گیری شد.

محاسبات آماری نیز با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹،۱) و رسم نمودارها از نرم افزار Excel انجام شد. با معنی دار شدن برهمکنش سه گانه عامل های آزمایش، تجزیه واریانس برشدهی

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک کردن بر برخی شاخص های جوانه زنی 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					Seedling vigor index
		100-seed weight	Germination percentage	Abnormal seedlings	Germination rate	Electrolyte leakage	
Harvesting time (T)	2	45304.5**	25524.4**	69.80 <sup>ns</sup>	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 <sup>ns</sup>	110.9**	0.07 <sup>ns</sup>	1080 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>
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

<sup>ns</sup>، \*، \*\* به ترتیب نبود اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر زمان برداشت، نوع اندام برداشت و روش خشک کردن 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 <sup>ns</sup>
Drying methods (D)	1	1927.3**	0.145 <sup>ns</sup>
T*H	4	47.60**	34.03**
T*D	2	145.7**	40.56**
H*D	2	244.9**	8.33 <sup>ns</sup>
T*H*D	4	96.56**	13.49*
Error	72	6.13	4.67
C.V (%)	-	5.02	1.70

ns, \*, \*\*, به ترتیب نبود اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.  
ns, \*, \*\*: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳. تجزیه واریانس برش دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن 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 <sup>ns</sup>	141.2**	0.952*	1360.3*	0.025**

ns, \*, \*\*, به ترتیب نبود اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.  
ns, \*, \*\*: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. تجزیه واریانس برش دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن 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 <sup>ns</sup>
96 DAS	5	626.5**	45.87**
108 DAS	5	85.42**	11.60**

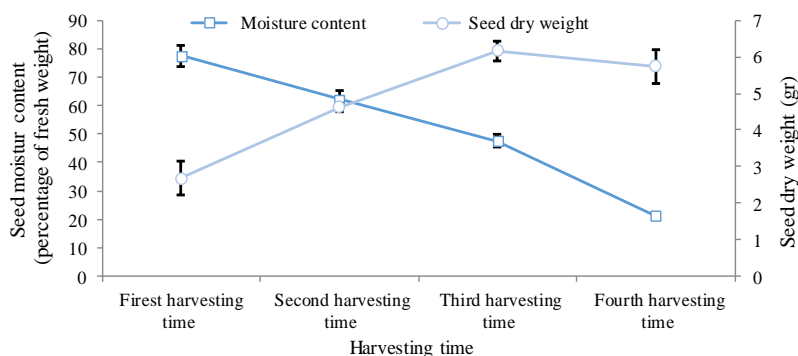
ns, \*, \*\*, به ترتیب نبود اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.  
ns, \*, \*\*: Non-significantly differences and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

کلی تفاوت تیمارها همسان زمان برداشت دوم بود به استثنای اینکه تفاوت معنی داری بین تیمارهای غلاف و بذر آفتاب خشک و بذر سایه خشک مشاهده نشد. در همین زمینه در ماسک نیز گزارش شد گیاهانی که در مرحله 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.

**وزن صد بذر، وزن خشک و محتوای رطوبت بذر**  
نتایج مقایسه میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن برای وزن صد بذر نشان داد که در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت)، بیشترین وزن صد بذر در تیمار بوته سایه خشک (۷۳/۷۲ گرم) و کمترین آن در بذر آفتاب خشک (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 سایه خشک و نیز بوته آفتاب خشک تفاوت معنی داری 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

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 مرحله غلاف زرد متمایل به قهوه‌ای به بیشینه خود رسید و پس‌از آن، به علت تنفس بذر روی گیاه مادری در اثر تأخیر در برداشت تا حدی کاهش یافت (Samarah, 2006).

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 نشان‌دهنده 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



شکل ۱. تغییرپذیری محتوای رطوبت و وزن خشک بذر باقلا در زمان‌های مختلف برداشت. خطوط عمودی روی نقاط نشان‌دهنده 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. مقایسه میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن 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 <sup>-1</sup> )	Seedling vigor index	Electrolyte leakage (µs.cm <sup>-1</sup> .seed)	Soluble sugars content (mg.gr <sup>-1</sup> fresh weight of embryonic axes)	Heat Shock Proteins Content (mg.gr <sup>-1</sup> fresh weight of embryonic axis)
84 DAS	Bush	Shade drying	73.72 <sup>a</sup>	89 <sup>a</sup>	4 <sup>b</sup>	5.11 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	71.29 <sup>c</sup>	45.89 <sup>a</sup>	122.8 <sup>a</sup>
		Sun drying	55.70 <sup>b</sup>	34 <sup>c</sup>	10 <sup>a</sup>	1.53 <sup>b</sup>	0.07 <sup>bc</sup>	206.22 <sup>d</sup>	34.65 <sup>b</sup>	125.0 <sup>a</sup>
	Pod	Shade drying	46.68 <sup>c</sup>	60 <sup>b</sup>	7 <sup>ab</sup>	3.11 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>	125.80 <sup>d</sup>	33.64 <sup>b</sup>	121.7 <sup>a</sup>
		Sun drying	45.49 <sup>cd</sup>	20 <sup>d</sup>	10 <sup>a</sup>	0.865 <sup>c</sup>	0.01 <sup>c</sup>	310.39 <sup>c</sup>	25.87 <sup>c</sup>	124.7 <sup>a</sup>
	Seed	Shade drying	42.34 <sup>d</sup>	19 <sup>d</sup>	9 <sup>ab</sup>	0.857 <sup>c</sup>	0.01 <sup>c</sup>	350.25 <sup>b</sup>	31.50 <sup>b</sup>	124.9 <sup>a</sup>
		Sun drying	38.26 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>c</sup>	391.45 <sup>a</sup>	16.62 <sup>c</sup>	124.1 <sup>a</sup>
96 DAS	Bush	Shade drying	100.6 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	5.33 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	61.93 <sup>c</sup>	65.51 <sup>a</sup>	132.9 <sup>ab</sup>
		Sun drying	98.4 <sup>a</sup>	85 <sup>ab</sup>	13 <sup>a</sup>	4.25 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>	91.36 <sup>bc</sup>	57.83 <sup>b</sup>	133.9 <sup>a</sup>
	Pod	Shade drying	100.4 <sup>a</sup>	95 <sup>ab</sup>	5 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	69.90 <sup>c</sup>	63.23 <sup>ab</sup>	132.9 <sup>ab</sup>
		Sun drying	82.92 <sup>c</sup>	68 <sup>c</sup>	14 <sup>a</sup>	3.41 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	107.50 <sup>b</sup>	51.12 <sup>c</sup>	125.4 <sup>c</sup>
	Seed	Shade drying	96.05 <sup>b</sup>	84 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>	3.45 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	62.27 <sup>c</sup>	60.41 <sup>b</sup>	129.4 <sup>b</sup>
		Sun drying	83.34 <sup>d</sup>	22 <sup>d</sup>	16 <sup>a</sup>	0.896 <sup>b</sup>	0.04 <sup>d</sup>	208.24 <sup>a</sup>	26.38 <sup>d</sup>	125.2 <sup>c</sup>
108 DAS	Bush	Shade drying	132 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	6.14 <sup>a</sup>	0.79 <sup>a</sup>	60.39 <sup>ab</sup>	70.19 <sup>a</sup>	125.41 <sup>b</sup>
		Sun drying	128.8 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	10 <sup>ab</sup>	5.60 <sup>ab</sup>	0.73 <sup>ab</sup>	65.87 <sup>a</sup>	62.82 <sup>b</sup>	126.5 <sup>b</sup>
	Pod	Shade drying	129.2 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	5.72 <sup>ab</sup>	0.72 <sup>ab</sup>	65.29 <sup>ab</sup>	64.07 <sup>b</sup>	125.1 <sup>b</sup>
		Sun drying	124.7 <sup>b</sup>	86 <sup>a</sup>	11 <sup>ab</sup>	5.12 <sup>b</sup>	0.61 <sup>b</sup>	72.54 <sup>a</sup>	61.03 <sup>b</sup>	126.4 <sup>b</sup>
	Seed	Shade drying	126.3 <sup>b</sup>	96 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	5.49 <sup>ab</sup>	0.76 <sup>ab</sup>	31.25 <sup>b</sup>	63.08 <sup>b</sup>	127.5 <sup>ab</sup>
		Sun drying	125.3 <sup>b</sup>	95 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	4.91 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>	78.80 <sup>a</sup>	53.66 <sup>c</sup>	130.5 <sup>a</sup>
125 DAS	Conventional harvest	Conventional drying	127	89	9	5.01	0.48	101.63	459.05	126.7

مقایسه 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 جوانه زنی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین برش دهی برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن در هر زمان برداشت برای درصد جوانه زنی نشان داد، در زمان برداشت اول، به ترتیب بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی در تیمار بوته سایه خشک (۸۹ درصد) و بذر آفتاب خشک (جوانه زنی صفر) مشاهده شد (جدول ۵). در زمان برداشت دوم نیز همین تیمارها وضعیتی همسان زمان برداشت اول نشان دادند، اما درصد جوانه زنی در مقایسه با زمان برداشت اول به طور شایان توجهی افزایش یافت و تیمار بوته سایه خشک با تیمارهای غلاف سایه خشک و بوته آفتاب خشک اختلاف معنی داری نداشت.

در شرایط خشک کردن بذر به ویژه برای بذرهای نارس، سرعت خشک کردن بذر برای بیان قابلیت جوانه زنی پس از آن (کسب تحمل به پسابش) حیاتی است (Kermode & Finch-Savage, 2002). بذرهای برخی از لگومها در مراحل اولیه رشد و نمو بذر قادر به مقاومت در برابر خشک شدن سریع نیستند (Samarah, 2006) در حالی که اگر بذرها در همان مرحله به صورت غلاف یا غلاف متصل به بوته برداشت شوند و به آرامی خشک شوند (برای مثال در سایه، روی محلول های نمکی و...) تحمل به پسابش یا خشک کردن مصنوعی را نسبت به بذرهای بدون غلاف دست می آورند. آهسته خشک کردن بذر ممکن است جوانه زنی را به ویژه در بذرهای نارس، به علت فعال شدن سازوکارهای حفاظتی از جمله تجمع قندهای محلول مرتبط با تحمل به پسابش (ساکاروز، رافینوز، گالاکتینول، استاکیوز، ورباسکوز)، پروتئین های شوک حرارتی و افزایش فعالیت آنزیم های پاداکسنده بهبود دهد

(Blackman et al., 1992). در ماشک گزارش شده است

که برداشت بوته و غلاف و خشک کردن آهسته بذر درون غلاف و در شرایط کنترل شده (دمای ۲۵ درجه سلسیوس)، درصد جوانه زنی را به طور معنی داری نسبت به نوع برداشت بذر افزایش داد (Samarah, 2005). در واقع، بذرهای موجود در غلاف های برداشت شده، در فرآیند خشک کردن ممکن است تحمل به پسابش را در یک مرحله نمودی زودتر نسبت به بذرهایی که پیش از خشک شدن از غلاف جدا شدند، به دست آورند.

در زمان برداشت سوم بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵). درصد جوانه زنی نیز در زمان برداشت چهارم (برداشت متداول) نسبت به زمان برداشت سوم تا حدی کاهش یافت (جدول ۵). در همین زمینه، در مورد شنبليله گزارش شده است، درصد جوانه زنی با پیشرفت رشد بذر افزایش یافت و در ۵۱ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی به بیشینه خود رسید، پس از آن در نتیجه تأخیر در برداشت و آغاز فرآیندهای پیری در بذر، کاهش یافت (Vasudevan, 2008).

نتایج کلی این صفت نشان داد، درصد جوانه زنی با روندی افزایشی در مرحله رشد و نمو بذر، در زمان برداشت سوم به بیشینه رسید (جدول ۵). این شاخص با وزن صد بذر نیز همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد (\*\* $r=0.81$ ). لذا به نظر می رسد درصد جوانه زنی کمتر در بذرهای نابالغ (برداشت اول و دوم) به دلیل ذخایر غذایی کمتر و در نتیجه وزن و اندازه کمتر باشد. دستیابی به بیشترین درصد جوانه زنی در مرحله بلوغ کامل بذر (برداشت سوم) نیز می تواند ناشی از به بیشینه رسیدن تجمع ذخایر غذایی در بذر باشد (Alizade-Benab, 2006).

جدول ۶. ضریب همبستگی بین برخی شاخص های جوانه زنی 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)	-0.006 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	1					
Germination rate (4)	0.82**	0.97**	0.97**	1				
Electrolyte leakage (5)	-0.79**	-0.91**	-0.88**	-0.07 <sup>ns</sup>	1			
Seedling vigor index (6)	0.89**	0.88**	0.89**	-0.14 <sup>ns</sup>	0.89**	1		
Soluble sugars content (7)	0.88**	0.94**	-0.21 <sup>ns</sup>	0.94**	-0.88**	0.94**	1	
Heat Shock Proteins content (8)	0.84**	0.86**	0.22 <sup>ns</sup>	0.72**	-0.75 <sup>ns</sup>	0.71**	0.81**	1

\*\*، \*، ns: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، در سطح احتمال ۵ درصد و بدون معنی داری است.

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



### درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه 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 بوته سایه‌خشک مشاهده شد (جدول ۵). گزارش شده است، خشک‌کردن بذر سویا درون غلاف و غلاف متصل به بوته به‌ویژه در مراحل اولیه بلوغ بذر، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی نسبت به بذر بدون غلاف شد (Samarah et al., 2009). افزایش شمار گیاهچه‌های غیرطبیعی از جمله مهم‌ترین نشانه‌های آسیب ناشی از خشک‌کردن نامناسب بذر است که علت آن آسیب وارده به یاخته‌های جنین به‌ویژه دیواره یاخته‌ای در این شرایط است. از سویی خشک‌کردن بذر در آفتاب می‌تواند سبب زوال غشاء یاخته‌ای در نتیجه تابش اشعه‌های زیانبار خورشید مانند فرابنفش به بذر شده و سرانجام کاهش کیفیت بذر را به دنبال داشته باشد. این اثرگذاری‌های زیانبار در مراحل اولیه بلوغ بذر که هنوز غشاء یاخته‌ای به‌خوبی توسعه نیافته‌اند زیانبارتر است (Doijode, 1990).

### سرعت جوانه‌زنی

نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه 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 بوته 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 دوره 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 بذره‌های درون غلاف و سنبله، ظرفیت‌های جوانه‌زنی را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. باین‌حال آسیب و زیان ناشی از اشعه فرابنفش به ساختارهای ضروری بذر به‌ویژه یاخته‌های جنینی در روش آفتاب‌خشک (Doijode, 1990) نیز در کاهش قابلیت جوانه‌زنی تیمارهای آفتاب‌خشک به‌ویژه در نوع اندام برداشت بذر و نیز بذره‌های نارس مؤثر است.

سرعت جوانه‌زنی با روندی افزایشی در مرحله رشد و نمو بذر، در زمان برداشت سوم به بیشینه خود رسید. در این مرحله تیمار بذر آفتاب‌خشک نیز کمترین میزان (۴/۹۱ بذر در روز) را به خود اختصاص داد (جدول ۵). افزایش سرعت جوانه‌زنی با پیشرفت رشد بذر نیز در سنبلیله نیز گزارش شده است (Vasudevan, 2008). به نظر می‌رسد که از دلایل احتمالی افزایش سرعت جوانه‌زنی در مرحله 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 ( $r=0/82^{**}$ ) (جدول ۶) نیز می‌تواند توجیه‌کننده این مطلب باشد.

### شاخص بنیه گیاهچه (وزنی)

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

دلیل عمده 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 نتیجه خشک شدن سریع در روش آفتاب‌خشک نیز افزایش یابد. با این حال، از دست رفتن تدریجی آب ممکن است به ایجاد تغییر محافظتی اجازه دهد و بنابراین مقاومت بذر در برابر شکستن غشای یاخته‌ای توسط آبگیری بذر را افزایش دهد. خشک کردن سریع ممکن است بذر را نسبت به آسیب و زیان آبنوشی مستعد سازد به طوری که 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 اولیه بلوغ بذر، کمترین میزان نشت الکترولیت‌ها در بذرهای خشک شده درون غلاف متصل به بوته و بیشترین در بذر بدون غلاف مشاهده شد اما در بذرهای بدون غلاف در مرحله بلوغ کامل به طور قابل توجهی کاهش یافت (Ennen, 2011). نشت الکترولیت‌ها در مرحله بالغ شدن بذر با روندی کاهشی در زمان برداشت سوم به کمینه خود رسید، سپس در زمان برداشت چهارم دوباره تا حدی افزایش یافت (جدول ۵). کاهش نشت الکترولیت‌ها در مرحله 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 به دست آمده از مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف برای قندهای محلول نشان داد، در زمان برداشت اول (۸۴ روز پس از کاشت)، بیشترین محتوای قندهای محلول در تیمار بوته سایه خشک (۴۴/۸۹ میلی گرم بر گرم وزن تر محور جنینی) و کمترین در بذر آفتاب خشک (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 به استثنای اینکه در این مرحله محتوای قندهای محلول به طور قابل توجهی

برداشت اول، تیمار بوته سایه خشک و بذر آفتاب خشک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص بنیه گیاهچه را به خود اختصاص دادند. در زمان برداشت دوم نیز شاخص بنیه گیاهچه (وزنی) نسبت به زمان برداشت اول و به ویژه در تیمارهای سایه خشک به طور شایان توجهی افزایش یافت. با این حال کمترین میزان نیز در تیمار بذر آفتاب خشک مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا در سویا نیز گزارش شد که در مراحل اولیه بلوغ بذر، بیشترین توان بذر در بذرهای خشک شده در غلاف و کمترین در بذرهای جدا شده از غلاف مشاهده شد (Ennen, 2011). در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت) نیز شاخص بنیه گیاهچه به بیشترین میزان خود رسید و بیشترین میزان در تیمار بوته سایه خشک مشاهده شد (جدول ۵). افزایش شاخص بنیه گیاهچه در مرحله 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.

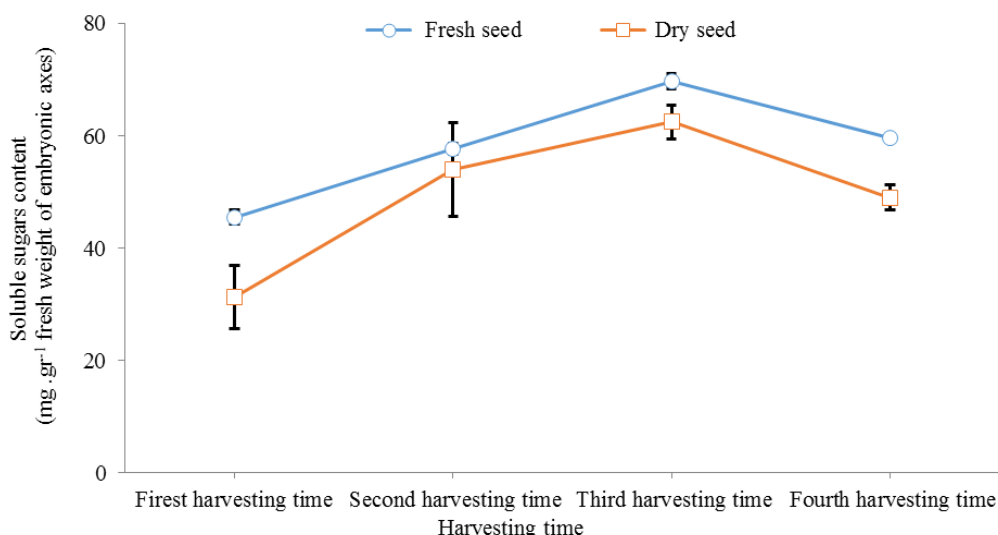
#### نشت الکترولیت‌ها

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین برداشتهای برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن در هر زمان برداشت برای نشت الکترولیت‌ها نشان داد، در زمان برداشت اول، بیشترین و کمترین میزان به ترتیب در تیمار بذر آفتاب خشک (۳۹۱/۴۵ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم بذر) و بوته سایه خشک (۷۱/۲۹ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم بذر) مشاهده شد (جدول ۳). در زمان برداشت دوم نیز تیمارهای بذر آفتاب خشک و بوته سایه خشک الگویی همسان برداشت اول نشان دادند و نشت الکترولیت‌ها به ویژه در تیمارهای آفتاب خشک به طور شایان توجهی کاهش یافت به طوری بین تیمارهای سایه خشک تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در زمان برداشت سوم نیز بیشترین میزان در بذر آفتاب خشک (۷۸/۸۰ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم بذر) و کمترین میزان را تیمار بذر سایه خشک (۳۱/۳۵ میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم بذر) به خود اختصاص داد (جدول ۵).

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 به‌نوبه 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 آهسته 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 از جمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه وزنی ( $r=0.94^{**}$ ) (جدول ۶) نیز مؤند نقش قندهای محلول در ارتقاء جوانه‌زنی است. Samarah *et al.* (2011) در گندم، Corbineau *et al.* (2006) در گندم دوروم و *et al.* (2000) در نخودفرنگی نیز به ترتیب با آهسته خشک کردن بذرهای درون سنبله و غلاف، القاء تحمل به پسابش را گزارش کردند.

افزایش یافت. در زمان برداشت سوم (۱۰۸ روز پس از کاشت) نیز تیمارهای بوته 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 مرحله 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 پس از آن در برداشت چهارم کاهش یافت (شکل ۲). بیشتر بودن قندهای محلول در بذرهای تازه نسبت به بذرهای خشک ممکن است در نتیجه 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 خشک کردن بذر در این شرایط باشد که سبب تجمع بیشتر قندهای محلول و در نتیجه 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



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

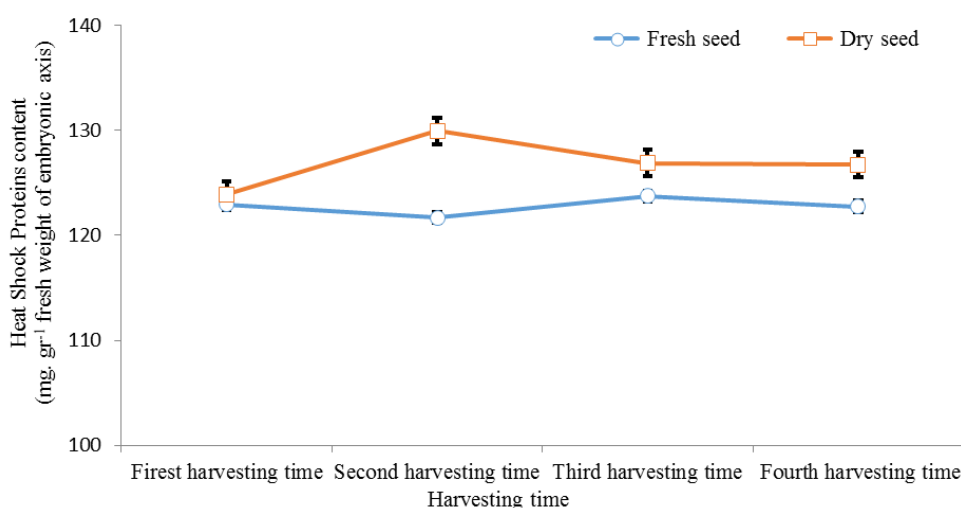
Figure 2. Change in the soluble sugars content of fresh and dried seeds of faba bean seeds during development. Vertical lines on the points indicate the standard error.

### پروتئین‌های شوک حرارتی

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین برهمکنش نوع اندام برداشت و روش خشک کردن برای محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی نشان داد که در زمان برداشت اول، محتوای پروتئین شوک حرارتی اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد. در زمان برداشت دوم بیشترین میزان این پروتئین‌ها در تیمار بوته آفتاب خشک مشاهده شد (۱۳۳/۹ میلی گرم بر گرم وزن تر محور جنینی) که با تیمارهای بوته و غلاف سایه خشک تفاوت معنی داری نداشت. در مقابل کمترین آن در بذر آفتاب خشک (۱۲۵/۲) مشاهده شد. در زمان برداشت سوم نیز بیشترین میزان در تیمار بذر آفتاب خشک (۱۳۰/۵) مشاهده شد که تنها با تیمار بذر سایه خشک تفاوت معنی داری نداشت. در زمان برداشت چهارم نیز تغییر شایان توجهی در محتوای این پروتئین‌ها نسبت به برداشت سوم مشاهده نشد (جدول ۵).

محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در مرحله رشد و نمو در بذرهای تازه و خشک تغییر شایان توجهی نشان نداد با این حال این میزان در بذرهای خشک کمی بیشتر از بذرهای تازه بود (شکل ۳). در گندم نیز گزارش شده است، پروتئین‌های بلوغ (از نوع دهیدرین‌ها) به طور شایان توجهی در بذرهای

تازه جدا شده از بوته مادری و بذرهای خشک شده به صورت مصنوعی تجمع یافتند و میزان این پروتئین‌ها تحت تأثیر سرعت خشک کردن قرار گرفت به طوری که در بذرهای خشک شده میزان آن‌ها افزایش یافت (Spano *et al.*, 2011). به رغم تفاوت شایان توجه در محتوای قندهای محلول بین تیمارها به ویژه در مراحل اولیه بلوغ بذر، پروتئین‌های شوک حرارتی در همه 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 جوانه زنی در تیمارهای آهسته خشک کردن رخ داد و بذرهای خشک شده در رطوبت نسبی بالا (شاهد) تا حدودی بدون جوانه زنی بودند اما محتوای پروتئین‌های شوک حرارتی در مرحله رشد و نمو تغییر شایان توجهی نکرد و در هر دو تیمار خشک کردن به یک میزان در بذر تجمع یافتند. از نظر این محققان سطح بالایی از پروتئین‌های شوک حرارتی به تنهایی 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 مرحله رشد و نمو بذر باقلا. خطوط عمودی روی نقاط نشان دهنده 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.

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.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد، شاخص‌های وزن خشک بذر، محتوای قندهای محلول بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و همچنین شاخص بنیه بذر باقلا در مرحله رشد و نمو با روندی افزایشی تا مرحله سوم افزایش یافت و در مرحله برداشت چهارم آغاز به کاهش نمود. بنابراین فرضیه هارینگتون مبنی بر تقارن زمان بیشینه وزن خشک با بیشینه کیفیت بذر در تحقیق ما تأیید می‌شود. روند تغییرپذیری صفات

### 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. Ghassemi-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 stress 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. & Sanchesdiaz, 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. Pritchard (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 (*Mimosa 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.