

بررسی اثرات نیروی دینامیکی بر خصوصیات جوانه‌زنی و شاخص وزنی بینه بذر سه رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) با کمک پردازش تصویر

مریم سلطانی کاظمی^۱، سامان آبدانان مهدی‌زاده^{۲*} و محمد حسین قربینه^۳

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. استادیار دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳. دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰)

چکیده

هدف این پژوهش بررسی امکان استفاده از روش پردازش تصویر به منظور تعیین کیفیت جوانه‌زنی بذر نخود بعد از بارگذاری دینامیکی بود. بدین منظور خسارت مکانیکی در ۴ سطح (صفر، ۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷) بر بذر ۳ رقم نخود (آزاد، هاشم و ILC) وارد شد و آزمایش به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. صفات مورد بررسی هدایت الکتریکی، شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص وزنی بینه بذر، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه بودند. نتایج مشخص کرد، رقم ILC با کمترین هدایت الکتریکی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی، بیشترین طول گیاهچه، بیشترین شاخص وزنی بینه بذر، بیشترین طول ریشه‌چه، بیشترین وزن خشک ریشه‌چه، بیشترین وزن خشک ساقه‌چه و بیشترین وزن خشک گیاهچه به عنوان بهترین رقم در مقایسه با دو رقم دیگر بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین مربوط به تیمار سطح انرژی نشان داد که هر چه سطح انرژی بیشتر باشد از کیفیت و شاخص وزنی بینه بذر کاسته می‌شود. سپس با استفاده از پردازش تصویر دو پارامتر طول و مساحت ریشه‌چه نیز طی دوره جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری اختلاف معنی‌داری میان طول اندازه‌گیری شده با روش پردازش تصویر و اندازه‌گیری شده با روش دستی وجود نداشت. این مسئله نشان از توانایی جایگزینی روش پردازش تصویر به منظور انجام اندازه‌گیری‌های وقت گیر دستی در بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر را دارد.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، آسیب مکانیکی، شاخص‌های جوانه‌زنی، ارقام نخود

Dynamic force effects on germination characteristics and weight vigour index of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) seed by using image processing

Maryam Soltani Kazemi¹, Saman Abdanan Mehdizadeh^{2*} and Mohammad Hossain Gharineh³

1. Graduate Student, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural and Rural Development, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Khuzestan, Iran

2. Assistant Professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural and Rural Development, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Khuzestan, Iran

3. Associate Professor, Department of Agricultural, Faculty of Agricultural, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Khuzestan, Iran

(Received: 20.Sep.2016- Accepted: 28.Feb.2017)

Abstract

The aim of this research was to investigate the possibility of using image processing to determine the quality of seed germination after applying dynamic loads. For this purpose, mechanical damage at four levels (0.0404, 0.0808, 0.1212 and 0.1617) on three cultivars of chickpea seed (Azad, Hashem and ILC) were investigated. The study was conducted based on a completely randomized factorial design. The results showed that the ILC had the lowest electrical conductivity (12.02), the highest germination rate (10.31), the highest seedling growth (18.69), the most vigor (84.2), the maximum radicle length (13.29), radicle dry weight (0.574), hypocotyle dry weight (0.271) and the highest seedling dry weight (0.844) among other cultivars. Mean comparison of energy treatment showed that with increasing energy level, germination quality and vigor were reduced. Then, length and area of radicle were evaluated using image processing. Based on statistical analysis, there was no significant difference between image processing and manual measurements. This shows the potential of replacement of time-consuming manual with image processing method for examination of seedling parameters.

Key word: Image processing, Mechanical damage, Germination indices

* Email: s.abdanan@ramin.ac.ir

مقدمه

طراحی و تنظیم قسمت‌های مختلف ماشین‌های که با دانه در ارتباط می‌باشند، استفاده نمود (William and Martinson, 2003).

بنیه و کیفیت بذر تحت تأثیر زوال و پیری بذر قرار می‌گیرد و به دنبال آن ظرفیت و سرعت جوانه زنی آن نیز کاهش می‌یابد (Basra et al., 2003). بذرها با کیفیت و بنیه بالاتر می‌توانند بهتر سبز شده و در مواجهه شدن با تنش‌های محیطی درصد سبز شدگی و سرعت جوانه زنی بالاتری را داشته و در نهایت گیاهچه‌های قوی‌تری تولید نمایند (Salehian, 1995). از این رو به آزمون‌های کیفیت بذرها بومی قبل از کاشت بسیار تأکید می‌شود. کاشت بذرها با کیفیت بالا سبب موفقیت و بازده بالای مزرعه‌ای و عملکرد خواهد شد. افزایش روزافزون کاشت بذرها بومی نیاز را برای آزمون دقیق محصولات کشاورزی بالا می‌برد. کاشت بذر با درجه خلوص، قوه نامیه بالا و عاری از علف‌های هرز بذرها مضر موفقیت در کاشت را به دنبال خواهد داشت. از عوامل مؤثر دیگر بر کیفیت بذر می‌توان به مرحله رسیدگی در هنگام برداشت، روش برداشت، خشک کردن، پاک کردن و ذخیره‌سازی اشاره کرد (Elias and Copeland, 1994).

در کشاورزی بعضی از ارزیابی‌های کیفی هنوز به طور دستی و توسط افراد آموزش دیده انجام می‌شود که کاری دشوار، هزینه‌بر و دلیل غیر عینی (ذهنی) بودن ذاتاً غیر قابل اعتماد است. تقاضای روزافزون برای روش‌های قابل اعتماد و کارا، عرضه روش‌های پردازش تصویر مبتنی بر کامپیوتر را ضرورت بخشیده است. این روش‌ها که اخیراً پیشرفت سریعی داشته‌اند، می‌توانند ویژگی‌هایی نظیر اندازه، شکل، رنگ و خواص ساختاری محصولات کشاورزی را تعیین کنند (Savakar and Anami, 2009). این روش هم‌چنین برای ارزیابی کیفیت، تشخیص عیوب، درجه بندی و دسته بندی میوه‌ها، سبزی‌ها، گوشت و ماهی بهترین عملکرد را دارند (Fu et al., 2011). قابلیت بالقوه استفاده از پردازش تصویر در کشاورزی از دیرباز شناخته شده است. استفاده از این روش‌ها برای ارزیابی

نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان یکی از حبوبات است که حدود ۱۲۰۰۰-۸۰۰۰ سال پیش در اروپا کشت می‌شد (Hopf and Zohari, 2001). در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ میزان تولید نخود در کشور حدود ۲۶۹ هزار تن برآورد شده که معادل ۰/۳۶ درصد از میزان تولید محصولات زراعی و ۴۳/۷ درصد از کل میزان تولید حبوبات می‌باشد و ۹۵/۲۶ درصد آن از اراضی کشت دیم به دست آمده است (Agricultural Statistics, 2014). ایران از نظر سطح زیر کشت این گیاه چهارمین رتبه جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه را دارد. از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد خسارت ناشی از ضربه‌های مکانیکی برداشت، فرآوری، بوجاری و انبارداری بذر می‌باشد؛ لذا در راستای پیشگیری از این گونه خسارات طراحی صحیح و منطقی تجهیزات انتقال، برداشت، فرآوری، ذخیره سازی، جداسازی، طبقه بندی و تمیز کردن محصولات کشاورزی نیازمند دانش کافی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن محصولات می‌باشد (Por Azarang, 2002). به منظور طراحی تجهیزات حمل و نقل، بسته بندی و انبارداری نیاز به بررسی خواص ثقلی به عنوان تابعی از عوامل مختلف از جمله رقم و رطوبت است (Bern and Charity, 1975). این خصوصیات شامل شکل، اندازه، حجم، مساحت سطح، وزن و غیره می‌باشد. در مورد تعیین نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، از آن جمله می‌توان به پژوهش فوتز و همکاران (Foutz et al., 1993)، اشاره نمود. در این مطالعه مشخص گردید که مقاومت مکانیکی دانه به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلول‌ها را به هم پیوند می‌دهند بستگی دارد. نیروی شکست دانه تحت تأثیر نیروهای استاتیک و شبه استاتیک معیار مناسبی برای طراحی ادوات و کیفیت کار بالاتر ادوات می‌باشد. از نیروی شکست می‌توان به عنوان اصول اولیه و اساسی در

خصوصیات مورفولوژی گندم دوروم جهت شناسایی ۵ رقم گندم دوروم استفاده کرد. تحلیل تشخیص خطی فیشر بر اساس این خصوصیات قادر به جداسازی ارقام مورد مطالعه با دقت ۶۷/۶۶٪ بود. کاک مک و بویاسی (Cakmak and Boyaci, 2011)، یک سیستم بینایی ماشین را با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی^۱ (ANN) برای ارزیابی کیفیت نخود بر اساس اندازه، رنگ و مورفولوژی سطح طراحی کردند. در این پژوهش آن‌ها با استفاده از این الگوریتم نخودها را با کمک ویژگی‌های رنگ، مورفولوژی سطح و ارزیابی شکل به ترتیب با درصدهای ۹۵/۴٪، ۸۷/۶٪ و ۹۶/۰٪ طبقه‌بندی نمودند.

هدف از این پژوهش بررسی اثر چهار سطح انرژی ۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ ژول بر صفات هدایت الکتریکی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص وزنی بنه بذر، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه در سه رقم نخود آزاد، هاشم و ILC می‌باشد. همچنین استخراج دو پارامتر طول و مساحت در ۳ روز آخر جوانه‌زنی از هر رقم نخود با استفاده از پردازش تصویر و مقایسه این روش با روش‌های دستی می‌باشد؛ در نهایت مقاوم‌ترین رقم نخود از بین سه رقم مورد بررسی نسبت به بارگذاری دینامیکی تعیین می‌شود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه

در این پژوهش از سه رقم متداول ارقام نخود هاشم، آزاد و ILC (بذرها از طبقه سوپر الیت بوده‌اند) که به‌طور گسترده در ایلام و کرمانشاه کشت می‌گردند، استفاده گردید. بذرها از مرکز معاونت مؤسسه تحقیقات دیم کشور در سرارود کرمانشاه تهیه (تاریخ تولید بذرها اردیبهشت ۹۴) و این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی واقع در

عینی و غیر تخریبی موفقیت‌آمیز بوده است (Du and Sun, 2004). تکنولوژی بینایی ماشین از طریق سیستم پردازش تصویر در دهه اخیر، در کشورهای توسعه‌یافته، تأثیر مهمی در فعالیتهای صنعتی مخصوصاً کشاورزی گذارده است. تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از تکنیک پردازش تصویر در مطالعات کشاورزی صورت گرفته است (Pace et al., 2013). نخود بر اساس ویژگی‌های خصوصیات خارجی بذر طبقه‌بندی می‌شود؛ که مساحت و طول بذر به‌عنوان دو خصوصیت مهم تعریف شده مربوط به خصوصیات خارجی می‌باشند. مختصات مرزی جسم را می‌توان برای استخراج ویژگی‌های مورفولوژیکی مورد استفاده قرارداد (Jayas et al., 2000). ویژگی‌های مورفولوژیکی مثل گردی، کشیدگی، فشردگی و غیره به‌طور گسترده‌ای در درجه‌بندی خودکار، تشخیص و بررسی کیفیت محصولات کشاورزی استفاده شده‌اند (Jayas et al. 2000). سه ویژگی مساحت، محیط، طول و عرض معمولاً برای اندازه‌گیری اندازه یک شیء به‌منظور بررسی ارزیابی کیفیت می‌تواند استفاده شوند (Sun and Du, 2004). علاوه بر این، اندازه‌گیری شکل اشیا یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای ارزیابی کیفیت می‌باشند که در مقایسه با ویژگی‌های دیگر، مانند رنگ و بافت، اندازه‌گیری شکل شیء با استفاده از تکنیک پردازش تصویر ساده‌تر به نظر می‌آیند. سیستم‌های درجه‌بندی مختلفی با استفاده از ویژگی‌های مورفولوژیکی به‌منظور طبقه‌بندی دانه‌های مختلف و غلات در منابع گزارش شده‌اند (Barker et al., 1992). میرس و ادسال (Myers and Edsall, 1989)، استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر در شناسایی ارقام گندم در استرالیا ارائه دادند. در پژوهش انجام گرفته، پنج خصوصیت قطر بزرگ، قطر کوچک، محیط، مساحت و حجم بیضوی را از تصاویر بذرها گندم دوروم استخراج کرده و از آن‌ها به‌منظور تخمین عملکرد گندم دوروم استفاده نمودند (Novaro et al., 2001). فراهانی (Farhani, 2012)، از

^۱ - Artificial Neural Network

انتخاب گردید؛ سپس بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی و سپس چندین بار با آب مقطر استریل شستشو و درون پتری با بستر کاغذ صافی کشت شدند. بذرها به مدت ۸ روز (۷ روز اول برای آزمون جوانه زنی استاندارد و روز ۸ برای آزمون رشد گیاهچه) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در ژرminatور قرار داده شدند (AOSA, 2002). شمارش بذرهاي جوانه زده برای برآورد درصد جوانه زنی پس از انتقال ظرفها به درون ژرminatور شروع شد. با استفاده از داده‌های شمارش روزانه بذرهاي جوانه زده، شاخص‌های متوسط جوانه زنی روزانه و سرعت جوانه زنی، روزانه به دست آمد و پس از آن میزان کل شاخص جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و ضریب جوانه زنی محاسبه گردید. در این آزمون درصد جوانه زنی و شاخص جوانه زنی و ضریب جوانه زنی با استفاده از روابط زیر و نیز طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص وزنی بنیه بذر تعیین شدند (روابط ۲-۵) (Sohani, 1996).

(رابطه ۲)

$$\text{تعداد کل های بذر جوانه زده پس از روز هشتم} \\ \text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد کل بذرهاي کشت شده در هر پتریديش}}{\text{تعداد کل های بذر جوانه زده پس از روز هشتم}}$$

$$\text{شاخص جوانه زنی} = \frac{\sum niTi}{N} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$\text{ضریب سرعت جوانه زنی} = \frac{\sum ni}{\sum niTi} \times 100 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$\text{شاخص وزنی بنیه بذر} = \quad \text{(رابطه ۵)}$$

وزن خشک گیاهچه × قوه نامیه

ni: تعداد بذر جوانه زده در روز Ti، N: تعداد کل

بذرهاي کشت شده

دانشگاه منابع طبیعی رامین خوزستان انجام پذیرفت. چون هیچ گونه استاندارد برای این بذر از نظر مقاومت مکانیکی وجود نداشت، در یک آزمایش اولیه، از هر رقم نخود پس از محاسبه نیروی شکست توسط دستگاه اینسترون^۱ (دستگاه Hounsfield مدل H50 K-S ساخت کشور انگلستان) انرژی معادل با این نیرو محاسبه و ارتفاع متناظر با آن به دست آمد. سپس این بازه به چهار ناحیه (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ سانتی متر) تقسیم و توسط وزنه ۰/۱۶۵ کیلوگرمی بر ۶۰۰ عدد بذر نخود از هر رقم اعمال گردید (۱۰۰ عدد برای هر ارتفاع و آزمایش جوانه زنی و ۵۰ عدد نیز برای انجام آزمایش هدایت الکتریکی).

آزمون هدایت الکتریکی

اساس این روش بر این استوار است که فقر یا زوال ساختار غشا و نشت سلولها معمولاً با بدتر شدن کیفیت بذر (منظور نابودی بذر) و کاهش قوه نامیه همراه است. هدایت الکتریکی بیشتر نشان از نشت بیشتر و قوه نامیه کمتر می باشد (AOSA, 2002). در این روش ۵۰ عدد بذر برای هر تکرار انتخاب و هر نمونه وزن شده و در میزان ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر قرار می گیرد. نمونه‌ها خوب تکان داده شده تا به وسیله آب پوشیده شوند، سپس به ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته و میزان هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر گرم) آن‌ها به وسیله هدایت سنج (دستگاه مدل CTR80 ساخت کشور تایوان) محاسبه شد (Hampton and TeKrony, 1995).

(رابطه ۱)

$$EC = \text{میکرو زیمنس بر گرم} = EC \text{ هر نمونه} / \text{وزن نمونه}$$

آزمون جوانه زنی

به منظور تعیین درصد جوانه زنی و بعضی ویژگی‌های مرتبط، بذور جداسازی شده موردنظر در آزمون جوانه زنی استاندارد مطابق با معیارهای انجمن بین المللی آزمون بذر (ISTA, 2004) انجام گرفت. بدین منظور تعداد ۱۶۵۰ بذر (۴ تکرار ۲۵ بذری برای هر سطح انرژی مربوط به هر رقم)

¹ - Instron

² - GP (Germination (%))

³ - GI (Germination Index)

⁴ - GR (Germination Rate)

⁵ - Seed Weight vigour index.

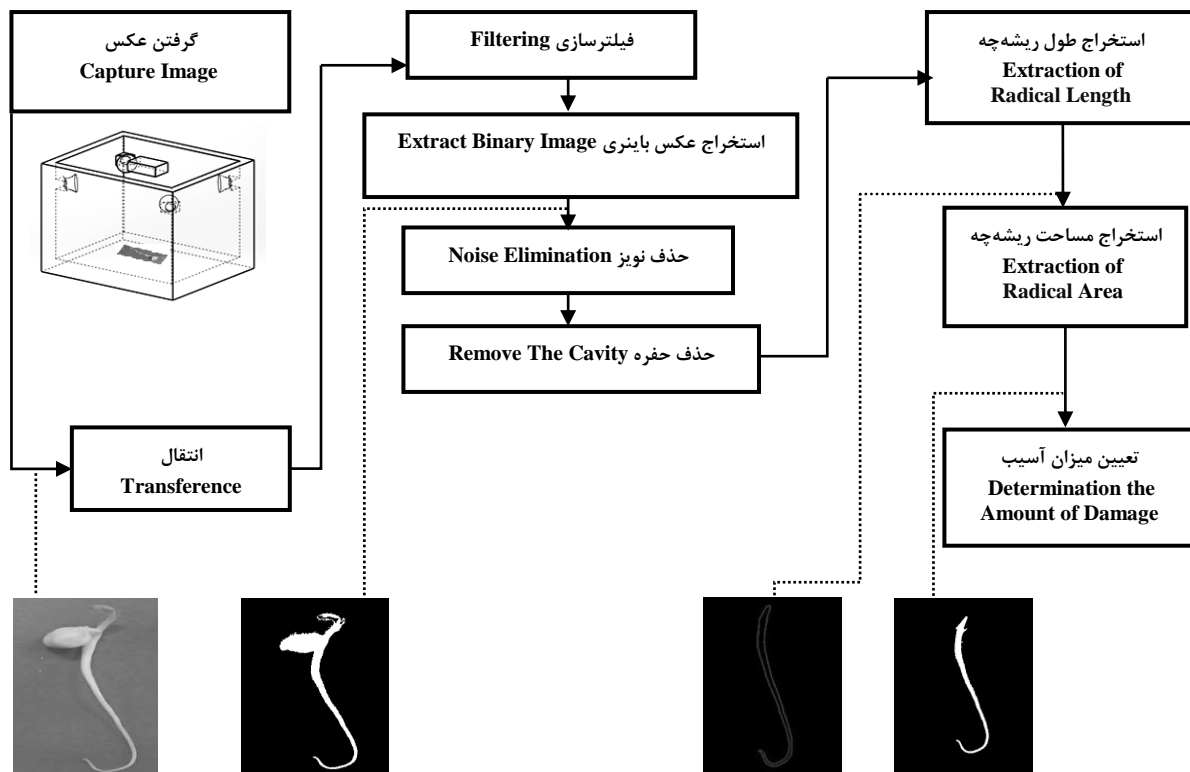
ارزیابی رشد گیاهچه

در هر روز از آزمایش، گیاهچه از پتری خارج و پس از تهیه تصویر که شرح آن خواهد آمد طول ساقه‌چه و ریشه‌چه هر گیاه با استفاده از کولیس ورنیه و با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. سپس ساقه‌چه از ریشه‌چه جدا و به طور جداگانه وزن‌تر آن‌ها با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. پس از آن ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و وزن خشک، ساقه‌چه و ریشه‌چه‌ها نیز اندازه‌گیری گردید.

پردازش تصویر

سیستم بینایی ماشین عموماً شامل پنج جزء اصلی است: نورپردازی، دوربین، صفحه تهیه تصویر، سخت‌افزار و

نرم‌افزار کامپیوتری می‌باشد. بعد از اخذ تصاویر عموماً پنج مرحله عملیات بر روی تصاویر به شرح زیر صورت می‌پذیرد: (۱) دریافت تصویر به منظور تبدیل تصاویر به شکل دیجیتالی؛ (۲) عملیات پیش‌پردازش به منظور به دست آوردن یک تصویر بهبود یافته با ابعاد تصویر اصلی؛ (۳) عملیات بخش‌بندی تصویر به منظور تقسیم یک تصویر دیجیتالی به نواحی پراکنده‌ای که هم‌پوشانی نداشته باشند؛ (۴) عملیات اندازه‌گیری به منظور تعیین طول و مساحت ریشه‌چه نخود، (۵) عملیات طبقه‌بندی به منظور شناسایی اهداف توسط دسته‌بندی آن‌ها در گروه‌های مختلف (تعیین میزان آسیب‌دیدگی). شکل ۱ نمودار روند نمای این پنج مرحله عملیات را بر روی تصاویر نمایش می‌دهد.



شکل ۱- روند نمای استخراج مساحت و طول ریشه‌چه نخود با استفاده پردازش تصویر

Figure 1- Flow chart of extraction of chickpeas' radical area and length using image processing

تهیه تصویر

به منظور ناحیه بندی استفاده می شود. در این پژوهش مقدار آستانه ۲۰۰ در نظر گرفته شد که با روش سعی و خطابه دست آمد؛ بنابراین تصویر مورد بررسی، بعد از آستانه گذاری تصویری دودویی است که در آن پیکسل ها تنها ارزش یک یا صفر دارند.

در مرحله اول جعبه ی چوبی در ابعاد طول و عرض ۲۵ سانتی متر و ارتفاع ۲۵ سانتی متر تهیه گردید. برای تعبیه دوربین به درب دستگاه از پایه مخصوص دوربین استفاده بطوریکه می توان دوربین دیجیتال CASIO (مدل Exilim EX-ZR700؛ ۱۶ پیکسل، ساخت کشور ژاپن) را به راحتی به جعبه وصل یا از جعبه جدا نمود. پایه دوربین طوری تنظیم گردید که وقتی دوربین عکاسی وصل است و درب جعبه بسته است و لنز دوربین کاملاً عمود بر کف جعبه می باشد. منابع نوری سامانه متشکل از دو لامپ فلورسنت (با درجه کلونین $6000K \pm 300K$) می باشند و بر روی درب جعبه طوری قرار داده شدند که با لنز دوربین از نظر موقعیت در یک راستا باشند. برای جلوگیری از انعکاس نور موقع عکس برداری از روکش آبی رنگ برای قسمت کف جعبه استفاده گردید. تصاویر تهیه شده در این مرحله به کامپیوتر منتقل و پردازش مورد نیاز بر روی آن ها در نرم افزار MATLAB 2013a انجام پذیرفت.

آستانه گذاری

یک روش برای جدا کردن پیکسل تشکیل دهنده ی شیء و زمینه، آستانه گذاری سراسری آن می باشد که در این صورت یک آستانه برای کل تصویر تعیین می گردد. در این روش جداسازی پیکسل ها بدین صورت انجام می شود که با تعیین یک سطح خاکستری مشخص به عنوان آستانه، پیکسل هایی که دارای سطح خاکستری کوچک تر یا مساوی آستانه باشند به کلاس صفر و پیکسل هایی که سطح خاکستری آن ها بیشتر از آستانه باشد به کلاس یک نسبت داده می شود. رابطه ناحیه بندی مبتنی بر آستانه گذاری عبارت است از (Gonzalez et al., 2009):

$$i_{new}(x, y) = \begin{cases} 1 & i(x, y) \leq t \\ 0 & i(x, y) > t \end{cases} \quad (5)$$

که $i(x, y)$ تصویر اصلی و $i_{new}(x, y)$ تصویر باینری حاصل از ناحیه بندی می باشد و t آستانه ای است که

استخراج پارامترهای مساحت و طول

ریشه چه

تأکید این تحقیق بر انجام سه مرحله پیش پردازش، قطعه بندی و در نهایت به تعیین مساحت و طول ریشه چه نخود می انجامد. فرآیند قطعه بندی، تصویر دیجیتالی را به نواحی گسسته غیر همپوشانی تقسیم می کند. این مرحله یکی از مراحل اساسی در بحث پردازش تصویر و فرآیندهای شناسایی خودکار الگو بر اساس تحلیل تصویر محصولات کشاورزی است (Mahmoudi et al., 2010). پس از آنکه تصویری مورد نظر با موفقیت از زمینه جدا شد، تعداد پیکسل های روشن (با ارزش یک) که نماینده شیء هستند، شمارش می گردد. سپس مساحت سطح نخود بر اساس تعداد پیکسل ها و تفکیک پذیری تصویر بر حسب سانتی متر مربع محاسبه می گردد. همچنین طول ریشه چه بر حسب سانتی متر به دست آمد.

محاسبات آماری

محاسبات آماری داده های حاصل از آزمایش با استفاده از رویه GLM Proc نرم افزار SAS و مقایسه میانگین از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارزیابی شاخص های جوانه زنی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به منظور بررسی اثر متقابل سطوح انرژی و رقم بر صفات هدایت الکتریکی، شاخص جوانه زنی، شاخص سرعت جوانه زنی،

درصد جوانه زنی، طول گیاهچه، شاخص وزنی بنیه بذری، و وزن خشک گیاهچه در جدول ۱، ۲ و ۳، ۴ و ۵ آورده طول ریشه چه، وزن خشک ریشه چه، و وزن خشک ساقه چه شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح انرژی بر شاخص های جوانه زنی سه رقم نخود

Table 1. Analysis of variance of energy levels effect on chickpea germination characteristics

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean Square میانگین مربعات										
		هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر گرم) EC	شاخص جوانه زنی GI	سرعت جوانه زنی CV (%)	درصد جوانه زنی GP (%)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling lengths (cm)	شاخص وزنی بنیه بذری Seed weight vigour index	طول ریشه چه (سانتی متر) Radical Length (cm)	وزن خشک ریشه چه (گرم) Radical dry weight (gr)	وزن خشک ساقه چه (گرم) Seedling dry weight (gr)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Total weight (gr)	طول ساقه چه (سانتی متر) Seedling length (cm)
سطح انرژی Energy Level	4	9.82**	0.189**	0.196**	0.933 ^{ns}	30.55**	280.6**	19.16**	0.012**	0.003**	0.0027**	1.32**
رقم Cultivars	2	66.68**	0.247**	0.264**	1.06 ^{ns}	162.99**	6270.34**	62.34**	0.394**	0.029**	0.638**	23.73**
سطح انرژی × رقم Energy Level × Cultivars	8	1.5*	0.058*	0.058**	1.73 ^{ns}	7.11**	24.66**	5.93**	0.008**	0.0002**	0.001**	0.09 ^{ns}
ضریب تغییرات CV		2.61	1.67	1.68	0.94	2.32	2.58	2.73	3.25	2.27	2.4	5.77

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی داری

**، *، ^{ns}, respectively significant at the level of one and five percent and non-significant

جدول ۲- برش دهی اثرات متقابل ارقام در هر سطح انرژی بر ویژگی های و شاخص های جوانه زنی بذری نخود

Table 2. Sliced of interaction effect of energy level in cultivar on the characteristics of germination of chickpea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean Square میانگین مربعات									
		هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر گرم) EC	شاخص جوانه زنی GI	سرعت جوانه زنی CV (%)	درصد جوانه زنی GP (%)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling lengths (cm)	شاخص وزنی بنیه بذری Seed weight vigour index	طول ریشه چه (سانتی متر) Radical Length (cm)	وزن خشک ریشه چه (گرم) Radical dry weight (gr)	وزن خشک ساقه چه (گرم) Primary shoot dry weight (gr)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (gr)
0	2	4.86**	0.22 ^{ns}	0.25 ^{ns}	1.33 ^{ns}	54.88**	1605.89**	27.25**	0.094**	0.009**	0.16**
1	2	16.29**	0.004 ^{ns}	0.005 ^{ns}	1.47 ^{ns}	53.50**	1480.5**	26.15**	0.091**	0.007**	0.148**
2	2	18.79**	0.028 ^{ns}	0.032 ^{ns}	1.33 ^{ns}	49.42**	1204.51**	20.40**	0.077**	0.004**	0.12**
3	2	14.84**	0.290**	0.299**	5.33**	11.33**	946.24**	3.83**	0.063**	0.005**	0.103**
4	2	17.89**	0.137*	0.137*	5.3 ^{ns}	22.30**	1131.86**	8.42**	0.07**	0.004**	0.113**

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی داری

**، *، ^{ns}, respectively significant at the level of one and five percent and non-significant

می شود (Pardo et al., 1998).

شاخص جوانه‌زنی

اثر متقابل سطح انرژی و رقم مربوط به صفت شاخص جوانه‌زنی نشان داد که در رقم آزاد، سطح انرژی صفر با سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به طوری که بیشترین مقدار این صفت برای رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ می‌باشد؛ بعلاوه کمترین مقدار شاخص جوانه‌زنی به سطح انرژی ۰/۰۴۰۴ اختصاص دارد. یافته‌های تحقیق نشان داد که برای رقم هاشم، سطح انرژی صفر با سطوح انرژی ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری دارد و بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به ترتیب مربوط به سطح انرژی ۰/۱۲۱۲ و ۰/۰۸۰۸ می‌باشد. برای رقم ILC بین تمام سطوح تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

ضریب سرعت جوانه‌زنی

اثر متقابل سطح انرژی و رقم در خصوص صفت سرعت جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از بود که در رقم آزاد، سطح انرژی صفر با تمام سطوح انرژی ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین مقادیر برای رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی ۰/۰۴۰۴ می‌باشد؛ در صورتی که کمترین مقدار مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ می‌باشد. برای رقم هاشم، سطح انرژی صفر با سطوح انرژی ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری دارد؛ در این رقم بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به سطح انرژی ۰/۰۸۰۸ و ۰/۱۲۱۲ می‌باشد. برای رقم ILC بین تمام سطوح تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در تعیین کیفیت بذر است. هر رقم بذری که در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار است. سرعت جوانه‌زنی در بذرهای با قدرت بالاتر بیشتر از بذرهای با قدرت پایین است (Hosseini, 2008). بذوری با قدرت جوانه‌زنی بالا می‌تواند کارکرد بهتری در درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج مربوط به تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که از نظر تیمارهای سطح انرژی و رقم در تمام صفات به جز درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار شدند. همان‌طور که در جدول ۲ مربوط به برش دهی اثرات متقابل (سطح انرژی × رقم) نشان داده شده، در تمام صفات مورد بررسی به جز سطوح صفر، ۰/۰۴۰۴ و ۰/۰۸۰۸ در شاخص جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و همه سطوح مربوط به صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار گشتند.

اثر متقابل (سطح انرژی × رقم)

اثر متقابل سطح انرژی بر هر سه رقم (آزاد، هاشم و ILC) در جداول ۳، ۴ و ۵ آورده شده است.

هدایت الکتریکی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطح انرژی و رقم مربوط به صفت هدایت الکتریکی نشان داد که در ارقام آزاد و هاشم، سطح انرژی صفر با تمام سطوح انرژی (۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷) تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین مقادیر برای هر دو رقم آزاد و هاشم مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ می‌باشد؛ همچنین کمترین مقدار مربوط به صفت به تیمار شاهد تعلق دارد. برای رقم ILC، سطح انرژی صفر با سطوح ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری داشت، بیشترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ و کمترین مقدار برای سطح انرژی ۰/۰۴۰۴ می‌باشد. آزمون هدایت الکتریکی نشان‌دهنده میزان قدرت بذر می‌باشد. اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی بذور می‌تواند یکی از پارامترهای تعیین‌کننده قدرت بذر باشد. درصد و سرعت جوانه‌زنی دارای رابطه معکوسی با هدایت الکتریکی می‌باشند (Mosavi et al., 2011). در بذرهای با پوسته سرعت جذب آب تنظیم شده و از جنین در برابر صدمات احتمالی ناشی از جذب سریع حفاظت می‌گردد؛ در حالی که بذرهای با پوست آسیب‌دیده نمی‌توانند جذب آب را تنظیم کنند و همین امر سبب نتایج ضعیف آن‌ها و افزایش بذرهای فاسد در آزمایش‌های جوانه‌زنی

گردید. این مسئله در مواردی که از فصل کاشت بذر گذشته باشد و یا شرایط جوی نامناسب یا شد می تواند با تسریع سرعت جوانه زنی از تولید ضایعات جلوگیری نماید.

تحت تأثیر تنش های محیطی داشته و در نتیجه درصد سبز شدن و عملکرد بالاتری از خود نشان می دهد (Gholami *et al.*, 2009). همان طور که مشاهده گردید اعمال بار دینامیکی در سطوح ۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، به ترتیب به ارقام ILC، آزاد سبب افزایش سرعت جوانه زنی بذور

جدول ۳- مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل سطح انرژی و رقم بر شاخص های جوانه زنی بذر نخود
Table 3- Mean comparison of interaction effect of variety and dynamic load on germination parameters of chickpea

سطح انرژی (ژول) Energy Level (J)	هدایت الکتریکی EC (میکرو زیمنس بر گرم)			شاخص جوانه زنی GI(%)			سرعت جوانه زنی CV(%)			درصد جوانه زنی GP(%)		
	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar
	0	13.41 ^e	13.5 ^{de}	11.55 ^f	9.80 ^b	9.80 ^b	9.67 ^b	10.20 ^a	10.19 ^a	10.33 ^a	100 ^a	100 ^a
0.0404	13.67 ^d	15.57 ^b	11.53 ^f	9.72 ^b	9.77 ^b	9.71 ^b	10.28 ^a	10.22 ^a	10.29 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
0.0808	14.22 ^c	15.95 ^b	11.64 ^f	9.77 ^b	9.73 ^b	9.61 ^b	10.23 ^a	10.27 ^a	10.40 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
0.1212	14.48 ^c	16.92 ^a	13.12 ^e	9.79 ^b	10.17 ^a	9.65 ^b	10.21 ^a	9.83 ^b	10.36 ^a	100 ^a	100 ^a	98 ^a
0.1617	14.57 ^c	17.31 ^a	13.15 ^e	10.17 ^a	10.05 ^a	9.81 ^b	9.82 ^b	9.95 ^b	10.19 ^b	100 ^a	100 ^a	100 ^a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

انرژی ۰/۱۶۱۷ و همچنین برای صفت رشد گیاهچه مربوط به سطح انرژی ۰/۱۲۱۲ می باشد. برای رقم هاشم، سطح انرژی صفر با سطوح انرژی ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی داری دارد؛ بیشترین مقادیر شاخص وزنی بینه بذر، طول ریشه چه و رشد گیاهچه برای رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی صفر می باشد؛ بعلاوه کمترین مقدار این صفات در رقم مذکور (آزاد) مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ می باشد. برای رقم ILC، سطح انرژی صفر با تمام سطوح انرژی ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ دارای تفاوت معنی داری می باشد. بیشترین و کمترین مقادیر شاخص وزنی بینه بذر، طول ریشه چه و رشد گیاهچه برای رقم ILC، به ترتیب مربوط به سطح انرژی صفر و ۰/۱۶۱۷ می باشد.

درصد جوانه زنی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین در خصوص این صفت نشان داده شد که هر دو تیمار (سطح انرژی و رقم) مربوط به این صفت تفاوت معنی داری وجود ندارد.

رشد گیاهچه، شاخص وزنی بینه و طول ریشه چه

اثر متقابل سطح انرژی و رقم مربوط به صفات شاخص وزنی بینه بذر، رشد گیاهچه و طول ریشه چه نشان داد که در رقم آزاد، سطح انرژی صفر با تمام سطوح انرژی ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی داری داشت. بیشترین مقادیر برای رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی صفر می باشد؛ کمترین مقدار برای دو صفت شاخص وزنی شاخص وزنی بینه بذر و طول ریشه چه مربوط به سطح

که با زوال بذر وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی یا قابلیت بذر نیز کاهش نشان می‌دهد (Barsa *et al.*, 2003). گزارش‌ها متعددی نشان داده است

با افزایش زوال بذر، قدرت بذر اولین جز از کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی یا قابلیت بذر نیز کاهش نشان می‌دهد (Barsa *et al.*, 2003). گزارش‌ها متعددی نشان داده است

جدول ۴- مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل سطح انرژی و رقم بر صفات جوانه‌زنی بذر نخود

Table 4: Mean comparison of interaction effect of variety and dynamic load the germination parameters chickpea

سطح انرژی (ژول) Energy Level (J)	طول گیاه‌چه (سانتی‌متر) Seedling lengths (cm)			شاخص وزنی بینه بذر Seed weight vigour index			طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radical Lengths (cm)		
	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar
0	16.24 ^{bc}	14.29 ^e	21.46 ^a	70.18 ^d	52.62 ^g	92.6 ^a	11.77 ^c	10.71 ^{ef}	15.67 ^a
0.0404	15.98 ^c	14.10 ^e	21.16 ^a	69.87 ^b	52.4 ^g	90.82 ^a	11.58 ^{cd}	10.64 ^f	15.46 ^a
0.0808	15.44 ^d	13.06 ^f	19.98 ^b	66.66 ^e	49.87 ^h	84.57 ^b	11.11 ^e	9.91 ^g	14.28 ^b
0.1212	15.01 ^d	12.36 ^g	15.49 ^{cd}	64.75 ^e	46.2 ⁱ	76.72 ^c	11.15 ^{de}	9.24 ^h	10.56 ^f
0.1617	15.06 ^d	11.12 ^h	15.36 ^d	63.3 ^f	43.27 ^j	76.7 ^c	11.11 ^e	8.34 ⁱ	10.49 ^f

حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

انرژی ۰/۱۶۱۷ می‌باشد. به صورت مشابهی در رقم هاشم و ILC، سطح انرژی صفر با سطوح انرژی ۰/۱۲۱۲، ۰/۰۸۰۸ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری دارد؛ بیشترین مقادیر برای رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی صفر است؛ همچنین کمترین مقدار مربوط به سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ می‌باشد. با توجه به کاهش وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه به صورت معنی‌دار در سطح انرژی آخر (۰/۱۶۱۷) می‌بایست از اعمال این سطح انرژی به بذر نخود جلوگیری شود.

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاه‌چه

اثر متقابل سطح انرژی و رقم مربوط به صفات وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاه‌چه نشان داد که رقم آزاد سطح انرژی صفر در خصوص صفت وزن خشک ریشه‌چه با سطوح ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری دارد. همچنین برای دو صفت وزن خشک ساقه‌چه و گیاه‌چه میان سطح انرژی صفر با سطوح انرژی ۰/۱۲۱۲، ۰/۰۸۰۸ و ۰/۱۶۱۷ تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. بیشترین مقادیر برای دو صفت شاخص وزنی بینه بذر و طول ریشه‌چه در رقم آزاد، مربوط به سطح انرژی صفر و کمترین مقدار آن مربوط به سطح

جدول ۵. مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل سطح انرژی و رقم بر صفات شاخص جوانه زنی نخود

Table 5: Mean comparison of interaction effect of variety and dynamic load on the germination chickpea

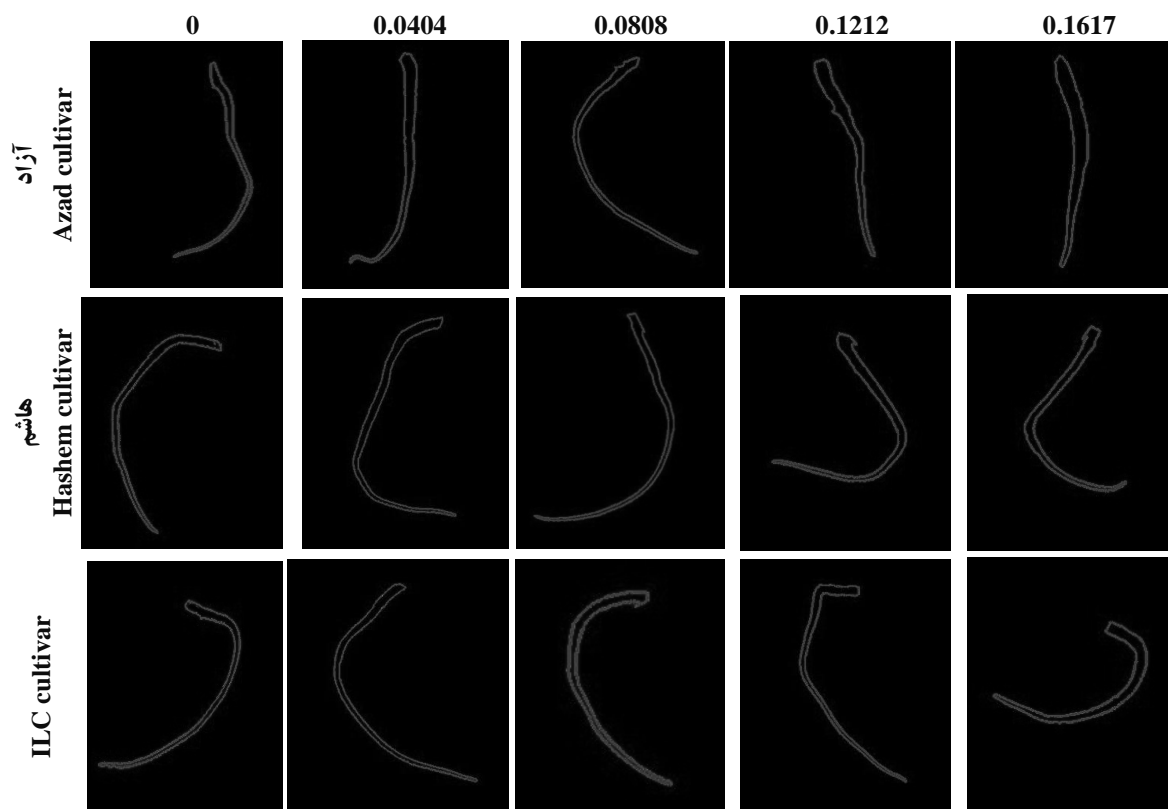
سطح انرژی (ژول) Energy Level (J)	وزن خشک ریشه چه (گرم) Radical dry weight (gr)			وزن خشک ساقه چه (گرم) Seedling dry weight (gr)			وزن خشک گیاه چه (گرم) Total weight (gr)			طول ریشه چه (سانتی متر) Radical length (cm)		
	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar	آزاد Azad cultivar	هاشم Hashem cultivar	ILC cultivar
0	0.233 ^f	0.21 ^{gh}	0.30 ^a	0.48 ^d	0.32 ^h	0.62 ^a	0.709 ^d	0.526 ^g	0.93 ^a	4.46 ^c	3.58 ^{ef}	5.75 ^e
0.0404	0.23 ^f	0.21 ^h	0.29 ^b	0.47 ^{de}	0.32 ^h	0.62 ^a	0.698 ^d	0.524 ^g	0.91 ^a	4.4 ^c	3.4 ^f	5.7 ^a
0.0808	0.227 ^f	0.2 ⁱ	0.37 ^c	0.45 ^{ef}	0.29 ^{hi}	0.58 ^b	0.673 ^e	0.498 ^h	0.84 ^b	4.32 ^c	3.15 ^g	5.7 ^a
0.1212	0.21 ^{gh}	0.181 ^j	0.25 ^d	0.43 ^{fg}	0.28 ⁱ	0.53 ^c	0.647 ^f	0.462 ⁱ	0.78 ^c	3.8d ^e	3.1 ^{gh}	4.93 ^b
0.1617	0.217 ^g	0.174 ^j	0.24 ^e	0.42 ^g	0.26 ^j	0.52 ^c	0.633 ^f	0.432 ^j	0.77 ^c	2.78 ^h	2.78 ^h	4.86 ^b

بهتری از خود نشان داد و به عنوان بهترین تیمار رقم در بین دو رقم دیگر معرفی می‌گردد.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری، طول ریشه چه مربوط به تیمار سطح انرژی در روزهای مختلف نشان داد که در روز ۶، بین تیمار شاهد با سطح انرژی ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷ اختلاف معنی داری وجود دارد که البته هر چه سطح انرژی بیشتر، از طول ریشه چه کاسته شد. همچنین برای روز ۷ بین هیچ کدام از سطوح انرژی تفاوت معنی داری وجود نداشت. نتایج آنالیز آماری مربوط به روز آخر نشان از تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد با سطح انرژی ۰/۱۶۱۷، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۰۸۰۸ در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت؛ به طوری که طول ریشه چه در تیمار شاهد با مقدار ۱۳/۲۹ به عنوان بیشترین مقدار و سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ با مقدار ۱۰/۰۱ به عنوان کمترین مقدار معرفی می‌شوند. همچنین نتایج مقایسه میانگین مربوط به بررسی رقم نشان داد که؛ در روز ۶ بین هیچ کدام از تیمارها تفاوت معنی داری وجود نداشت. همچنین برای روز ۷ نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی داری میان رقم آزاد و ILC دارد. رقم ILC با طول ریشه چه ۱۴/۲۹، به عنوان بهترین رقم نخود از بین دو رقم دیگر معرفی گردید.

استخراج دو پارامتر طول و مساحت با کمک پردازش تصویر

نتایج روند تغییرات طول مربوط به ارقام آزاد، هاشم و ILC تحت بارهای اعمالی (۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷) از طریق پردازش تصویر بدین صورت می‌باشد که برای هر رقم آزاد، هاشم و ILC با افزایش بار اعمالی به بذر از رشد ریشه چه به تدریج کاسته شد. بیشترین و کمترین طول ریشه چه به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و سطح انرژی ۰/۱۶۱۷ ژول هست. به عنوان نمونه تغییرات طول مربوط به روز ۶ در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به اینکه جوانه زنی سریع بذر و استقرار گیاه چه از عوامل مهم تولید گیاهان زراعی در شرایط محیطی متفاوت به شمار می‌آیند. ساختار ژنتیکی، محیط و تغذیه گیاه مادر، مرحله رسیدگی در زمان برداشت، ذخایر بذر، سن و فرسودگی بذر، صدمات مکانیکی و عوامل بیماری‌زا از جمله عوامل مهم و موثر بر کیفیت بذر هستند (Helm Lamber, 2007) فرسودگی بذر به فرآیند از دست رفتن قدرت بذر با گذشت زمان اطلاق می‌شود و توانایی بذر برای زنده ماندن را کاهش می‌دهد. با توجه به مطالب ذکر شده و نتایج آنالیز آماری حاکی از آن می‌باشد که رقم ILC در روزهای مختلف رشد عملکرد

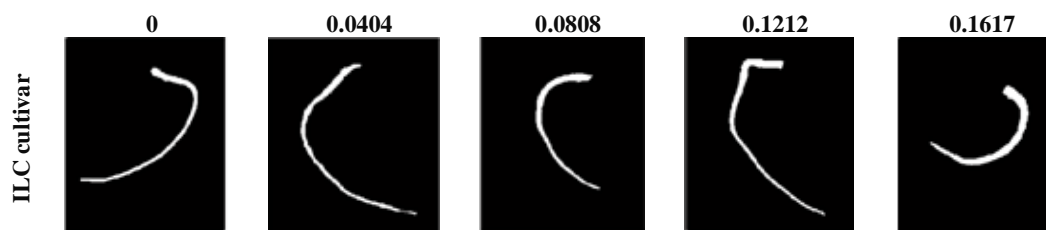


شکل ۳- روند تغییرات طول ریشه چه مربوط به تیمار آزاد، هاشم و ILC در سطوح مختلف انرژی در روز ۶

Figure 3- The trend of radical length for Azad, Hashem and ILC cultivars at different energy levels on day 6

انرژی ۰/۱۶۱۷ و ۰/۱۲۱۲ در سطح احتمال ۵٪ در خصوص این صفت تفاوت معنی داری وجود داشت. همچنین نتایج مربوط به تیمار رقم نشان داد که بین هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی داری وجود ندارد. برای روزهای ۷ و ۸ رشد برای تیمار سطح انرژی و رقم در خصوص این صفت با وجود روند کاهش مساحت اختلاف معنی داری وجود نداشت.

آگاهی از مساحت سطح بخش هایی از اندام گیاهی مانند سطح خارجی ریشه و برگ هم برای دانشمندان علوم گیاهی و هم مهندسانی که با انتقال و فرآوری محصولات سروکار دارند، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مطابق با شکل ۴ با افزایش انرژی اعمالی به هر رقم از مساحت سطح ریشه چه کاسته شد که نشان از اعمال آسیب به جنین داخلی بذر می باشد. همچنین نتایج جدول مقایسه میانگین بیانگر آن بود که در روز ۶ فقط بین تیمار شاهد با سطح



شکل ۴. روند تغییرات مساحت مربوط به تیمار LIC در سطوح مختلف انرژی در روز ۶ رشد

Figure 4. Trend of the area variation for LIC cultivar in different energy levels on day 6

جدول ۶. مقایسه میانگین مربوط به سطح انرژی و رقم بر طول و مساحت ریشه چه (پردازش تصویر)

Table 6. Mean comparison of interaction effect of variety and dynamic load on area and length of radical (image processing)

تیمار Treatment	عملکرد روز ۶ Preformance (Day 6)		عملکرد روز ۷ Preformance (Day 7)		عملکرد روز ۸ Preformance (Day 8)		
	طول ریشه چه (سانتی متر) Radical Length (cm)	مساحت (سانتی متر مربع) Area (cm ²)	طول ریشه چه (سانتی متر) Radical Length (cm)	مساحت (سانتی متر مربع) Area (cm ²)	طول ریشه چه (سانتی متر) Radical Length (cm)	مساحت (سانتی متر مربع) Area (cm ²)	
سطوح انرژی (ژول) Energy Level (J)	0 0.0404 0.0808 0.1212 0.1617	9.6 ^a 8.55 ^{ab} 8.52 ^{ab} 7.56 ^b 7.02 ^c	1.12 ^a 0.97 ^{ab} 1.01 ^{ab} 0.92 ^b 0.89 ^b	10.27 ^a 9.9 ^a 9.8 ^a 9.02 ^a 10.16 ^a	0.84 ^a 0.97 ^a 0.96 ^a 0.80 ^a 0.79 ^a	13.29 ^a 13.01 ^a 12.22 ^b 10.99 ^c 10.01 ^d	1.00 ^a j0.99 ^a 0.96 ^a 0.89 ^a 0.86 ^a
رقم Cultivar	آزاد (Azad cultivar)	8.47 ^a	0.93 ^a	8.75 ^b	0.92 ^a	11.94 ^b	0.97 ^a
	هاشم (Hashem cultivar)	8.11 ^a	1.00 ^a	9.62 ^{ab}	0.76 ^a	10.99 ^c	0.86 ^a
	ILC cultivar	8.19 ^a	1.02 ^a	9.94 ^a	0.94 ^a	14.29 ^a	0.99 ^a

حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

نمونه انتخاب گردید؛ سپس طول آن‌ها به صورت دستی با کولیس و روش پردازش تصویر اندازه گیری شد. شایان ذکر است که اندازه گیری‌ها در روش دستی به صورت تکی صورت می گرفت در حالی که روش پردازش تصویر توانایی محاسبه طول ریشه چه بیش از یک نمونه را دارد که سبب تسریع در فرآیند اندازه گیری می گردد. مطابق آنالیزی آماری صورت گرفته که در جدول ۷، در تیمار سطح انرژی و رقم در خصوص صفت طول ریشه چه به صورت دستی و پردازش تصویر در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد. این مسئله نشان از توانایی پردازش تصویر در اندازه گیری سریع و دقیق طول ریشه چه می باشد. این روش همچنین قادر است خصوصیات پیچیده اندازه، شکل محصولات کشاورزی را به صورت کمی مشخص نماید در نتیجه می تواند به عنوان یک روش جایگزین با حذف بازرسی های دستی وابسته به فرد برای بررسی ویژگی های جوانه زنی بذور مورد استفاده قرار گیرد.

مقایسه دو روش پردازش تصویر و دستی

برای استخراج پارامتر طول و مساحت ریشه چه

استخراج پارامتر طول به صورت دستی کاری زمان بر و فاقد دقت کافی و همچنین احتمال خطا در این روش زیاد می باشد؛ بنابراین در راستای مکانیزه کردن تجهیزات کشاورزی، توسعه فناوری هایی که بتوانند این پارامترها را به صورت غیر مخرب و در کمترین زمان ممکن و با دقت بیشتری استخراج کنند بسیار مورد توجه می باشد. مزیت استفاده از این فناوری در این روش این است که بدون نیاز به جدا کردن غلاف توسط شخص، کار جداسازی ریشه چه از کل گیاه نخود را انجام می دهد. در صورتی که در روش اندازه گیری دستی ابتدا باید ریشه چه توسط شخصی با دقت جدا شود و سپس کار اندازه گیری با کولیس صورت پذیرد. البته صحت اندازه گیری های خودکار می بایست به دقت مورد بررسی قرار گیرند. لذا به منظور مقایسه دو روش اندازه گیری دستی و خودکار (پردازش تصویر) از هر رقم و با دینامیکی به صورت تصادفی طی فرآیند جوانه زنی ۵۰

جدول ۷- مقایسه میانگین مربوط به اثر انرژی و رقم بر اندازه گیری طول ریشه چه با دو روش دستی و پردازش تصویر

Table 7- Mean comparison of effect of variety and dynamic load on measurement of radical length with manual and image processing methods

تیمار Treatment	عملکرد Preformance		
	طول ریشه چه (سانتی متر) (پردازش تصویر) Radical Length (image processing) (cm)		طول ریشه چه (سانتی متر) (دستی) Radical Length (manual) (cm)
	0	12.72 ^a	13.29 ^a
سطح انرژی (ژول) Energy Level (J)	0.0404	12.56 ^a	13.01 ^a
	0.0808	11.77 ^b	12.22 ^b
	0.1212	10.31 ^c	10.99 ^c
	0.1617	9.98 ^c	10.01 ^d
رقم Cultivar	آزاد (Azad cultivar)	11.24 ^b	11.94 ^b
	هاشم (Hashem cultivar)	9.77 ^c	10.99 ^c
	ILC cultivar	13.29 ^a	14.29 ^a

حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

رقم از بین سه رقم مورد آزمایش بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین مربوط به تیمار سطح انرژی نشان داد که هر چه سطح انرژی بیشتر باشد از کیفیت بذر کاسته می شود. سپس با استفاده از پردازش تصویر دو پارامتر طول و مساحت ریشه چه در طی دوره رشد مورد بررسی قرار گرفتند. مطابق نتایج آماری صورت گرفته تفاوت معنی داری میان روش پردازش تصویر و دستی در اندازه گیری طول مشاهده نگردید ($p > 0.05$). این مسئله نشان از توانایی جایگزینی روش پردازش تصویر به منظور انجام اندازه گیری های وقت گیر دستی در بررسی ویژگی های جوانه زنی بذر را دارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان قدردانی می نمایند.

جمع بندی

روش های متعددی برای اندازه گیری مساحت و طول محصولات کشاورزی معرفی شده اند که از دیرباز در تحقیقات پژوهشگران به کار برده شده اند. هم زمان با پیشرفت علوم کامپیوتری، بحث استفاده از پردازش تصویر در کمی کردن خواص ظاهری محصولات کشاورزی و جایگزینی آن به جای دید انسان مورد توجه پژوهشگران بوده است. در این پژوهش ابتدا به منظور بررسی خصوصیات جوانه زنی، خسارت مکانیکی در ۴ سطح (صفر، ۰/۰۴۰۴، ۰/۰۸۰۸، ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۶۱۷) بر رقم بذر (آزاد، هاشم و ILC) وارد شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که رقم ILC با کمترین هدایت الکتریکی، بیشترین سرعت جوانه زنی، بیشترین طول گیاه چه، بیشترین شاخص وزنی بینه بذر، بیشترین طول ریشه چه، بیشترین وزن خشک ریشه، بیشترین وزن خشک ساقه چه و بیشترین وزن خشک گیاه چه به عنوان بهترین

Reference

منابع

- Agricultural Statistics. 2014.** Ministry of Agriculture, Deputy Director of Planning and Economic, Center for Technology and Communications (In Persian).
- AOSA. 2002.** Association of official seed analysis. Seed vigor testing handbook. Las Cruces (NM). Contribution No. 32.
- Barker, D.A., T.A. Vouri, M.R. Hegedus, and D.G. Myers. 1992.** The use of ray parameters for the discrimination of Australian wheat varieties. *Plant Var. Seeds*. 5: 35-45.
- Basra, S. M. A., N. Ahmad, M. M. Khan, N. Iqbal, and M. A. Cheema. 2003.** Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. *Seed Sci. Technol.* 31: 531-540.
- Bern, C.J., and L.F. Charity. 1975.** Air flow resistance characteristics of corn as influenced by bulk density. ASAE Paper No. 75-3510, St. Joseph, MI.
- Cakmak, Y.S., and I.H. Boyaci. 2011.** Quality evaluation of chickpeas using an artificial neural network integrated computer vision system. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 194-200.
- Du C. J. Sun, and D. W. 2004.** Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends Food Sci. Tech.* 15: 230-249.
- Elias, S.G., and L.O. Copeland. 1994.** The effect of storage conditions on canola seed quality. *Seed Technol.* 18(1): 21-29.
- Farahani, L. 2012.** Discrimination of some cultivars of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) using image analysis. *Intl. Res. J. Appl. Basic Sci.* 3 (7). 1375-1380.
- Foutz, T. L., S. A. Thompson and M. D. Evans. 1993.** Comparison loading response of packed grain and individual kernels. *Trans. ASAE.* 36(2): 569-576.
- Fu, L., H. Okamoto, T. Kataoka, and Y. Shibata. 2011.** Colour based classification for berries of Japanese blue honeysuckle. *Int. J. Food Eng.* 7: 1-12.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009.** The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *Int. J. Biol. Life Sci.* 1(1): 35-40.
- Gonzalez, R. C., R. E. Woods, and S. L. Eddins. 2009.** Digital Image Processing Using MATLAB.
- Hampton, J.G., and D.M. TeKroyn. 1995.** Handbook of vigor test methods. 3rd ed. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Helm Lamber, V. 2007.** Seed technology. Translation: Hejaz. Tehran University Press.
- Hopf, M., and D. Zohary. 2001.** Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. Oxford University Press.
- Hosseini, F. 2008.** The effect of burnout on seed germination, establishment and functioning of five rapeseed cultivars in climatic conditions. Payan a graduate of Ahwaz, Ahwaz University of Agriculture and Natural Resources.
- ISTA. 2004.** International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.
- Jayas, D.S., J. Paliwal, and N.S. Visen. 2000.** Multi-layer neural networks for image analysis of agricultural products. *J. Agric. Eng. Res.* 77: 119-128.
- Mahmoudi, M., J. Khazaei, K. Vahdati, and M. Taleb. 2010.** Walnut Genotype Detection Using Machine Vision Technique, the 5th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization, Mashhad (In Persian).
- Mosavi, N. M., H. Gholami, G. Kord Firouzjae, M. Sadeghi, and Sedighi, E. 2011.** Free fatty acid and electrical conductivity changes in cotton seed (*Gossypium hirsutum*) under seed deterioration conditions. *Int. J. Agric. Sci.* 12: 62-66.
- Myers, D.G., and K.J. Edsall. 1989.** The application of image processing techniques to the identification of Australian wheat variety. *Plant Var. Seeds*. 2: 109-116.

- Novaro, P., F. Colucci, G. Venora, and M.G. D'Egidio. 2001.** Image Analysis of Whole Grains: A Noninvasive Method to Predict Semolina Yield in Durum Wheat. *Cereal Chem.* 78(3): 217-221.
- Pace, B., M. Cefola, F. Renna, and G. Attolico. 2013.** Relationship between visual appearance and browning as evaluated by image analysis and chemical traits in fresh-cut nectarines. *Postharvest Biol. Technol.* 61: 178-183.
- Parde, S. R., R. T. Kausal, D. S. Jayas, and N. D. White. 1998.** Mechanical damage to soybean seed during processing. In *2001 ASAE Annual Meeting* (p. 1). Am. Soc. Agric. Biol. Engineers.
- Por Azarang, H. 2002.** Unit Operation in Agricultural Material Processing. 1st edn. Ferdowsi University of Mashhad, Publication, Mashhad, Iran.
- Salehian, K.H. 1995.** Effects of seed emergence, growth and grain yield. Master's thesis University of Tabriz.
- Savakar, D.G. and B.S. Anami. 2009.** Recognition and classification of food grains, fruits and flowers using machine vision. *Int. J. Food Eng.* 5 (4): 1-25.
- Vanpijlen, J. G., H. L. Karaak, R. J. Bino, and C. H. R. Devos. 1995.** Effects of ageing and osmopriming on germination characteristics and chromosome aberrations of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) seeds. *Seed Sci. Technol.* 23: 823- 830.
- Verma, S. S., U. Verma, and R. P. S. Tomer. 2003.** Studies on seed quality parameters in deterioration seeds in Brassica (*Brassica campestris*). *Seed Sci. Technol.* 31: 389-398.
- Williams, L., and T.E. Martinson. 2003.** Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'DeChaunac' grapevines. *Sci. Hortic.* 98: 493-498.