علوم و تحقیقات بذر ایران
سال سوم/ شماره اول/ ۱۳۹۵ (۳۲ - ۱۷)

واکنش خواص فیزیکی و مکانیکی سوخ ژنوتیپ‌های پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) به پرایمینگ و اندازهٔ بذر

موسی ایزدخواه شیشوان*[۱]، مهدی تاج‌بخش شیشوان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر پرایمینگ و اندازهٔ بذر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ ژنوتیپ‌های پیاز خوراکی این پژوهش در دو سال زراعی (۱۳۹۱و ۱۳۹۲) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی اجرا شد. عوامل آزمایش شامل پرایمینگ در چهار سطح (هیدروپرایمینگ با آب مقطر، اسموپرایمینگ با نیترات پتاسیم، پرایمینگ با ماده فولامین و شاهد)، اندازه بذر در سه سطح (ریز، متوسط و درشت) و ارقام در دو سطح (قرمز آذرشهر و زرقان) بود. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی شامل میانگین قطر حسابی و هندسی، ضریب کرویت، مساحت سطح رویه، سطح برش عرضی سوخ، ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه (انباشتگی) ریپوز پرکردن، زاویه ریپوز تخلیه و سرعت حد مورد بررسی قرار گرفت. اثر پرایمینگ و اندازه بذر از نظر تمام ویژگی مورد بررسی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نشان داد. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ شد به‌طوری‌که بیشترین میانگین قطر حسابی و هندسی سوخ، مساحت سطح رویه، سرعت حد به‌ترتیب ۵۶/۳۹، ۵۳/۶۴، ۳۶/۲۷ میلی‌متر و ۴/۸۷ متر بر ثانیه به پرایمینگ با ماده فولامین تعلق داشت و کمترین آنها از تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین زاویه ریپوز پرکردن، زاویه ریپوز تخلیه به‌ترتیب ۴۶/۷ و۲۳/۷ از تیمار شاهد و کمترین آنها از تیمار با ماده فولامین به‌دست آمد. بیشترین ضریب اصطکاک استاتیکی برابر ۱/۶ از تیمار شاهد مربوط به سطح چوب و کمترین آن برابر ۰/۶۷ از تیمار بذر با فولامین مربوط به سطح آهن‌گالوانیزه بود.

واژه‌های کلیدی : قطر هندسی؛ قطر حسابی؛ کرویت سوخ؛ سرعت حد

۱- دانشجوی سابق دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
* نویسنده مسئول: ms.izadkhah@gmail.com

مقدمه

پیازخوراکی (*Allium cepa* L.) از تیره Alliaceae گیاهی است از گیاهان گلدار، تک لپه‌ای، نهان‌دانه و دوساله که از نباتات بومی آسیای غربی و آسیای مرکزی بوده و به‌علت طیف گسترده سازگاری از مناطق سردسیری تا گرمسیری کشور کشت می‌شود (Brewster, 2008). پیاز دارای عناصر معدنی، قند، ترکیبات مختلف از جمله پروستاگلندین‌ها، پکتین، آدنوزین، کوئرستین، ویتامین‌های B_1، B2، B_6، C و E، بیوتین، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه ضروری است و همچنین دارای ترکیبات فرار گوگردی که طعم و بوی پیاز را باعث می‌شود، علاوه بر ارزش غذایی، مطالعات علمی فراوان اثر دارویی و سلامتی بخش پیاز را به‌خصوص در درمان بیماری‌های عروق کرون قلب و کاهش کلسترول و قند خون اثبات کرده است (Martinez *et al.*, 2007; Corzo *et al.*, 2007). با توجه به کشت وسیع پیاز و اهمیت آن به‌صورت تازه‌خوری و در صنایع تبدیلی وابسته، هم‌چنین فقدان اطلاعات علمی در خصوص ویژگی‌های فیزیکی پیاز، کارایی تولید کاهش یافته و ضایعات تولید افزایش یافته است. لذا دسترسی به اطلاعات علمی در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی پیاز جهت طراحی بهینه تجهیزات انبارداری، حمل ونقل، سورتینگ، فرآوری و بسته‌بندی ضروری به‌نظر می‌رسد. تعیین خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی به‌عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی همیشه مورد توجه بوده است. اصولاً طراحی ماشین‌های کشاورزی بدون توجه به این پارامترها ناقص و منجر به نتایج ضعیف خواهد شد. به عنوان مثال از نتایج حاصل از بررسی خواص هندسی در جهت طراحی انواع سیلوها استفاده می‌شود (Razavi and Milani, 2006). پژوهش‌های زیادی پیرامون خواص فیزیکی بسیاری از محصولات کشاورزی و میوه‌ها از جمله سیب (Meisami *et al.*, 2009)، زردآلو (Fathollahzadeh *et al.*, 2009)، زیتون (Kilickan and Guner, 2008)، پیاز (Bahnasawy *et al.*, 2004) و زعفران (Bakhtyari *et al.*, 2012) صورت گرفته است. پیاز در دنیا ممکن است به سه طریق: کشت مستقیم بذر در مزرعه، کشت نشایی و پیازچه‌های کوچک کاشته شود. در کشت مستقیم بذر جوانه‌زنی سریع، ظاهر شدن یکنواخت و استقرار قوی گیاهچه از عوامل لازم و ضروری به‌شمار می‌روند زیرا مراحل اولیه گیاه شامل مرحله جوانه‌زنی، رشد و استقرار گیاهچه‌ها در دینامیک گیاهان نقش مهمی را به‌عهده دارد (Brewster, 2008). جوانه‌زنی بذر گیاه پیاز که به‌صورت برون‌خاکی[1] است، حساسیت بیشتری به عوامل مختلفی مثل فشردگی خاک، سله و حمله پاتوژن‌ها دارند. در این رابطه زارعان پیازکار جهت بهبود جوانه‌زنی بذر پیاز به‌طور بی‌رویه از ماسه استفاده می‌کنند که این امر علاوه بر بالا بردن میزان انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید در واحد سطح باعث تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دراز مدت می‌شود. در سه دهه گذشته تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راه‌کارهای مناسب برای بهبود جوانه‌زنی و اسقرار اولیه گیاهچه در مزرعه در گیاهان زراعی آغاز شده است. یکی از تکنیک‌های ساده‌ای که قدرت و استقرار گیاهچه‌ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می‌بخشد، پرایمینگ بذر می‌باشد (Yarnia *et al.*, 2012). در جریان پرایمینگ، بذرها معمولاً اجازه می‌یابند تا حد کمی آب جذب کنند (تا قبل از خروج ریشه‌چه) و سپس از محیط آب خارج می‌شوند. مقدار آب جذب شده در حدی است که مانع از جوانه‌زنی می‌شود، اما امکان وقوع یک سری فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پیش از جوانه‌زنی را فراهم می‌آورد. به‌نظر می‌رسد که پرایمینگ بذر میزان جوانه‌زنی را از طریق کاهش صدمه به پروتئین‌ها، RNA و DNA افزایش می‌دهد (Farooq *et al.*, 2009). نتایج تحقیقات (Devaraju *et al.*, 2011) نشان داد که پرایمینگ بذر پیاز با استفاده از مواد اسموتیک باعث افزایش وزن پیاز، قطر پیاز، عملکرد تک بوته و عملکرد کل در مقایسه با شاهد شد. نتایج تحقیقات (Dorna *et al.*, 2013) نشان داد بین بذرهای پرایم شده و پرایم نشده پیاز تفاوت‌های معنی‌داری از نظر تعداد کل بذرهای جوانه‌زده، انرژی جوانه‌زنی، ظرفیت جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی و یکنواختی جوانه‌زنی وجود دارد.

[1]Epigial

ماده فولامین[۲] علاوه بر عنصر نیتروژن حاوی ۱۹ اسید آمینه آزاد می‌باشد، که نیتروژن موجود در آن نقش مهمی در رشد و نمو و فیزیولوژی گیاه دارد و یکی از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک است که در ساختار کلروفیل و ATP بکار رفته و بیش از سایر عناصر در تغذیه گیاه مصرف می‌شود (Jonesa *et al.,* 2005). سینک (Singh, 2000) در تحقیقات خود نشان داد که مصرف نیتروژن کافی در گل مریم باعث افزایش تعداد برگ، گلچه و سوخک و طول سنبله شد. اسیدهای آمینه آزاد موجود در فولامین با تأثیر بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، فعالیت میتوکندری‌ها، مقاومت به تنش‌های محیطی، غلظت کلروفیل و در نتیجه تأثیر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد گیاهان مؤثر واقع می‌شوند (Taylor *et al*., 2004). گلوتامیک اسید موجود در فولامین می‌تواند به‌عنوان عامل اسموتیک سیتوپلاسم در سلول‌های محافظ روزنه بر باز و بسته شدن روزنه‌ها تأثیرگذار باشد (Wallsgrove, 1995). مطالعات فاتن و همکاران (Faten *et al.,* 2010) نشان داد اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند. یکی دیگر از عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی، اندازه بذر می‌باشد. اندازه بذر از ویژگی‌های کیفی بذر است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی، موقعیت گیاهان مادر در مزرعه، موقعیت بذرها روی گیاه مادر یا روی محور گل آذین قرار می‌گیرد (Tajbakhsh and Ghiyas, 2008). تأثیر اندازه بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نتایج متفاوتی را نشان داده است. بین اندازه بذر و رشد اولیه گیاهچه‌ها ارتباط مثبتی وجود دارد (Haromoto and Gallandt, 2005). درگیاه پیاز بین اندازه بذر، درصد جوانه‌زنی، شاخص ظهور گیاهچه در مزرعه، استقرار اولیه گیاهچه و همچنین عملکردهای کل و اقتصادی همبستگی مثبت وجود دارد (Gamiel *et al.*, 1990). نتایج تحقیقات (Spurr *et al.*, 2002) نشان داد، ارتباط مثبتی بین وزن بذر و سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی ظاهر شدن گیاهچه پیاز وجود دارد. به‌رغم این‌که پیاز بومی ایران است ولی تاکنون در مورد تأثیر و کارایی روش‌های مختلف پرایمینگ و اندازه بذر پیاز بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ارقام پیاز خوراکی تحقیقی در کشور ما صورت نگرفته است. به‌علت فقدان اطلاعات علمی در خصوص ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پیاز، کارایی تولید، کاهش و ضایعات تولید، افزایش یافته است. لذا دسترسی به اطلاعات علمی در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پیاز جهت طراحی بهینهٔ تجهیزات پس از برداشت، انباری، حمل و نقل، درجه‌بندی و بسته‌بندی در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت تولید، ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر پرایمینگ بذر پیاز با آب، محلول اسمزی، اسید آمینه فولامین و اندازه بذر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ارقام پیاز خوراکی و انتخاب پیش‌تیمار و اندازه بذر مناسب بذر بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی چهار روش پرایمینگ (هیدروپرایمینگ با آب مقطر، پرایمنگ با نیترات پتاسیم ۲ درصد، پرایمینگ با اسید آمینه فولامین۲ درصد و شاهد) و سه اندازه بذر (ریز با قطر ۲/۶، متوسط با قطر ۲/۸ و درشت با قطر ۳ میلی‌متر) و دو رقم پیاز شامل قرمز آذرشهر (دیررس، با عملکرد بسیار زیاد، سوخ‌های یکنواخت، وزن خشک سوخ مناسب، رنگ پوست قرمز، رنگ گوشت سفید با رگه‌های قرمز، رنگ برگ سبز تیره، ارتفاع بوته بلند، شکل سوخ گلابی، طعم تند و با کیفیت انباری بالا) و زرقان (تقریباً زودرس، با عملکرد زیاد، سوخ‌های یکنواخت، وزن خشک سوخ مناسب، رنگ پوست مسی، رنگ گوشت سفید، رنگ برگ سبز روشن، ارتفاع بوته متوسط، شکل سوخ پهن، طعم بسیار تند و با کیفیت انباری متوسط) در یک آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۹۱) در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی با طول جغرافیایی۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی مورد بررسی قرار گرفتند. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک (براساس روش آمبرژه)، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۹/۳ متر، حداکثر دما ۳۹ درجه سانتی‌گراد، حداقل دما ۲۲/۵- درجه سانتی‌گراد و دارای اقلیم با متوسط حدود ۳۲۱/۵ میلی‌متر نزولات آسمانی بود. بذرهای مورد نیاز از طریق مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه

[2]Folammin

نهال و بذر کرج تهیه شد. بذرهای مورد بررسی از طبقه گواهی شده و تولید سال ۱۳۹۰ بودند. برای درجه‌بندی بذرها از الک‌های استاندارد آزمایشگاهی مستطیلی شکل، سوراخ بیضی با نمره ۲/۲ میلی‌متر برای بذرهای ریز، با نمره ۲/۶ میلی‌متر برای بذرهای متوسط و با نمره ۳ میلی‌متر برای بذرهای درشت استفاده شد و بذرها به سه سطح ریز، متوسط و درشت تفکیک شدند و دامنه تغییرات اندازه بذر تعیین شد. فولامین مورد استفاده در آزمایش برحسب آنالیز کارخانه سازنده علاوه بر عنصر اصلی، نیتروژن آلی (۱۲درصد) حاوی اسیدهای آمینه، آلانین (۹/۱)، آرژنین (۶/۴)، اسید آسپارتیک (۵/۶)، سیستئین (۰/۳)، گلایسین (۲/۶)، اسیدگلوتامیک (۱۰/۵)، هستییدین (۲/۶)، هیدروکسی پرولین (۸/۳)، ایزولوسین (۱/۵)، لوسین (۳/۵)، لایزین (۴/۴)، متیونین (۰/۹۲)، فنل آلانین (۲/۳)، پرولین (۱۳/۸)، سرین (۱/۷۰)، ترونین (۱)، تریپتوفان (۰/۳۸)، تریوسین (۱/۳۰) و والین (۲/۶) می‌باشد (مقادیر برحسب گرم در ۱۰۰ گرم می‌باشد). در مرحله اول، بذرهای هر یک از ارقام به‌مدت ۸ ساعت در دمای اتاق تحت تیمارهای پرایمینگ با محلول های نیترات پتاسیم (۲ درصد)، اسید آمینه فولامین (۲درصد) قرار گرفتند و برای انجام پیش‌تیمار هیدروپرایمینگ، بذرها به‌مدت ۴ ساعت در آب مقطر خیسانده و بعد ۳ روز در رطوبت نسبی۱۰۰ درصد نگهداری شدند. سپس بذرها بعد از طی این مدت، ۲۴ ساعت در جریان هوای آزاد قرار داده شدند تا رطوبت سطحی آنها خشک شود. در ادامه، بذرهای پرایم‌شده به‌همراه تیمار بدون پرایمینگ (شاهد) در تاریخ ۵ فروردین سال‌های ۹۱ و ۹۲ با فواصل تعیین‌شده و بر اساس نقشه طرح به‌صورت دستی بر روی شیارهای ایجاد شده در ردیف‌ها در عمق حدوداً ۲ سانتی‌متر کشت شدند. هر کرت آزمایشی۶ متر مربع (۳×۲ متر) و دارای ۱۰ ردیف کشت بود، در هر کرت تراکم کشت پیازها ۵۰ بوته در مترمربع، فاصله پیازها بر روی ردیف ۱۰-۷/۵ سانتی‌متر، و فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. حدود۲۰ روز قبل از برداشت جهت متوقف شدن رشد، کاهش رطوبت پیازها و سهولت در امر برداشت، آبیاری قطع شد. پیازها به‌مدت ۷ الی ۱۰ روز در مقابل آفتاب نگهداری شد تا خشک شوند. برای اندازه‌گیری صفات از هر تکرار ۱۵ عدد پیاز به‌صورت تصادفی انتخاب شد و در آزمایشگاه خواص فیزیکی شامل میانگین‌های حسابی و هندسی سوخ، مساحت سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی، ضریب کرویت سوخ و خواص مکانیکی شامل ضریب اصطکاک استاتیکی در سه سطح آهن گالوانیزه، لاستیک و چوپ، زاویه ریپوز پرکردن، زاویه ریپوز تخلیه و سرعت حد مورد بررسی قرار گرفت.

قطر حسابی سوخ[3]: به‌منظور محاسبه قطر حسابی سوخ از رابطه ۱ استفاده شد (Sirisomboon *et al*., 2007).

$$Da = \frac{(L+W+T)}{3} \quad \text{رابطه (۱)}$$

قطر هندسی سوخ[4]: برای محاسبه قطر هندسی سوخ از رابطه ۲ استفاده شد (Kabas *et al.*, 2005).

$$Dgm = (LWT)^{1/3} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در رابطه‌های فوق Da قطر حسابی سوخ، Dgm: قطر هندسی سوخ ،L: طول سوخ، W: عرض سوخ و T ضخامت سوخ برحسب میلی‌متر می‌باشند (شکل ۱). برای اندازه‌گیری ابعاد هندسی سوخ از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد.

ضریب کرویت[5]: برای تعیین ضریب کرویت پیاز از رابطه ۳ اسفاده شد (Mohsenin, 1986).

$$\varphi = \frac{(Dg)}{L} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

مساحت سطح رویه سوخ[6]: برای محاسبه مساحت سطح رویه سوخ از رابطه ۴ استفاده شد (Bahnasawy *et al.*, 2004).

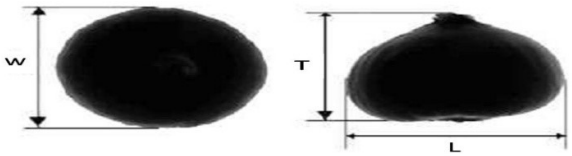
$$Af.s = \frac{\pi}{4} \times EP \quad \text{رابطه (۴)}$$

مساحت سطح برش عرضی سوخ[7]: برای محاسبه مساحت سطح برش عرضی سوخ از رابطه ۵ استفاده شد (Bahnasawy *et al.*, 2004).

$$Ac.s = \frac{\pi}{4} \times \frac{(De+Dp)^2}{9} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در رابطه‌های فوق EP[8]: طول و عرض سوخ ، De[9] :

[3]Arithmetic mean diameter
[4]Geometric mean diameter
[5]Sphericity
[6]Frontal surface area
[7]Cross-sectional area
[8]Equatorial Polar
[9]Equatorial diameter



شکل ۱- ابعاد هندسی سوخ (L: طول، W: عرض و T: ضخامت)
Figure 1. Dimensional characteristics of bulb (L: Length, W: Width, T: Thickness)

قطر عرض سوخ ،Dp[10] : قطر طول سوخ و T[11] ضخامت سوخ برحسب میلی‌متر می‌باشند.

ضریب اصطکاک استاتیکی: جهت اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی، از دستگاهی که دارای یک صفحه قابل تنظیم برای شیب‌های مختلف و مجهز به یک نقاله مدرج بود، استفاده شد. سطوح اصطکاکی شیب‌دار مورد استفاده از جنس آهن‌گالوانیزه، لاستیک و چوپ مجهز بود. ابتدا نمونه‌های مورد نظر روی سطح شیب‌دار قرار گرفته و صفحه قابل‌تنظیم به‌تدریج از حالت افقی یعنی از زاویه صفر درجه به‌صورت شیب‌دار درآمده و زاویه صفحه قابل‌تنظیم به‌تدریج اقزایش یافت تا آنجایی‌که نمونه‌ها در اثر غلبه وزن پیازها بر نیروی اصطکاک شروع به حرکت کردند در آن لحظه تانژانت زاویه α از روی اشل مدرج قرائت شد و از طریق رابطه ۶ ضریب اصطکاک استاتیکی به‌دست آمد (Mohsenin, 1986).

$$ys = tan\alpha \qquad \text{رابطه (۶)}$$

سرعت حد: برای اندازه‌گیری سرعت حد از روش شناورسازی در کانال هوا استفاده شد. در این روش پیاز به دورن یک لوله عمودی که هوا با سرعت معین از پایین به بالا جریان دارد، رها می‌شود. با تنظیم میزان دور دمنده می‌توان سرعتی از هوا را دورن لوله فراهم کرد تا پیاز به حالت شناور درآید. سرعت هوا در لحظه شناوری پیاز به‌عنوان سرعت حد در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری سرعت هوا از یک بادسنج دیجیتالی سیم داغ با دقت ۰/۰۵ متر بر ثانیه استفاده شد. اندازه‌گیری در دمای محیط انجام شد (Bakhtyari *et al.*, 2012).

زاویه ریپوز پر کردن: به‌منظور تعیین زاویه ریپوز پر کردن θ_f سوخ‌های پیاز، از یک جعبه چوبی استفاده شد و ناودانی در بالای جعبه تعبیه شده که از طریق آن نمونه‌ها از ارتفاع مشخص و ثابتی به‌اندازه ۲۰ سانتی‌متر به درون جعبه سرازیر می‌شوند و کپه‌ای تشکیل می‌شود. ارتفاع بلندترین نقطه کوپه (H) و قطر کوپه مورد نظر (D) اندازه گرفته و از طریق رابطه ۷ زاویه ریپوز پر کردن محاسبه شد (Mohsenin, 1986).

$$\theta f = \text{Arctan}\,(2H/D) \qquad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن H ارتفاع بلندترین نقطه کوپه و D قطر کوپه مورد نظر است.

زاویه ریپوز تخلیه: برای اندازه‌گیری زاویه ریپوز تخلیه (θe) سوخ‌های پیاز، از یک جعبه چوبی با درب کشویی به ابعاد ۳۲×۳۵×۵۹ سانتی‌متر استفاده شد. پس از پر کردن جعبه از نمونه مورد نظر، درب کشویی سریعاً به طرف بالا کشیده شده تا سوخ‌ها تخلیه شده و پس از سر ریز شدن سوخ‌های پیاز و تشکیل کپه، زاویه ریپوز تخلیه با اندازه-گیری بلندترین ارتفاع و طول کپه (H and X) و جاگذاری مقادیر به‌دست آمده از طریق رابطه ۸ محاسبه شد (Mohsenin, 1986).

$$\theta e = \text{Arc tan}\,(H/X) \qquad \text{رابطه (۸)}$$

که در رابطه H بلندترین ارتفاع و X طول کپه

در نهایت برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C استفاده شد. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. در تجزیه مرکب، آزمون F برای معنی‌دار بودن منابع تغییر با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات با فرض ثابت بودن اثر تیمارها و تصادفی بودن اثر سال انجام شد و جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

[10]Polar diameter
[11]Thickness

نتایج و بحث

پیش از انجام تجزیه مرکب، به‌منظور اطمینان از همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام شد. با توجه به این‌که مقدار آماره χ^2 محاسبه شده از χ^2 جدول کمتر بود، در نتیجه فرض صفر رد نشد و بیانگر این است که اختلاف بین واریانس‌ها معنی‌دار نبوده و واریانس‌ها یکنواخت بودند. باتوجه به این‌که دمای هوا در سال زراعی ۱۳۹۱ در ماه‌های فروردین و اردیبهشت که زمان استقرارگیاهچه‌های پیاز در زمین اصلی بود بسیار نامناسب‌تر از سال زراعی ۱۳۹۲ بود (جدول ۱). مجموع شرایط محیطی (دما، بارندگی و مجموع ساعات آفتابی) در سال دوم آزمایش (۱۳۹۲) نسبت به سال اول (۱۳۹۱) که برای رشد گیاه پیاز در شرایط این آزمایش، مناسب‌تر بود و گیاهچه‌های پیاز رویش مناسبی قبل از سوخ‌دهی داشتند، در نتیجه اثر سال در همه صفات مورد بررسی در این آزمایش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این موارد می‌تواند ناشی از تغییرات عوامل اکولوژیکی و اختلاف در شرایط آب و هوایی سال‌های اجرای آزمایش باشد که در عمل کنترلی بر روی آنها وجود ندارد. برای جلوگیری از تکرار، این موضوع در ارائه نتایج مربوط به صفات مورد بررسی قید نخواهد شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دورهٔ رشد پیاز (سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲)

Table 1. Meteorological information at expremental site during two growing season 2012- 2013

Month	ماه	حداقل دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C) Min		حداکثر دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C) Max		میزان بارندگی (میلی‌متر) Total precipitation (mm)		حداقل رطوبت نسبی هوا (درصد) RH (%) Max.		حداکثر رطوبت نسبی هوا (درصد) RH (%) Max.		مجموع ساعات آفتابی Total sunny hour	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Mar.	فروردین	4.1	9	16.5	18.5	35.1	38.1	25	31	71	81	205.9	252.9
Apr.	اردیبهشت	6.1	11	19.9	23.6	10.1	34.9	24	30	73	74	251.9	265.3
May.	خرداد	15.6	14.7	28.7	28.3	14.7	23.9	20	21	59	67	319.1	327.7
Jun.	تیر	19	19.3	31.7	32.7	14.3	4.7	22	18	63	54	332.1	379.7
Agu.	مرداد	22.5	19.1	32.7	35.3	5.6	0	15	20	44	56	328.7	356.5
Sep.	شهریور	16	17.2	30.7	31.4	2.1	0	21	15	61	58	332.5	340.2
Oct.	مهر	8.8	11.8	22.7	25.7	5.2	5.7	22	21	59	59	276.5	279.7
Nov.	آبان	4.5	6.5	14.8	16.8	15.3	33.6	43	42	79	80	174.6	182.5
Mean	میانگین	12.07	13.58	24.71	26.64	-	-	25	24	65	68	277.66	2980.6
Total	مجموع	-	-	-	-	92.8	155	-		-	-	2221.3	2384.5

میانگین حسابی و هندسی قطر سوخ

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر و ارقام از نظر متوسط قطر حسابی و هندسی در سطح احتمالی یک درصد معنی‌دار بود. در بین اثرهای متقابل مربوط به طرح آزمایشی اندازه بذر × پرایمینگ نیز در سطح احتمالی یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی اثر اصلی تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار متوسط قطر حسابی و هندسی سوخ به‌ترتیب ۵۶/۳۹ و۵۳/۶۴ میلی‌متر از تیمار پرایمینگ با اسید آمینه فولامین و کمترین آنها به‌ترتیب ۴۸/۹ و ۴۶/۶۶ میلی‌متر از تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌دست آمد، در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار متوسط قطر حسابی و هندسی به‌ترتیب ۵۴/۲۱ و ۵۱/۶۷ میلی‌متر از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و کمترین آنها به‌ترتیب ۵۰/۰۹ و ۴۷/۵۱ میلی‌متر از گیاهان حاصل از بذرهای ریز به‌دست آمد (جدول۳). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات (Droudgar *et al.*, 2013) برای خربزه قصری مطابقت دارد که گزارش نمودند با افزایش اندازه خربزه قطر حسابی و هندسی افزایش نشان داد. با توجه به افزایش اندازه بذر

و استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ بذر، ابعاد اصلی سوخ افزایش یافته در نتیجه افزایش متوسط قطر حسابی و هندسی دور از انتظار نبود. نتایج مشابهی (Sacilik *et al.*, 2003) برای شاهدانه، (Baryeh, 2002) برای ارزن و (Bakhtyari *et al.*, 2012) برای پیاز زعفران گزارش شده است. بین ارقام پیاز از نظر ویژگی‌های متوسط قطر حسابی و هندسی معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین مقدار قطر حسابی و هندسی به‌ترتیب ۵۱/۱۶ و ۵۱/۱۶ میلی‌متر از رقم زرقان و کمترین آنها به‌ترتیب ۴۸/۱۹ و ۴۸/۱۹ میلی‌متر از رقم قرمز آذرشهر به‌دست آمد (جدول ۳) که این نتایج با نتایج تحقیقات سایر محققین (Bahnasawy *et al.*, 2004 ; Ghabel *et al.*, 2010) مطابقت دارد. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بذر × پرایمینگ نشان داد روش‌های مختلف پرایمینگ در هر سه اندازه بذر در مقایسه با تیمار شاهد و بذرهای ریز تأثیر معنی‌داری از نظر متوسط قطر حسابی و هندسی داشتند به‌طوری‌که بیشترین متوسط قطر حسابی و هندسی از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و پرایم با اسید آمینه فولامین به‌ترتیب ۵۵/۳۰ و ۵۵/۶۶ میلی‌متر و کمترین آن از گیاهان حاصل از بذرهای ریز و تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۹/۵۰ و ۴۷/۰۹ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۴).

ضریب کرویت سوخ

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر و ارقام از نظر صفت کرویت سوخ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که در بین اثرهای متقابل موجود در منابع تغییر، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد (جدول ۲). بررسی اثر ساده در تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار کرویت سوخ برابر ۱/۲ از تیمار پرایمینگ با اسید آمینه فولامین و کمترین آن برابر ۰/۸۳ از تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌دست آمد در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار برابر ۱/۱ از گیاهان حاصل از بذرهای ریز و کمترین آن برابر ۰/۸۲ از گیاهان حاصل از بذرهای درشت به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که با کاهش اندازه بذر پیاز کرویت سوخ افزایش یافته و از لحاظ شکل به کره نزدیک است که این نتایج با نتایج تحقیقات (Bakhtyari *et al.*, 2012) در پیاز زعفران و (Sadrnia *et al.*, 2001) برای میوه هندوانه مطابقت دارد. از نظر ضریب کرویت سوخ رقم قرمز آذرشهر با ۰/۹۹ نسبت به رقم رزقان ارجحیت داشت (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج باهناساوی و همکاران (Bahnasawy *et al.*, 2004) که گزارش نمودند اگر شاخص شکل سوخ بیش از ۱/۵ باشد سوخ‌ها بیضی[12] شکل و اگر کمتر از ۱/۵ باشد، شکل سوخ‌ها کروی[13] خواهند بود، مطابقت دارد. با توجه به این‌که ضریب کرویت سوخ‌های حاصله بذرهای پرایم شده با اسید آمینه فولامین و درشت در ارقام مورد بررسی کمتر از ۱/۵ می‌باشد، شکل سوخ‌های تولیدی ارقام مورد مطالعه کروی بود که با نتایج سایر محققین (Ghaffari *et al.*, 2013; Ghabel *et al.*, 2010) مطابقت دارد.

سطوح رویه و سطح برش عرضی سوخ

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر از نظر مساحت سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی سوخ در سطح احتمالی یک درصد و ارقام در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل اندازه بذر × پرایمینگ از نظر سطح رویه در سطح احتمالی یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی اثر اصلی در تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار مساحت سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی سوخ به‌ترتیب ۳۶/۲۷ و ۲۵/۴۳ میلی‌متر از تیمار پرایمینگ با اسید آمینه فولامین و کمترین آنها به‌ترتیب ۲۷/۳۱ و ۱۹/۳۳ میلی‌متر از تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌دست آمد. در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار مساحت سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی سوخ به‌ترتیب ۳۷/۷۹ و ۲۳/۶۸ میلی‌متر از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و کمترین آنها به‌ترتیب ۲۸/۷۰ و ۲۰/۲۲ میلی‌متر از گیاهان حاصل از بذرهای ریز

[1]Oval
[2]Shperical

به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به افزایش اندازه بذر و استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ بذر، ابعاد اصلی سوخ افزایش یافته در نتیجه افزایش مساحت سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی سوخ دور از انتظار نیست. نتایج مشابهی برای شاهدانه (Sacilik *et al.*, 2003)، ارزن (Baryeh, 2002) و زعفران (Bakhtyari *et al.*, 2012) گزارش شده است. بین ارقام پیاز ازنظر ویژگی‌های سطح رویه و مساحت سطح برش عرضی تفاوت معنی‌داری درسطح احتمال پنج درصد وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین مقدار ، سطوح جلویی و برش عرضی سوخ به‌ترتیب ۳۳/۷۰ و ۳۳/۳۴ میلی‌متر از رقم زرقان و کمترین آنها به‌ترتیب ۲۱/۹۱ و ۲۰/۶۶ میلی‌متر از رقم قرمزآذرشهر به‌دست آمد (جدول ۳) که با نتایج سایر محققین (Ghaffari *et al.*, 2013 ; Bahnasawy *et al.*, 2004) مطابقت دارد. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بذر× پرایمینگ نشان داد روش‌های مختلف پرایمینگ در هر سه اندازه بذر در مقایسه با تیمار شاهد و بذرهای ریز تأثیری معنی‌دار از نظر سطح رویه داشتند. به‌طوری‌که بیشترین سطح رویه از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و پرایم با اسید آمینه فولامین برابر ۳۷/۹۸

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب خواص فیزیکی در تیمارهای آزمایش

Table 2. Combined analysis of variance for physical properties in experiment treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین قطر حسابی سوخ Arithmetic mean diameter	میانگین قطر هندسی سوخ Geometric mean diameter	ضریب کرویت سوخ Sphericity index	سطح رویه Frontal surface area	سطح برش عرضی Cross-sectional area
سال Year (Y)	1	1808.206**	163.2840**	0.0633**	210.815**	124.448**
تکرار (سال) R/Year	4	111.1456	125.745	0.04056	112.928	76.686
اندازه بذر Seed size (SS)	2	204.9472**	208.351**	4.0025**	311.1549**	143.426**
سال× اندازه بذر Year×Seed size	2	0.0726ns	3.994ns	0.0216ns	50549ns	0.1595ns
پرایمینگ Priming (P)	3	363.4952**	328.623**	3.045**	521.0422**	245.2429**
سال× پرایمینگ Year × Priming	3	0.4288ns	73.30ns	0.021 ns	9.0805ns	1.2405ns
رقم Cultivar (C)	1	361.4751**	319.069**	3.0369**	11.3860*	259.3710*
سال× رقم Year×Cultivar	1	2.0664ns	19.932ns	0.0283 ns	6.6114ns	0.3069ns
اندازه بذر× پرایمینگ Priming × Seed size	6	71.363 **	99.883**	0.0263ns	100.380**	4.552ns
اندازه بذر×رقم Cultivar × Seed size	2	24.660ns	52.541ns	0.00424ns	0.027ns	13.9230ns
پرایمینگ × رقم Cultivar × Priming	3	8.384ns	43.460ns	0.00379ns	37.320ns	6.0875ns
اندازه بذر×پرایمینگ× رقم × Priming × Seed size Cultivar	6	11.2773 ns	88.362ns	0.001612 ns	11.8985 ns	5.8690 ns
اندازه بذر×پرایمینگ× رقم × سال × Priming × Seed size Year ×Cultivar	6	33.4513ns	67.194ns	0.004789ns	36.49224ns	21.68179ns
خطا Error	92	31.7885	29.2942	2.5796	44.3459	21.5406
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		9.79	10.89	11.72	14.22	12.72

ns: غیر معنی‌دار ، * و **: معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Non- Significant, * and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر خواص فیزیکی سوخ در دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 3. Mean comparison of main effect of experiment treatments on bulb physical properties during 2012 and 2013 cropping season

تیمار Treatment	میانگین قطر حسابی سوخ Arithmetic diameter mean	میانگین قطر هندسی سوخ Geometric diameter mean	کرویت سوخ Sphericity	سطح رویه Frontal surface area	سطح برش عرضی Cross-sectional area
فصل زراعی (Cropping season)					
2011-2012	48.70 b	46.31 b	0.79 b	27.41b	19.07 b
2012-2013	55.80 a	53.04 a	0.83 a	35.20a	24.94 a
اندازه بذر (Seed size)					
ریز Small	50.09b	47.51b	1.1a	28.70b	20.22b
متوسط Medium	53.46ab	49.76 ab	0.87b	31.43ab	22.12ab
درشت Large	54.21a	51.67a	0.89b	33.79a	23.68a
پرایمینگ (Priming)					
شاهد Control	48.9c	46.66c	1.2a	27.31c	19.33c
هیدروپرایمینگ Hydro priming	50.76bc	48.17bc	0.80c	29.74bc	20.82bc
نیترات پتاسیم KNO3	52.89b	50.24b	0.81c	31.90b	22.44b
فولامین Folammin	56.39a	53.64a	0.83b	36.27a	25.43a
ارقام (Cultivars)					
قرمزآذرشهر RedAzarshahr	48.19b	48.19b	0.99a	21.91b	20.66b
زرقان Zargan	51.16a	51.16a	0.78b	33.70a	33.34a

میانگین‌های هر ستون و تیمار دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت آماری معنی‌داری نمی‌باشد.

Mean in each column and treatment with the same letter are not Significantly different at 5% of probability level-using Duncan´s Multiple Range Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل اندازه بذر و پرایمینگ بر برخی خواص فیزیکی و مکانیکی سوخ پیاز

Table 4. Mean comparison combined of intraction seed size and priming on bulb physical properties

اندازه بذر Seed size	پرایمینگ Priming	میانگین قطر حسابی Arithmetic diameter mean	میانگین قطر هندسی Geometric diameter mean	مساحت سطح رویه Frontal surface area	سرعت حد Terminal velocity
ریز Small	شاهد (Control)	49.50dc	47.09dc	28.01dc	2.21def
	هیدروپرایمینگ (Hydropriming)	50.43dc	47.84dc	29.27dc	2.75dc
	نیترات پتاسیم (KNO3)	51.49abc	48.89c	30.30abc	2.85abc
	فولامین (Falommin)	53.24a	50.58dc	32.49ab	3.56c
متوسط Medium	شاهد (Control)	51.18bcd	48.21dc	29.37dc	2.81d
	هیدروپرایمینگ (Hydro priming)	52.11dc	48.67dc	30.59dc	3.35c
	نیترات پتاسیم (KNO3)	53.18ab	50.00abc	31.67abc	3.45c
	فولامین (Falomin)	54.93a	51.7a	33.85ab	4.16ab
درشت Large	شاهد (Control)	51.56bcd	49.17d	30.55d	3.46c
	هیدروپرایمینگ (Hydro priming)	52.49dc	49.92dc	31.77dc	4.00ab
	نیترات پتاسیم (KNO3)	53.55ab	50.96ab	32.85b	4.1ab
	فولامین (Falommin)	55.80a	52.66a	37.98a	4.81a

میانگین‌های هر ستون و تیمار دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت آماری معنی‌داری نمی‌باشد.

Mean in each column and treatment with the same letter are not significantly different at 5% of probability level-using Duncan´s Multiple Range Test.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب خواص مکانیکی سوخ در تیمارهای آزمایش

Table 5. Combined analysis of variance for bulb mechnical properties in experiment treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ضریب اصطکاک استاتیکی Static friction coefficient			زاویه ریپوز Repose angles		سرعت حد Terminal velocity
		آهن گلوانیزه Galvanized iron	لاستیک Rubber	چوب Wood	پر کردن Filling	تخلیه Emptying	
سال Year (Y)	1	171.236**	1653.734**	246.737**	54.015**	321.488**	284.501**
تکرار (سال) R/Year	4	89.1010	143.745	149.056	2.0405	214.389	89.1010
اندازه بذر Seed size (SS)	2	273.342**	246.433**	345.656**	7.1129**	215.826**	183.325**
سال× اندازه بذر Seed size× Year	2	22.026ns	1.076ns	7.016ns	1.0749ns	7.139ns	2.045ns
پرایمینگ Priming (P)	3	269.4352**	437.298**	349.045**	9.722**	459.229**	358.6516**
سال× پرایمینگ Priming × Year	3	2.4128ns	2.447ns	19.3215ns	0.0805ns	10.300ns	6.662ns
رقم (C) Cultivar	1	351.4811*	289.419**	289.069**	6.3660**	66.9210**	352.4863**
سال× رقم Cultivar × Year	1	2.7664ns	3.982ns	11.283ns	0.6154ns	26.869ns	1.0603ns
اندازه بذر× پرایمینگ Seed size × Priming	6	3.0634ns	19.363 ns	29.056ns	1.380ns	71.152 ns	45.0664**
اندازه بذر×رقم Seed size × Cultivar	2	6.660ns	34.541ns	3.083ns	1.027ns	27.8230ns	6.14377ns
پرایمینگ × رقم Priming × Cultivar	3	17.384ns	11.3418ns	13.0639ns	1.3200ns	21.4875ns	23.7583ns
اندازه بذر × پرایمینگ× رقم SS × P × C	6	9.3173 ns	19.372 ns	18.934ns	1.3985 ns	26.8690 ns	16.18218 ns
اندازه بذر×پرایمینگ× رقم × سال SS × P × C ×Y	6	18.3113ns	23.744ns	17.479ns	1.0022ns	14.6879ns	18.3118ns
خطای آزمایشی Error	92	23.1385	43.9871	39.3747	4.3459	47.3459	25.5769
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		12.72	9.79	8.22	7.56	11.14	7.72

ns: غیر معنی‌دار ، * و **: معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Non- Significant, * and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

میلی‌متر و کمترین آن از گیاهان حاصل از بذرهای ریز و تیمار شاهد برابر ۲۸/۰۱ میلی‌متر به‌دست آمد (جدول۴).

ضریب اصطکاک استاتیکی

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر و ارقام از نظر صفت ضریب اصطکاک استاتیکی درسطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که در بین اثرات متقابل موجود در منابع تغییر، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد (جدول ۵). بررسی اثرات ساده در تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی سوخ برابر ۱/۶ از تیمار شاهد مربوط به سطح چوب و کمترین آن برابر ۰/۶۷ از تیمار بذر با استفاده از فولامین مربوط به سطح آهن گالوانیزه است، در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ در سطوح یاد شده از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). همچنین بیشترین مقدار ضریب اصطکاک استاتیکی سوخ برابر ۱/۴ از گیاهان حاصل از بذرهای ریز مربوط به سطح چوپ و کمترین آن برابر ۰/۸۱ از گیاهان حاصل از بذرهای درشت مربوط به سطح آهن گالوانیزه به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج این پژوهش نشان داد که متناسب با افزایش اندازه بذر، طول و قطر سوخ‌های حاصله افزایش یافته، در نتیجه ضریب اصطکاک استاتیکی سوخ افزایش نشان داد که با نتایج تحقیقات در پیاز زعفران (Bakhtyari *et al.*, 2012) و (Bahnasawy *et al.*, 2004) برای سوخ پیاز مطابقت

دارد. همچنین بیشترین ضریب اصطکاک استاتیکی سوخ در رقم زرقان برابر ۱/۱ مربوط به سطح چوب و کمترین آن برابر ۰/۶۸ در رقم قرمز آذرشهر مربوط به سطح آهن گالوانیزه است (جدول ۶). نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین (Bahnasawy *et al.*, 2004) که گزارش نمودند تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر ضریب اصطکاک استاتیکی وجود دارد، مطابقت می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد ضریب اصطکاک استاتیکی سوخ در تیمارهای مورد بررسی به‌ترتیب در سطوح چوب، پلاستیک و آهن گالوانیزه کاهش یافته است. به عبارتی دیگر، بیشترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به سطح چوب و کمترین آن مربوط به سطح آهن گالوانیزه است.

زاویه ریپوز

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر و ارقام از نظر صفات زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه سوخ پیاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، در حالی‌که در بین اثرات متقابل موجود در منابع تغییر، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نشد (جدول ۵). بررسی اثرات ساده در تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه سوخ به‌ترتیب ۴۶/۷ و ۲۳/۱۷ از تیمار شاهد (بدون پرایم) و کمترین آنها به‌ترتیب ۴۰/۳۸ و ۲۰/۳۴ از تیمار بذر با استفاده از فولامین به‌دست آمد، در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). همچنین بیشترین مقدار زوایای ریپوز پر کردن و تخلیه سوخ به‌ترتیب ۴۵/۰۴ و ۲۴/۰۷ از گیاهان حاصل از بذرهای ریز و کمترین آنها به‌ترتیب ۴۱/۵۲ و ۲۰/۰۳ از سوخ‌های حاصل از بذرهای درشت به‌دست آمد (جدول ۶). همچنین این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار زاویه ریپوز پر کردن و زاویه ریپوز تخلیه سوخ به‌ترتیب ۴۸/۶۵ و ۲۸/۳۶ از ژنوتیپ زرقان و کمترین آنها به‌ترتیب ۴۳/۵۵ و ۲۳/۲۵ از ژنوتیپ قرمز آذرشهر به‌دست آمد (جدول ۶). به‌طور کلی همانند برخی محصولات کشاورزی زاویه ریپوز کردن بزرگتر از زاویه ریپوز تخلیه سوخ پیاز بوده است. به‌عنوان مثال در پژوهشی توسط (Razavi and Milani, 2006) برخی از خواص فیزیکی سه واریته متداول دانه هندوانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده است که در تمام رقم‌های مورد بررسی، زاویه ریپوز کردن بزرگتر از زاویه ریپوز تخلیه بوده است. در تحقیقی دیگر رضوی و همکاران (Razavi *et al.* , 2008) تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی دانه پسته وحشی (بنه) را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که زوایای ریپوز کردن و تخلیه به‌ترتیب ۱۹/۹۲ و ۱۶/۰۱ درجه است. زاویه ریپوز و خواص اصطکاکی در طراحی سیلوها، مخازن نگهداری، نوار نقاله و تجهیزات انتقال مواد استفاده می‌شود (Razavi and Milani, 2006)

سرعت حد

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر عوامل سال، اندازه بذر، تیمار بذر و ارقام از نظر سرعت حد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و همچنین اثر متقابل اندازه بذر × پرایمینگ از نظر سرعت حد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بررسی اثرات ساده در تجزیه دو سالانه آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار سرعت حد برابر ۴/۸۷ متر برثانیه از تیمار بذر با مادهٔ فولامین و کمترین آن برابر ۲/۲۵ متر برثانیه از تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌دست آمد، در حالی‌که تیمارهای بذر با استفاده از نیترات پتاسیم و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر آماری هیچ تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). همچنین بیشترین مقدار سرعت حد برابر ۴/۷۵ متر بر ثانیه از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و کمترین آن برابر ۲/۲۵ متر بر ثانیه از گیاهان حاصل از بذرهای ریز به‌دست آمد (جدول ۶). با توجه به افزایش اندازه بذر و استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ بذر، سوخ‌های حاصله از وزن و ابعاد اصلی بیشتری برخوردار بوده، در نتیجه بیشترین مقدار سرعت حد را در مقایسه با بذرهای ریز و تیمار شاهد داراست و نیروی بیشتری جهت شناوری نیاز دارند. نتایج مشابهی توسط (Bakhtyari *et al.*, 2012) برای پیاز زعفران گزارش شد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات برای گیاه نخود، برنج و عدس (Rabbani, 2007; Ghamari *et al.*, 2011) مطابقت دارد. بین ارقام پیاز ازنظر ویژگی‌های سرعت حد، تفاوت معنی‌داری

در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت به‌طوری‌که بیشترین مقدار، سرعت حد برابر ۳/۷۵ متر بر ثانیه از رقم قرمز آذرشهر و کمترین آن برابر ۲/۳۵ متر برثانیه از رقم زرقان به‌دست آمد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بذر × پرایمینگ نشان داد روش‌های مختلف پرایمینگ در هر سه اندازه بذر در مقایسه با تیمار شاهد و بذرهای ریز تأثیری معنی‌دار از نظر سرعت حد داشتند به‌طوری‌که بیشترین سرعت حد از گیاهان حاصل از بذرهای درشت و پرایم با فولامین برابر ۴/۸۱ متر برثانیه و کمترین آن از گیاهان حاصل از بذرهای ریز و تیمار شاهد برابر ۲/۲۱ متر برثانیه به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۶- مقایسه میانگین خواص مکانیکی مورد مطالعه در اندازه بذر، پیش‌تیمار و رقم در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 6. Mean comparison of different mechnical properties of seed size, pre-treatment and cultivar in 2012 and 2013 cropping seasons

تیمار Treatment	ضریب اصطکاک استاتیکی Static friction coefficient		زاویه ریپوز Repose angles			سرعت حد Terminal velocity ms^{-1}
	آهن گلوانیزه Galvanized iron	لاستیک Rubber	چوب Wood	پر کردن Filling	تخلیه Emptying	
فصل زراعی (Cropping season)						
2011-2012	0.92a	0.95a	1.33a	43.42b	24.36b	3.30b
2012-2013	0.85b	0.81b	1.1b	52.04a	27.25a	4.25a
اندازه بذر (Seed size)						
ریز Small	0.99a	1.02a	1.4a	45.04a	24.07b	2.25b
متوسط Medium	0.86b	0.96b	1.02b	43.6b	22.36b	3.45c
درشت Large	0.81c	0.88c	0.76c	41.52c	2.03c	4.75a
پرایمینگ (Priming)						
شاهد Control	0.92a	1.30a	1.6a	46.7a	23.17a	2.17c
هیدروپرایمینگ Hydro priming	0.86b	1.01b	1.07b	43.6b	21.25b	3.25b
نیترات پتاسیم KNO3	0.84b	0.98c	1.02b	44.6c	22.36c	3.45b
فولامین Folammin	0.67c	0.78d	0.67c	40.38d	20.34d	4.87a
ارقام (Cultivars)						
قرمزآذرشهر RedAzarshahr	0.68b	0.88b	0.68b	43.55b	23.25b	3.75a
زرقان Zargan	0.99a	1.08a	1.1a	48.65a	28.36a	2.35b

میانگین‌های، هر ستون و تیمار دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد دارای تفاوت آماری معنی‌داری نمی باشد.

Mean in each column and treatment with the same letter are not Significantly different at 5% of probability level-using Duncan´s Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی سوخ ارقام پیاز خوراکی و تأثیر روش‌های مختلف پرایمینگ و اندازه بذر بر این ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بررسی نشان داد تأثیر روش‌های مختلف پرایمینگ بر خواص فیزیکی و مکانیکی سوخ معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین مقدار خواص فیزیکی نظیر میانگین قطر حسابی و هندسی مساحت، سطح رویه، سطح برش عرضی سوخ و همچنین بیشترین مقدار ویژگی‌های مکانیکی نظیر سرعت حد از پرایمینگ با ماده فولامین و

کمترین آنها از تیمار شاهد به‌دست آمد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین مقدار ضریب کرویت سوخ، ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه ریپوز پرکردن و زاویه ریپوز تخلیه از تیمار شاهد (بدون پرایم) به‌دست آمد.

در مورد تأثیر اندازه‌های مختلف بذر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ، ملاحظه شد که با افزایش اندازه بذر، میانگین قطر حسابی و هندسی، مساحت سطح رویه، سطح برش عرضی سوخ و سرعت حد افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین آنها از بذرهای درشت و کمترین آنها از بذرهای ریز به‌دست آمد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین مقدار ضریب کرویت سوخ، ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه ریپوز پرکردن و زاویه ریپوز تخلیه از بذر ریز به‌دست آمد.

نتایج این بررسی نشان داد تأثیر رقم بر خواص فیزیکی و مکانیکی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که به جز ضریب کرویت و سرعت حد بیشترین میانگین قطر حسابی و هندسی، مساحت سطح رویه، سطح برش عرضی سوخ، زاویه ریپوز پرکردن و زاویه ریپوز تخلیه و ضریب اصطکاک استاتیکی از سطح چوب از رقم زرقان و کمترین آنها از رقم قرمز آذرشهر به‌دست آمد.

در مجموع از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذر با استفاده از اسید آمینه فولامین ۲ درصد نسبت به سایر روش‌های پرایمینگ و بذرهای درشت نسبت به سایر اندازه‌های بذر باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ شد و متناسب با افزایش اندازه بذر و اعمال پرایمینگ فولامین ۲ درصد، ابعاد هندسی و وزن سوخ افزایش نشان داد. در نتیجه باعث افزایش میانگین‌های حسابی و هندسی، مساحت سطح رویه، برش عرضی و سرعت حد سوخ شد. تعیین این ویژگی‌ها به‌عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی، بسته‌بندی، فرایند کنترل ذخیره‌سازی و فرآوری ارقام پیاز بسیار حائز اهمیت است. اثر مثبت بذرهای درشت را در اندازه بزرگ جنین، بیشتر بودن مواد ذخیره‌ای آندوسپرم و قدرت سبز بیشتر آن از بذر ریز و سازگار تاثیرگذار ماده فولامین را می‌توان در عناصر تشکیل دهنده آن، عنصر نیتروژن و اسیدهای آمینه موجود در آن ملاحظه کرد که گیاهانی قوی، سطح برگ بیشتر و توسعه یافته‌تری در مقایسه با بذرهای ریز و تیمار شاهد تولید می‌کنند که سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ ارقام پیاز شدند. نهایتاً اثر سودمند پرایمینگ با ماده فولامین و بذرهای درشت بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سوخ به سبز شدن و استقرار سریع گیاهچه‌ها، استفاده بهتر از نور، رطوبت خاک، عناصر غذایی و تجمع بیشتر ماده خشک در اندام‌های هوایی یا برگ (منبع) و انتقال آنها به اندام زیرزمینی یا سوخ (مقصد فیزیولوژیکی) به‌وسیله گیاهان حاصل از بذرهای درشت و بذرهای پرایمینگ شده نسبت داده شد.

منابع

Bahnasawy, A.H., El-Haddad, Z.A., El-Ansary, M.Y. and Sorour, H.M. 2004. Physical and mechanical properties of some Egyptian onion cultivars. Journal of Food Engineering, 62: 255-261. **(Journal)**

Bakhtyari Konari, F., Saeidi Rad, M.H., Karageyn, H., Shraie, P. and Arainfar, A. 2012. Comparison and investigation some physical properties of onion saffron with cover and without cover. Innovation Journal of Food Science Technology, 5 (2): 70-81.(In Farsi) **(Journal)**

Baryeh, E.A. 2002. Physical properties of millet. Journal of Food Engineering, 51: 39-46. **(Journal)**

Brewster, J.L. 2008. Onions and other vegetable alliums. 2nd ed., CAB International, Wallingford, United Kingdom. **(Book)**

Corzo-Martinez, M., Corzo, N. and Villamiel, M. 2007. Biological properties of onions and garlic. Trends Food Science Technology, 18 (12): 609-625. **(Journal)**

Devaraju, P.J., Nagamani, S., Veere Gowda, R., Yogeesha, H.S., Gowda, R., Nagaraju, K. and Shashidhara, S. 2011. Effect of chemo priming on plant growth and bulb yield in onion. International Journal of Agriculture, Enviroment and Biotechnology, 4 (2):121-123. **(Journal)**

Dhumal, K., Datir, S. and Pandey, R. 2006. Assessement of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). Food Chemistry, 100: 1328–1330. **(Journal)**

Dorna, H., Jarosz, M., Szopinska, D., Szulc, I. and Rosinska, A. 2013. Germanation, vigour and health of primed *Allium cepa* L. seeds after storage. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 12 (4): 43-58. **(Journal)**

Droudgar, H., Khojastepour, M., Emadi, B. and Saeidi-e-Rad, M.H. 2013. Study some physical and mechanical properties of Ghasry melon. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 9 (2): 175-181. (In Farsi) **(Journal)**

Farooq, M., Basra, M.A., Wahid, A., Ahmad, N. and Saleem, B.A. 2009. Induction of drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 237–246. **(Journal)**

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A. and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 6(5): 583-588. **(Journal)**

Fathollahzadeh, H., Mobli, H., Tavakkoli, M., Ebrahimzadeh, M.R. and Tabatabaie, S.M.H. 2009. Some physical properties of Sonnati Salmas apricot pit. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript 1157.Vol. XI. May. **(Journal)**

Gamiel, S., Smittle, D.A. and Mills. H.A. 1990. Onion seed size, weight, and elemental content affect germination and bulb yield. Horticultural Science, 25 (5): 522-523. **(Journal)**

Ghabel, R., Rajabipour, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M. and Oveisi, M. 2010. Modeling the mass of Iranian export onion (*Allium cepa* L.) varieties using some physical characteristics. Agricultural Engineering Research, 56(1): 33–40. **(Journal)**

Ghaffari, H., Marghoub, N., Shirazi, M., Sheikh, N., Darabadi, S., Hakimi, A. and Abbasi, F. 2013. Physical properties of three Iranian onion varieties. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 7(9): 587-593. (In Farsi) **(Journal)**

Ghamari, S., Rabbani, H. and Khazaei, J. 2011. Mathematical models for predicting the terminal velocity of chickpea, rice and lentil. World Applied Sciences Journal, 15 (11): 1557-1561. **(Journal)**

Haromoto, E.R. and Gallandt, E.R. 2005. Brassica cover cropping: II. Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and red root pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Weed Science, 53 (5): 702-708. **(Journal)**

Jonesa, D., Shannon, D., Junvee, F., Thippaya, F. and John, F. 2005. Plant capture of free amino acids is maximized under high soil amino acid concentrations. Soil Biology and Biochemistry, 37:179–181. **(Journal)**

Kabas, O., Ozmerzi, A. and Akinci, I. 2005. Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus India* L.) grown wild in Turkey. Journal of Food Engineering, 73: 198–202. **(Journal)**

Kilickan, A. and Guner, M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Olea europaea* L.) under compression loading. Journal of Food Engineering, 87: 222–228. **(Journal)**

Martinz, M.C., Corzo, N. and Villiamiel, M. 2007. Biological properties of onion and garlic. Trends in Food Science and Technology, 18 (12): 609-625. **(Journal)**

Meisami-asl, E., Rafiee, S., Keyhani A. and Tabatabaeefar, A. 2009. Some physical properties of apple CV. 'Golab'. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript 1124.Vol. XI. March. **(Journal)**

Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. New York, Gordon and Breach Science Publishers: 20–89. **(Book)**

Rabbani, H. 2007. Determination of aerodynamic properties of Chickpea, Ph.D. Thesis. Agricultural Machinery Mechanical Engineering. University of Tehran, Iran. (In Farsi)

Rabinowitch, H.D. and Brewster J.L. 1990. Onions and Allied Crops. CRC. Press, Inc. Boca Raton. Florida, 3, 1-60. **(Book)**

Razavi, S.M.A. and Milani, E. 2006. Some physical properties of the watermelon seeds. African Journal of Agricultural Research, 1 (3): 65-69. **(Journal)**

Razavi, S.M.A., Mazaherinasab, M., Nickfar, F. and Sanaeefard, H. 2008. Physical properties and image analysis of wild pistachio nut (*Baneh*). Iranian Food Science and Technology Research Journal, 3(2): 62-70. (In Farsi) **(Journal)**

Sacilik, K., Ozturk, R. and Keskin, R. 2003. Some physical properties of hemp seed. Biosystems Engineering, 86: 191-198. **(Journal)**

Sadrnia, H., Rajabipour, A., Javadi, A., Jafari, A. and Mostoufi, Y. 2001. Comperssion mechanical and physical properties in two watermelon cultivars (Charleston Gray and Krimson sweet). Journal of Agricultural Engineering Research, 7(28): 151-166. (In Farsi) **(Journal)**

Singh, K.P. 2000. Response of graded level of nitrogen in tuberose cultivar single. Advanced Plant Sciences, 13(1): 283-285. **(Journal)**

Sirisomboon, P., Kitchaiya, P., Pholpho, T. and Mahuttanyavanitch, W. 2007. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. Biosystem Engineering, 97: 201–207. **(Journal)**

Spurr, C.J., Fulton, D.A., Brown, P.H. and Clark, R.J. 2002. Changes in seed yield and quality in onion (*Allium cepa* L.) cv. Early Cream Gold. Journal of Agronomy Science, 188: 275-280. **(Journal)**

Tajbakhsh, M. and M. Ghiyas.2008. Seed ecology. Urmia University Publication, pp.389. (In Farsi) **(Book)**

Taylor, N., Day, D.A. and Millar, A.H. 2004. Targets of stress induced oxidative damage in plant mitochondria and their impact on cell carbon/nitrogen metabolism. Journal of Experimental Botany, 55: 1-10. **(Journal)**

Wallsgrove, R.M. 1995. Amino acids and their derivatives in higher plants. Cambridge University Press, 294 pp. **(Book)**

Yarnia, M., Farajzadeh, E. and Tabrizi, M. 2012. Effect of seed priming with different concentration of GA_3, IAA and Kinetin on Azarshahr onion germination and seedling growth. Journal of Basic and Applied Scientific Research, 2 (3): 2657-2661. **(Journal)**

Response of physical and mechnical properties of onion (*Allium cepa* L.) genotypes bulb to seed priming and size

Mousa Izadkhah Shishvan*[1], Mahdi Tajbakhsh Shishvan[2]

Received: December 9, 2015 Accepted: February 22, 2016

Abstract

In order to evaluate the effect of seed priming and seed size on physical and mechnical properties of onion genotypes a factorial field experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted in 2012 and 2013 cropping season at Agriculture and Natural Resources Research Center of East Azarbayjan, Iran. The experimental treatments included priming (at four levels: hydropriming, osmopriming (in %2 KNO_3), priming with folammin amino acid (in 2%) and control (without priming), seed size (at three levels: small, medium, large) and cultivars (at two levels: RedAzarshahr and Zarguan). Following characteristics such as physical and mechnical properties include: arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, sphericity, frontal surface area, cross-sectional of area onion, static coefficient of friction, angles of repose and terminal velocity were studied. Analysis of variance for the measurd traits indicated that all characteristics significantly were affected by treatment and seed size. Results showed that seed priming and seed size improved physical and mechnical properties characteristics. The highest arithmetic, geometric mean diameter, frontal surface area, terminal velocity, were obtained from plant that primed with folammin amino acid 56.39,53.64, 36.27 mm 4.87 m/s, respectively, and the lowest were achieved from control plants. The highest repose angle filling and emptyin were obtained from control 46.7°, 23.17° respectively, and the lowest were achieved from primed with folamin. Also the highest static friction coefficient were obtained from control on plywood (1.6) and lowest were achieved from primed with folamin (0.67) on galvanized iron surfaces.

Keywords: Arithmetic mean diameter; Geometric mean diameter; Sphericity; Terminal velocity

1. Former Ph.D Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia
* Corresponding author: ms.izadkhah@gmail.com