

مقاله پژوهشی

کمی‌سازی الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*) و ارزیابی رفتار جوانه‌زنی آن‌ها در شرایط مختلف نگهداری

سجاد میجانی^۱، مهدی راستگو^{۱*}، علی قنبری^۱، مهدی نصیری محلاتی^۱

چکیده مبسوط

مقدمه: غده‌ها، مهم‌ترین اندام رویشی در افزونش (تکتیر) اویارسلام ارغوانی، به عنوان یکی از سمج‌ترین علف‌های هرز دنیا، می‌باشند. بررسی خصوصیات مرتبط با نحوه پاسخ غده به محیط اطراف مانند جذب و از دست دادن آب در پاسخ به دما، حائز اهمیت می‌باشد. جذب آب اولین مرحله در فرآیند جوانه‌زنی می‌باشد اما الگوی جذب آب توسط غده‌های اویارسلام ارغوانی مشخص نشده است. همچنین از دست رفتن رطوبت غده‌ها یکی از عوامل مؤثر بر کاهش قابلیت جوانه‌زنی آن‌ها می‌باشد. به منظور بررسی نحوه جذب و کاهش رطوبت غده‌های اویارسلام ارغوانی، سه آزمایش جداگانه انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش اول، غده‌ها در حمام آب با دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس، وزن غده‌ها در زمان‌های مختلف (۲۴ تا ۳۶۰۰ دقیقه) اندازه‌گیری شد. روند درصد جذب آب غده‌ها در دماهای مختلف به وسیله برازش مدل پلگ مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش دوم، زمان شروع جوانه‌زنی در دماهای ثابت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش سوم، کاهش رطوبت و درصد جوانه‌زنی غده‌ها در دو محیط یخچال (دمای ۴ درجه سلسیوس) و اتاق (دمای ۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که رطوبت نخستین غده‌های اویارسلام ارغوانی، ۴۲ درصد می‌باشد و ۱۰ درصد آب مازاد جذب می‌کنند. با پیروی از مدل پلگ، جذب آب غده‌ها با در نظر گرفتن نقش دما دارای دو مرحله می‌باشد: (۱) جذب سریع (کمتر از هفت ساعت)، و (۲) جذب بدون وقفه اما با سرعت (شیب) ملایم پس از آن. در مدل پلگ، فراسنجه‌های K₁ (دقیقه در درصد وزن^{-۱}) و K₂ (درصد وزن^{-۱}) به ترتیب به عنوان شاخص سرعت جذب آب و شاخص ظرفیت جذب آب می‌باشند. فراسنجه K₁، رابطه عکس با دما داشت. بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب با ۴۹/۵۶ و ۲۸/۵۵ در دماهای ۱۰ و ۴۰ درجه سلسیوس بود. از سوی دیگر، روند فراسنجه K₂ از ۱۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس ثابت (۰/۱) ولی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس مقدار آن ۰/۰۸۷ بدست آمد. مدل هایپربولیک دو فراسنجه‌ای، نسبت به مدل پلگ، مدل برتر بود و بیشترین درصد جذب آب و زمان لازم برای ۵۰ درصد جذب آب را پیش بینی می‌کند. نتایج نشان داد که شروع جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی تحت دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب از روزهای ۱۴/۴۴، ۶/۵۷، ۳/۲۴ و ۳/۱۲ رخ داده است. در شرایط نگهداری غده‌ها در اتاق و یخچال، توقف جوانه‌زنی به ترتیب بعد از سه و نه ماه اتفاق افتاد. زمان لازم برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در شرایط یخچال و اتاق به ترتیب ۵/۱۲ ماه (۱۵۴ روز) و ۱/۳ ماه (۳۹ روز) برآورد شد. زمان لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن غده تحت شرایط نگهداری در اتاق و یخچال به ترتیب ۱/۹۸۱ ماه (۵۹ روز) و حدود ۶ ماه (۱۸۰ روز) بود. به طور کلی، ۱۱/۸۵ درصد کاهش وزن غده (کاهش رطوبت) منجر به کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی غده‌ها شد.

نتیجه‌گیری: بیشترین جذب آب غده‌ها تحت همه دماها در کمتر از ۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت) رخ داد. کند بودن جوانه‌زنی غده‌ها در دماهای پایین ارتباطی با مشکل در جذب آب ندارد. غده‌ها با از دست دادن حدود ۱۲ درصد رطوبت، نیمی از قدرت جوانه‌زنی خود را از دست دادند. از طرف دیگر، نتایج حاکی از آن است که غده‌ها در دماهای خنک (۴ درجه سلسیوس) نسبت به دمای محیط (۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) دیرتر رطوبت و قابلیت جوانه‌زنی خود را از دست می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: اندام رویشی، خشک شدگی، دما، رطوبت، مدل پلگ، مدل هایپربولیک

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی تعیین گردید.
- ۲- نقش محل نگهداری بر کاهش رطوبت و قدرت جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی بررسی شد.

^۱ گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد



مقدمه

اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.)، گونه‌ای چهار کربنه، به عنوان مشکل‌سازترین علف‌هرز دنیا نامیده شده است (هولم^۱ و همکاران، ۱۹۷۷). تحقیقات نشان داده است که اویارسلام ارغوانی بذرهای فراوانی تولید می‌کند اما بذرها دارای قدرت جوانه زنی پایین (۵ درصد) و دانه‌های حاصل شده نیز از بنیه کافی برای رشد برخوردار نیستند (جاستایس و وایت هد^۲، ۱۹۴۶؛ استولر^۳، ۱۹۷۳؛ اوکولی^۴ و همکاران، ۱۹۹۶). غده‌ها، بطور مشخص اهمیت بیشتری در چرخه زندگی اویارسلام ارغوانی دارند. گزارش شده است که اویارسلام ارغوانی رشد کرده از یک غده بعد از ۲ ماه تا ۹۰ سانتی‌متر گسترش شعاعی داشته و در فصل اول و دوم به ترتیب تا ۷/۶ و ۵۶/۷ متر مربع گسترش یافته است (هوروویتز^۵، ۱۹۷۲). از این رو، نقش غده در ازدیاد اویارسلام ارغوانی، حائز اهمیت می‌باشد.

همانند بذر، اندام‌های تکثیر رویشی (مانند غده، ریزوم و غیره) نیز برای جوانه‌زنی نیاز به جذب آب از محیط اطراف خود دارند. در فیزیولوژی بذر، برای جذب آب سه مرحله وجود دارد: (۱) مرحله جذب سریع (با شیب زیاد)، (۲) مرحله عدم جذب یا جذب اندک آب، (۳) مرحله جذب مجدد آب (با شیب زیاد) توسط رویان و شکافت پوسته و نمایان شدن دانه‌ها (مانز^۶ و همکاران، ۲۰۰۵). طول مرحله دوم (فعال‌سازی) تعیین‌کننده طولانی‌تر یا کوتاه‌تر شدن زمان جوانه‌زنی می‌باشد. رفتار جذب آب بذرها معمولاً از مدل پلگ (پلگ^۷، ۱۹۸۸)، پیروی می‌کند. بر اساس این معادله در ابتدا جذب آب سریع و با گذشت زمان به تعادل می‌رسد. این معادله بر اساس قوانین نفوذ فیک^۸ می‌باشد (تنگ^۹ و همکاران، ۱۹۹۴). به این صورت که بر اساس قانون اول فیک، جریان نفوذ در شرایط ثابت به غلظت ارتباط دارد و با

این فرض می‌باشد که یک حلال با یک شیب (تغییر) متناسب با غلظت از غلظت‌های بیشتر به سمت غلظت‌های کمتر در جریان است. قانون دوم فیک چگونگی تغییر نفوذ غلظت را با گذشت زمان ترسیم می‌کند. جذب آب توسط بذرها معمولاً به سرعت انجام می‌شود اما در مورد بعضی از بذرها با پوسته سخت، جذب آب به سرعت انجام نمی‌شود و پس از گذشت یک فاصله زمانی یا مرحله تأخیری، جذب آب روند افزایشی پیدا می‌کند (کپستو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۸؛ اولیویرا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۳). با وجود این اطلاعات در رابطه با بذر، در مورد جذب آب توسط اندام‌های رویشی مانند غده، اطلاعات زیادی در دسترس نمی‌باشد.

از دست رفتن رطوبت یکی از عوامل مهم بر کم کردن قدرت جوانه‌زنی اندام‌های رویشی می‌باشد. در تحقیقی، قرار گرفتن ریزوم‌های گیاه قِمیش (*Arundo donax* L.) به مدت یک هفته در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در آون باعث کاهش شدید جوانه‌زنی آن‌ها شده است (بوس و هولت^{۱۲}، ۱۹۹۹). همچنین، ریزوم‌های شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) پس از ۵ روز خشک‌شدگی در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس در آون به ترتیب ۹ و صفر درصد جوانه‌زنی نشان دادند (نظام‌آبادی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۷). نیمه عمر غده‌های اویارسلام ارغوانی در اعماق خاک ۱۶ ماه گزارش شده است (نیسیر^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۷). در حالی که ۱۲ ساعت قرارگیری در معرض دمای ۵۰ درجه سلسیوس، باعث مرگ غده‌های اویارسلام ارغوانی شده است (ویبستر^{۱۵}، ۲۰۰۳). هرچند که در مورد رفتار غده‌های اویارسلام ارغوانی اکوتیپ‌های داخل کشور در پاسخ به شرایط نگهداری اطلاعات کافی در اختیار نمی‌باشد.

با توجه به اهمیت و نقش بارز غده به جای بذر در شروع چرخه زندگی اویارسلام ارغوانی، الگوی جذب آب غده‌ها و کمی‌سازی رفتار آن تحت دماهای مختلف

¹ Holm

² Justice and Whitehead

³ Stoller

⁴ Okoli

⁵ Horowitz

⁶ Manz

⁷ Peleg

⁸ Fick's laws of diffusion

⁹ Tang

¹⁰ Kaptso

¹¹ Oliveira

¹² Boose and Holt

¹³ Nezamabadi

¹⁴ Neeser

¹⁵ Webster

(وزن نخست) شدند و سپس در آن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۶ ساعت قرار داده شدند و مجدد وزن آن‌ها (وزن دوم) اندازه گیری شد. درصد جذب آب و رطوبت نخستین غده‌ها (درصد) از روابط ۱ و ۲ بدست آمد.

رابطه ۱:

$$\text{درصد جذب آب} = \left(\frac{\text{وزن نخست} - \text{وزن دوم}}{\text{وزن نخست}} \right) \times 100$$

رابطه ۲:

$$\text{درصد رطوبت نخستین} = \left(\frac{\text{وزن دوم} - \text{وزن نخست}}{\text{وزن نخست}} \right) \times 100$$

تحلیل آماری

برای توصیف روند جذب آب غده‌ها در طی زمان از مدل پلگ (رابطه ۳) به شرح ذیل استفاده شد (پلگ، ۱۹۸۸).

رابطه ۳:

$$M(t) = M_0 + \frac{t}{K_1 + K_2 * t}$$

این مدل می‌تواند به صورت رابطه ۴ بیان شود:

$$\frac{t}{M - M_0} = K_1 + K_2 * t \quad \text{رابطه ۴}$$

در روابط بالا، $M(t)$: درصد محتوی آب غده‌ها (جذب آب) در هر زمان، M_0 : درصد رطوبت نخستین غده‌ها، K_1 : ضریب سرعت (دقیقه در درصد وزن^{-۱}) و K_2 : ضریب ظرفیت جذب آب (درصد آب بر پایه وزن^{-۱}) و t : زمان (دقیقه) می‌باشد. طبق رابطه ۴، ترسیم روند $\left(\frac{t}{M - M_0}\right)$ در طی زمان به صورت یک رابطه خطی می‌باشد که K_1 عرض از مبدأ و K_2 شیب خط می‌باشد.

سرعت جذب آب (W) از مشتق رابطه ۳ به صورت رابطه ۵ به دست می‌آید.

رابطه ۵:

$$W = \frac{dM}{dt} = \frac{K_1}{(K_1 + K_2 * t)^2}$$

در محاسبه سرعت جذب آب در شروع فرآیند (W_0)، زمانی که t به سمت صفر میل می‌کند، W برابر با W_0 می‌باشد که بیانگر سرعت جذب نخستین می‌باشد که همان $\left(\frac{1}{K_1}\right)$ می‌باشد (رابطه ۶).

رابطه ۶:

(مدل پلگ و هایپر بولا) از اهداف تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین، قابلیت جوانه‌زنی غده‌ها در طی زمان در دو شرایط نگهداری در آزمایشگاه (۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) و یخچال (۴ درجه سلسیوس) به عنوان یک هدف دیگر، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و مشخصات غده‌ها

غده‌های اوپارسلام ارغوانی از مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد (36° 16' N, 59° 36' E) از عمق صفر تا ۷۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. غده‌ها از هرگونه خاک پاک شدند و برای انجام آزمایش‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند. برای یکدست بودن غده‌ها، از غده‌هایی با رنگ قهوه‌ای تیره و هم وزن استفاده شد.

آزمایش جذب آب غده‌ها

پس از جمع‌آوری غده‌ها، به مدت یک هفته در یخچال (دمای ۴ درجه سلسیوس) (برای شکستن خواب غده) (ذُر و هِرِشِنهون^۱، ۲۰۱۳) درون پتری‌های شیشه‌ای احاطه شده با فویل آلومینیومی، نگهداری شدند و سپس آزمایش اصلی آغاز شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی (فاکتور اول مکان نگهداری و فاکتور دوم دما) و با ۳ تکرار انجام شد. بدین منظور چندین غده با وزن یکسان (حدود ۱۵ گرم) (وزن نخست) آماده و سپس در حمام آب با دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. در هر دما، غده‌ها از حمام آب بیرون آورده شدند و وزن غده‌ها در زمان‌های مختلف (۲۴، ۸۴، ۲۰۴، ۳۲۴، ۵۱۰، ۶۸۴، ۱۳۹۸، ۱۵۰۰، ۱۷۴۰، ۱۹۲۰، ۳۰۰۰ و ۳۶۰۰ دقیقه) (وزن دوم) که بیانگر جذب آب می‌باشد، اندازه‌گیری شد و سپس به محیط آب برگردانده شدند. همچنین، برای حذف آب قرار گرفته روی لایه بیرونی، غده‌ها به مدت ۱ دقیقه بر روی دستمال کاغذی قرار گرفتند. قبل از شروع آزمایش، درصد رطوبت نخستین غده‌ها اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ۱۵ گرم غده با ۶ تکرار وزن

¹ Dor and Hershenhorn

میجانی و همکاران: کمی‌سازی الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی...

K: تعداد فراسنجه مدل، n: تعداد مشاهدات و RSS مجموع مربعات خطا می‌باشند. مقادیر کمتر AICc (منفی‌تر) بیانگر مدل مناسب‌تر می‌باشد.

تأثیر دما بر شروع جوانه‌زنی غده‌ها

به منظور بررسی اثر دما، در آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. قبل از شروع آزمایش اصلی، غده‌ها، به مدت یک هفته در یخچال (دمای ۴ درجه سلسیوس) (برای شکستن خواب غده) (دُر و هِرشنهون، ۲۰۱۳) قرار گرفتند. به این صورت که هر تکرار (پتری)، در قفسه (بلوک) جداگانه قرار گرفت. بعد از قرار دادن ۱۵ غده داخل پتری‌های ۲۰ سانتی‌متری و روی یک کاغذ صافی، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. این آزمایش تحت دماهای ثابت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس و در تاریکی مطلق انجام شد. شمارش جوانه‌زنی غده‌ها به مدت ۱۵ روز انجام شد و غده‌هایی با جوانه‌های نیم میلی‌متری، به عنوان غده جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. باوجود، فعال شدن چندین جوانه روی هر غده، نخستین جوانه فعال شده روی هر غده مد نظر بود (میجانی^۵ و همکاران، ۲۰۱۷).

برای تحلیل واریانس از رویه GLIMMIX و همچنین از گزینه PDIFP برای مشخص کردن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در صورتی که تحلیل واریانس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود استفاده شد. برای تحلیل‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 استفاده شد.

آزمایش ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی غده‌ها در طی

زمان و محل نگهداری

پس از جمع‌آوری غده‌ها و شستشوی کوتاه مدت با آب معمولی (۳۰ ثانیه)، غده‌ها در دو محیط یخچال (دمای ۴ درجه سلسیوس) و محیط آزمایشگاه (اتاق) (دمای ۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند. از طرف دیگر، در زمان‌های مختلف (۱، ۲، ۳، ۵ و ۹ ماه) غده‌ها برداشت (۱۰ غده) و وزن (درصد رطوبت) و درصد جوانه‌زنی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. این

$$W_0 = \left. \frac{dM(t)}{dt} \right|_{t \rightarrow 0} = \frac{1}{K_1}$$

همچنین برای اولین بار، در این تحقیق از رابطه هایپر بولا دو فراسنجه‌ای (رابطه ۷) برای کمی‌سازی روند جذب آب غده‌ها بهره گرفته شد. بر اساس این رابطه، $M(t)$: درصد محتوی آب غده‌ها (جذب آب) در هر زمان، a: مجانب بالا (حداکثر درصد جذب آب یا فراسنجه ظرفیت یا تعادل)، b: زمان لازم برای ۵۰ درصد جذب آب یا فراسنجه سرعت جذب)، t: زمان (دقیقه).

رابطه ۷:

$$M(t) = \frac{a \times t}{b + t}$$

تجزیه و تحلیل و برازش مدل‌ها با نرم افزار سیگماپلات نسخه 12.5 انجام شد. برای مقایسه مدل‌ها برای بررسی صحت و کارآمد بودن و داشتن اختلاف معنی‌داری بین آنها، شاخص‌های متفاوتی مانند ضریب تبیین (R^2)، ضریب تبیین تعدیل شده (Adjusted R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص آکائیک تصحیح شده^۱ مورد بررسی قرار گرفت.

ریشه میانگین مربعات خطا به صورت رابطه ۸ بیان می‌شود (مایر و بوتلر^۲، ۱۹۹۳):

رابطه ۸:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs} - X_{model})^2}{n}}$$

X_{obs} مقادیر مشاهده شده و X_{model} مقادیر پیش بینی شده توسط مدل می‌باشند.

شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) از طریق رابطه ۹ محاسبه شد (بورنهام و آندرسون^۳، ۲۰۰۲؛ آکائیک^۴، ۱۹۷۴).

رابطه ۹:

$$AICc = n \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2k + \left(\frac{2k * (k + 1)}{n - k - 1}\right)$$

¹ Corrected AICc

² Mayer and Butler

³ Burnham and Anderson

⁴ Akaike

⁵ Mijani

اویارسلام زرد بین ۳۷ تا ۴۷ درصد گزارش شده است (استولر و وبر^۵، ۱۹۷۵).

کمی‌سازی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی

با توجه به برازش معادله هایپربول دو فراسنجه‌ای، می‌توان حداکثر درصد جذب آب و زمان لازم برای نصف درصد جذب آب را پیش بینی کرد (شکل ۱، الف). نتایج حاکی از آن است که بر اساس مدل هایپربول، در دماهای ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درجه سلسیوس به ترتیب حداکثر ۱۱/۹۷، ۱۰/۲۵، ۱۰/۱۵ و ۹/۹۳ درصد آب جذب می‌شود (جدول ۱). همچنین زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جذب آب در دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۴۴۶/۹۸، ۳۷۰/۵۱، ۳۰۶/۶۰ و ۲۷۰/۰۶ دقیقه می‌باشد. به این صورت که با افزایش دما سرعت جذب آب افزایش می‌یابد. برای رسیدن به حداکثر درصد جذب آب در دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ۱۹۲۰ دقیقه نیاز می‌باشد، در حالی که در دماهای ۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس به ۳۰۰۰ دقیقه نیاز می‌باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود غده‌ها در تمامی دماها بیشتر از ۹۰ درصد آب مورد نیاز خود را در روز اول جذب کرده‌اند (شکل ۱، ب). مدل پلگ نیز روند جذب آب غده‌ها را با دقت بالایی پیش بینی کرده است (جدول ۱ و شکل ۱ ب). فراسنجه‌های K_1 (دقیقه در درصد وزن^{-۱}) و K_2 (درصد آب بر پایه وزن تر^{-۱}) معادله پلگ به ترتیب به عنوان شاخص سرعت جذب آب و شاخص ظرفیت جذب آب مطرح می‌باشند (پلگ، ۱۹۸۸). فراسنجه K_1 ، رابطه عکس با دما دارد (شکل ۱، ب). بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب با ۰/۸۲ و ۰/۴۷ در دماهای ۱۰ و ۴۰ درجه سلسیوس مشاهده شده است. از سوی دیگر، روند فراسنجه K_2 از ۱۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس ثابت می‌باشد (۰/۱) ولی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس مقدار آن ۰/۰۸۷ می‌باشد.

آزمایش با سه تکرار انجام شد. بررسی درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و شرایط انجام همانند آزمایش دوم بود. این آزمایش در قالب طرح اسپلیت در زمان با ۳ تکرار اجرا شد.

برای توصیف روند درصد جوانه‌زنی و درصد کاهش وزن غده‌ها در زمان همچنین و توصیف رابطه بین درصد جوانه‌زنی و درصد کاهش وزن غده‌ها از رگرسیون لجستیک سه فراسنجه‌ای (رابطه ۱۰) استفاده شد (موتی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

$$y = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{x - X_0}{b}\right)} \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

در این رابطه، Y : درصد جوانه‌زنی در زمان مورد نظر، a : حداکثر درصد جوانه‌زنی، X : زمان بر حسب ماه و X_0 : زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و b : شیب خط می‌باشند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که درصد رطوبت نخستین غده‌ها، $41/96 \pm 0/43$ می‌باشد. همچنین مشخص شد که پس از قرار گرفتن در آب، $9/46 \pm 0/47$ درصد (نسبت به وزن نخستین غده‌ها)، آب جذب می‌کنند. نتایج حاکی از آن است که رطوبت نخستین غده‌ها نسبت به بذور بیشتر می‌باشد. در این راستا، رطوبت نخستین بذر دم روباهی سبز، *Setaria viridis* (L.) Beauv. کلزا *Brassica napus* L. خردل وحشی *Brassica kaber* (DC.) و *L.C. Wheeler* و یولاف وحشی *Avena fatua* L. به ترتیب ۳، ۷، ۱۱ و ۱۳ درصد گزارش شده است (بوید و ون ایگر^۲، ۲۰۰۴). از طرف دیگر، رطوبت غده‌های سیب‌زمینی ۸۰ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (بتکه^۳ و همکاران، ۲۰۰۹). در تحقیق دیگر، میزان رطوبت غده‌های سیب‌زمینی بین ۷۳/۸ تا ۸۱/۸ درصد گزارش شده است (سوسی^۴ و همکاران، ۲۰۰۰). میزان رطوبت غده‌های اویارسلام ارغوانی ۲۳ درصد و برای دو توده

^۱ Mutti

^۲ Boyd and Van Acker

^۳ Bethke

^۴ Souci

^۵ Stoller and Weber

میجانی و همکاران: کمی سازی الگوی جذب آب غده های اویارسلام ارغوانی...

جدول ۱. برآورد ضریب ها و شاخص های نیکویی برازش مدل های پلگ و هایپربولای بر روند جذب آب غده های اویارسلام ارغوانی در دماهای مختلف
Table 1. Estimation of parameters and goodness of fit criteria in Peleg and Hyperbola models on the process of water absorption of purple nutsedge tubers at different temperatures

| مدل پلگ (Peleg model) | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|-------|--------|
| دما (°C) Temperature (°C) | Model parameters | | | Goodness of fit | | |
| | M ₀ (%) | K ₁ (minutes * % ⁻¹) | K ₂ (% ⁻¹) | Adjusted R ² | RMSE | AICc |
| 10 | 0.231 (0.147) | 49.559 (3.617) | 0.102 (0.001) | 0.99 | 0.042 | -36.17 |
| 20 | 0.652 (0.287) | 47.899 (6.759) | 0.102 (0.003) | 0.98 | 0.131 | -4.49 |
| 30 | 0.845 (0.326) | 42.164 (6.586) | 0.102 (0.003) | 0.98 | 0.154 | -4.04 |
| 40 | 0.705 (0.524) | 28.546 (5.774) | 0.087 (0.004) | 0.98 | 0.112 | -1.44 |

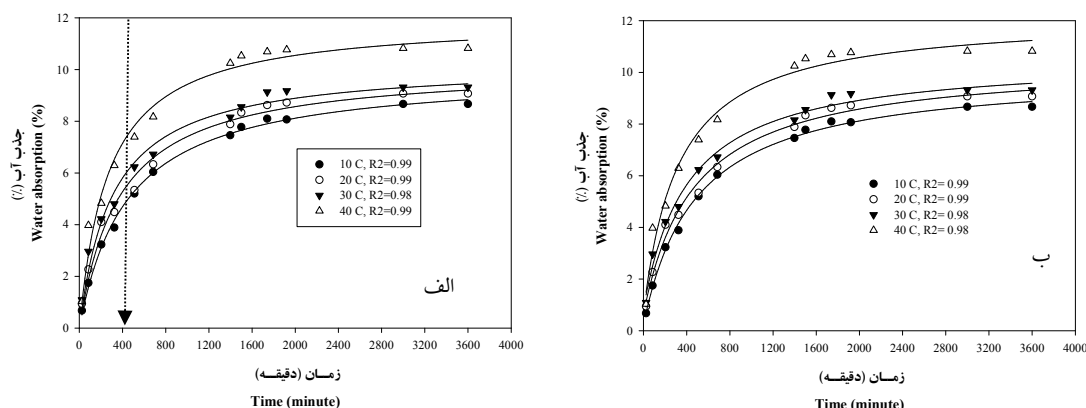
| مدل هایپربولای (Hyperbola model) | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|-------|--------|--|
| دما (°C) Temperature (°C) | Model parameters | | Goodness of fit | | | |
| | a (%, maximum of water absorbed) | b (Minute) | Adjusted R ² | RMSE | AICc | |
| 10 | 9.934 (0.140) | 446.980 (22.706) | 0.99 | 0.066 | -39.50 | |
| 20 | 10.155 (0.265) | 370.512 (37.503) | 0.98 | 0.162 | -6.96 | |
| 30 | 10.255 (0.274) | 306.604 (34.175) | 0.98 | 0.187 | -6.08 | |
| 40 | 11.973 (0.326) | 270.063 (32.099) | 0.97 | 0.139 | -4.24 | |

M₀ (%): درصد آب اولیه، K₁: ضریب سرعت (دقیقه در درصد وزن⁻¹) و K₂: ضریب ظرفیت جذب آب (درصد آب⁻¹). a: حداکثر جذب آب (درصد)، b: زمان رسیدن به نصف میزان درصد جذب آب (دقیقه). Adjusted R: ضریب تبیین تعدیل شده، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا، AICc: شاخص آکائیک تصحیح شده. اعداد داخل پرانتز، بیانگر خطای استاندارد میانگین می باشند.

M₀ (%): the initial water content, K₁: rate of water absorption coefficient (minutes * % weight⁻¹) and K₂: water absorption capacity coefficient (%⁻¹), a: maximum water absorption (%), b: time to reach 50% of water absorption (minutes). Adjusted R², RMSE: Root means square error, AICc: Corrected Akaike information criterion. The numbers in parentheses indicate the standard error of the mean.

پلگ با اختلاف کمی بیشتر از مقادیر واقعی می باشند. از طرف دیگر، با استفاده از معادله هایپربولای دو فراسنجه ای نشان داده شد (شکل ۱، الف) که به راحتی می توان حداکثر جذب آب را با دقت بالا پیش بینی کرد و به مقادیر واقعی مشاهده شده نزدیک تر می باشند (جدول ۱). علی رغم برتری مدل پلگ نسبت به مدل هایپربولای بر اساس برازش مناسب تر (Adjusted R² بین ۹۸ تا ۹۹ درصد) و خطای کمتر (RMSE بین ۰/۰۴۲ تا ۰/۱۱۲)، مدل هایپربولای بر اساس شاخص AICc مدل برتر بود؛ به عبارت دیگر، مدل هایپربولای دارا بودن دو فراسنجه نسبت به مدل پلگ با سه فراسنجه اولویت دارد.

با استفاده از رطوبت نخستین (۰/۲۳ تا ۰/۸۵ درصد تحت دماهای مختلف) (شکل ۲، ب) و جمع کردن آن با عکس فراسنجه ظرفیت (1/k₂) می توان حداکثر درصد جذب آب را تخمین زد به همین دلیل به آن شاخص ظرفیت گفته می شود که حد تعادل رسیدن جذب آب را نشان می دهد. حداکثر جذب آب یا همان نقطه رسیدن به تعادل در دماهای ۱۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۴۴، ۰/۰۵۷ و ۰/۰۲۰ درصد تخمین زده شد. از طرفی مقادیر واقعی حداکثر درصد جذب آب مشاهده شده در دماهای ۱۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۰۶۶، ۰/۰۷، ۰/۰۳۱ و ۰/۰۸۲ درصد می باشند. پس حداکثر درصد جذب آب تخمین زده شده بوسیله معادله



شکل ۱. درصد جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی طی زمان (ساعت) تحت دماهای مختلف با معادله هایپربولای دو فراسنجه‌ای (الف) و معادله پلگ (ب). خط نقطه چین برای تفکیک میزان (سرعت) جذب آب می‌باشد.

Fig. 1. Water absorption percent of purple nutsedge tubers over time (hours) at different temperatures by the hyperbola, a two-parameter equation (a), and the Peleg equation (b). The dotted line is just to separate the rate (speed) of water absorption.

هایپربولای دو فراسنجه‌ای) نیز در ترسیم روند جذب آب غده اویارسلام ارغوانی تحت دماهای مختلف مدل برتر می‌باشد (جدول ۱). بدین صورت که هم می‌تواند حداکثر درصد جذب آب (فراسنجه ظرفیت یا تعادل) و هم زمان لازم برای ۵۰ درصد جذب آب (فراسنجه سرعت جذب آب هرچه کمتر باشد سرعت جذب آب بیشتر است) را پیش‌بینی کند. در مورد نقش ترکیبات تشکیل دهنده در جذب آب عنوان شده است که پروتئین ترکیب اصلی جذب کننده آب در بذرها می‌باشد، هرچند سایر ترکیبات مانند نشاسته، موسیلاژها، سلولز و پکتین‌ها نیز در این پدیده نقش دارند (دِسْفَنده و چریان^۱، ۱۹۸۶؛ سوپیده‌آو همکاران، ۱۹۹۲). در مورد غده‌های مادری (اصلی) اویارسلام ارغوانی گزارش شده است که دارای مقدار زیادی نشاسته (۴۰ درصد) و همچنین قندهای غیر کاهشی (غیر اکسید شونده) مانند ساکارز، گلوکز، فروکتوز و قندهای کاهشی (یا اکسید شونده) مانند لاکتوز می‌باشند (سینگ و سینگ^۲، ۱۹۸۱). در تحقیق دیگر، برای غده‌های اویارسلام

عکس فراسنجه سرعت جذب آب ($1/k_1$) به عنوان سرعت جذب نخستین معرفی شده است (پلگ، ۱۹۸۸). بدین صورت که با افزایش دما رابطه مثبت دارد و از یک رابطه چند جمله‌ای درجه دوم پیروی می‌کند (شکل ۲، الف). با افزایش دما این روند بین ۱/۲ تا ۲/۱ (درصد بر دقیقه^{-۱}) می‌باشد، اما سرعت جذب بعد از دمای ۳۰ درجه افزایش شدیدی نشان می‌دهد.

با مشتق گرفتن از معادله پلگ، می‌توان سرعت لحظه‌ای جذب را محاسبه کرد (شکل ۲، ب). همان‌طور مشاهده می‌شود بیشترین سرعت لحظه‌ای جذب نیز در دمای ۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد. از طرف دیگر با گذشت زمان، از سرعت جذب کاسته می‌شود. به طور کلی، حداکثر سرعت جذب لحظه‌ای در همه دماها کمتر از ۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت) می‌باشد؛ به عبارت دیگر تفاوتی بین جذب آب نمی‌باشد و غده‌ها تحت همه دماها جذب آب سریعی دارند هرچند که در دماهای بالاتر این سرعت بیشتر می‌باشد. با توجه به برآزش مناسب روند جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی توسط معادله پلگ (ضریب تبیین ۰/۹۸ تا ۰/۹۹)، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رفتار جذب آب غده‌ها همانند بذرها با پوسته نرم می‌باشد و غده‌ها مشکلی برای جذب سریع آب ندارند. از طرفی، رابطه پیشنهادی

¹ Desphande and Cheryan

² Sopade

³ Singh and Singh

میجانی و همکاران: کمی‌سازی الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی...

نتایج حاکی از آن است که رگرسیون سیگموییدی سه فراسنجه‌ای روند درصد جوانه‌زنی غده اویارسلام ارغوانی در زمان‌های مختلف نگهداری را به خوبی پیش‌بینی می‌کند (شکل ۳). با افزایش زمان نگهداری از درصد جوانه‌زنی کاسته شد. این در حالی است که کاهش شدید جوانه‌زنی در شرایط یخچال و اتاق به ترتیب ماه اول و پنجم اتفاق افتاد. در شرایط نگهداری در اتاق بعد از سه ماه جوانه زنی متوقف شد اما در شرایط نگهداری در یخچال توقف جوانه‌زنی بعد از نه ماه می‌باشد. بعد از گذشت سه ماه، درصد جوانه‌زنی غده در شرایط یخچال، ۶۶/۶۶ درصد می‌باشد. بعد از گذشت دو ماه از زمان نگهداری غده، کاهش چشمگیری در جوانه زنی غده در شرایط یخچال دیده نمی‌شود (۷۷/۶۶ تا ۷۵ درصد)، در حالی که در طی همین زمان در شرایط اتاق، جوانه‌زنی غده از ۷۷/۶۶ تا ۳۱/۶۶ درصد کاهش می‌یابد. بر اساس برازش رگرسیون سیگموییدی، زمان لازم برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در شرایط یخچال و اتاق به ترتیب ۵/۱۲ ماه (۱۵۴ روز) و ۱/۳ ماه (۳۹ روز) می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری، وزن (رطوبت نخستین) غده اویارسلام ارغوانی در شرایط نگهداری در یخچال و اتاق کاهش می‌یابد (شکل ۴). بعد از گذشت یک ماه از نگهداری غده در شرایط اتاق و یخچال، به ترتیب ۳/۴۸ و ۸/۴۷ درصد از وزن غده‌ها کاسته می‌شود. بعد از سه ماه، وزن غده، در شرایط اتاق ۳۱/۴۱ درصد کاهش می‌یابد و این کاهش در شرایط یخچال، ۶/۸۴ درصد می‌باشد. طی پنج ماه نگهداری غده‌ها در شرایط اتاق و یخچال به ترتیب ۳۹/۳۵ و ۱۱/۳۳ درصد از رطوبت آن‌ها کاسته می‌شود. بعد از گذشت نه ماه در شرایط اتاق و یخچال، کاهش وزن به ترتیب ۴۱/۴۹ و ۳۳/۵۹ درصد می‌باشد. بر اساس برازش رگرسیون سیگموییدی، زمان لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن غده تحت شرایط نگهداری در اتاق ۱/۹۸۱ ماه (۵۹ روز) می‌باشد.

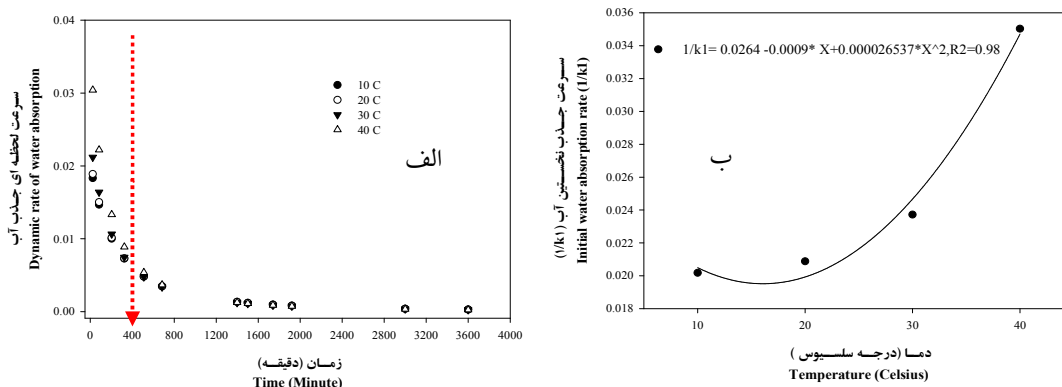
ارغوانی و دو توده اویارسلام ارغوانی درصد نشاسته، قند و پروتئین به ترتیب ۵۱/۵، ۵ و ۸/۲ درصد و ۴۵ تا ۴۷، ۳ تا ۳/۳ و ۷ تا ۷/۱ درصد گزارش شده است (استولر و وپر، ۱۹۷۵). پس می‌توان دلیل جذب سریع آب توسط غده‌های اویارسلام ارغوانی را مقدار بالای نشاسته و پروتئین آن‌ها عنوان کرد. همچنین عنوان شده است که گیاهان با بذره‌های بزرگتر (یولاف وحشی) که رطوبت نخستین بیشتری هم دارند، سرعت جذب آب بیشتری دارند (بوید و ون ایگر، ۲۰۰۴). پس از طرف دیگر، می‌توان یک دلیل دیگر جذب آب سریع غده‌های اویارسلام را به رطوبت بالای نخستین آن‌ها مرتبط دانست. نتایج نشان داد که شروع جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی تحت دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب از روزهای ۱۴/۴۴، ۶/۵۷، ۳/۲۴ و ۳/۱۲ رخ داده است. هر چند که بین دماهای ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به این‌که بیشترین جذب آب در دماهای مختلف در کمتر از ۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت) رخ داده است (شکل ۱)، پس دلیل کند بودن جوانه‌زنی غده‌ها در دماهای پایین (۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس) بخاطر مشکل در جذب آب نمی‌باشد و ممکن است به فعالیت‌های فیزیولوژیکی (فعال شدن آنزیم‌ها و هورمون‌ها) برگردد (هورواث^۱ و همکاران، ۲۰۰۳؛ دل پوزو^۲ و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، در مقایسه جذب آب توسط بذر، جذب آب غده‌ها (با در نظر گرفتن نقش دما) دارای دو مرحله می‌باشد: (۱) جذب سریع (کمتر از ۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت) و (۲) جذب بدون وقفه اما با سرعت (شیب) ملایم پس از آن. با این وجود، در مورد فعال شدن آنزیم‌ها و نقش هورمون‌های مرتبط بر جوانه‌زنی غده‌ها بواسطه جذب آب نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد.

قابلیت جوانه‌زنی غده اویارسلام ارغوانی طی زمان و محل نگهداری

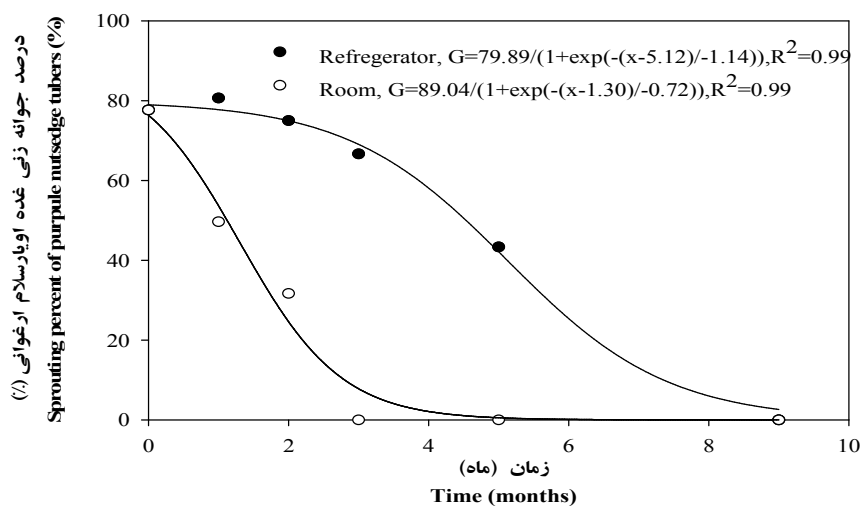
¹ Horvath

² Del Pozo



شکل ۲. روند سرعت جذب نخستین آب ($\frac{1}{K_1}$) غده‌های اویارسلام ارغوانی تحت دماهای مختلف (الف) و روند سرعت لحظه‌ای جذب آب تحت دماهای مختلف (ب). خط نقطه چین برای تفکیک میزان (سرعت) جذب آب می‌باشد.

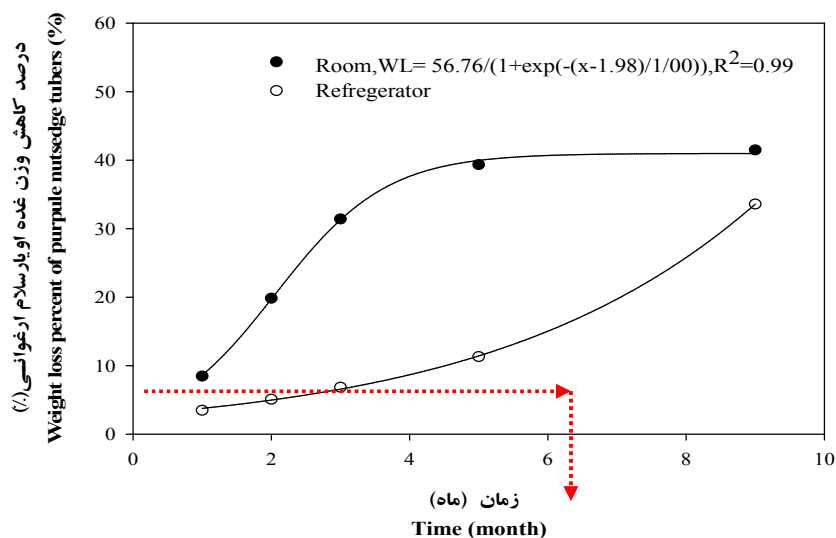
Fig. 2. The trend of the initial water absorption rate ($1/K_i$) of purple nutsedge tubers at different temperatures (a) and the dynamic rate of water absorption (b). The dotted line is just to separate the rate (speed) of water absorption.



شکل ۳. کارایی زمان (ماه) و محل نگهداری بر درصد جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی

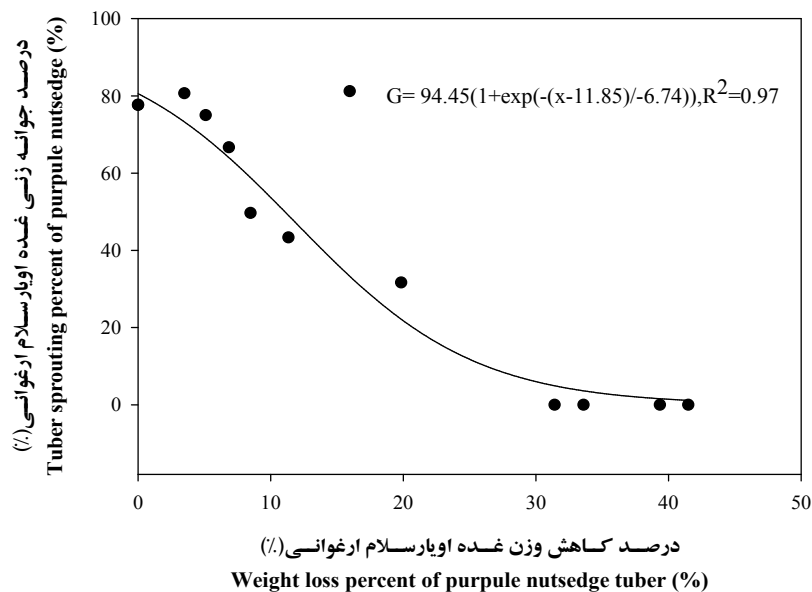
Fig. 3. Effect of time (month) and storage on sprouting percent purple nutsedge tubers

میجانی و همکاران: کمی‌سازی الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی...



شکل ۴. کارایی زمان (ماه) و محل نگهداری بر درصد کاهش وزن غده اویارسلام ارغوانی. خط نقطه چین نشان دهنده زمان رسیدن به نصف درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

Fig. 4. Effect of time (month) and storage location on weight loss percent of purple nutsedge tubers. Arrows indicate the time to reach 50% sprouting.



شکل ۵. رابطه بین درصد کاهش وزن و درصد جوانه‌زنی غده اویارسلام ارغوانی

Fig. 5. The Relationship between weight loss and sprouting percent of purple nutsedge tubers

کاهش پیدا می‌کند و از طرف دیگر، درصد جوانه‌زنی غده نیز کاهش چشمگیری دارد. با توجه به کاهش شدید جوانه‌زنی غده بعد از سه ماه در شرایط یخچال، توصیه می‌شود که بعد از خارج کردن غده‌ها از خاک و نگهداری در یخچال، غده‌ها بیشتر از این زمان برای استفاده در آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار نگیرند.

این زمان برای کاهش ۵۰ درصدی وزن غده در شرایط نگهداری در یخچال به‌وسیله رگرسیون قابل برآورد نبود اما بر اساس مشاهده چشمی و ترسیم و تطابق خط از ۵۰ درصد کاهش وزن غده می‌توان حدود ۶ ماه (۱۸۰ روز) را تخمین زد. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در شرایط نگهداری غده در اتاق، رطوبت سریعاً

مانعی برای نفوذ دما نیست و دوم، رطوبت بالا باعث می‌شود به شدت تحت تنش یخ‌زدگی قرار بگیرند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که غده‌های اویارسلام ارغوانی برداشت شده تا عمق ۷۰ سانتی متری خاک، دارای رطوبت نخستین ۴۲ درصد می‌باشند و ۱۰ درصد آب مازاد جذب می‌کنند. جذب آب غده‌ها بر اساس مدل پلگ و با در نظر گرفتن نقش دما دارای دو مرحله می‌باشد: (۱) جذب سریع (۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت)، و (۲) جذب بدون وقفه اما با سرعت (شیب) ملایم پس از آن. مدل پیشنهادی ما، هایپرپولا دو فراسنجه‌ای نسبت به مدل پلگ، مدل برتر بود و فراسنجه‌های آن مفهوم زیستی دارند. نتایج نشان داد که شروع جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی تحت دماهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب از روزهای ۱۴/۴۴، ۶/۵۷، ۳/۲۴ و ۳/۱۲ رخ داده است. با توجه به این که بیشترین جذب آب در دماهای مختلف در کمتر از ۴۲۰ دقیقه (هفت ساعت) رخ داده است، پس دلیل کند بودن جوانه‌زنی غده‌ها در دماهای پایین (۱۰ و ۲۰ درجه سلسیوس) بخاطر مشکل در جذب آب نمی‌باشد و ممکن است به تغییرات فیزیولوژیکی (فعال شدن آنزیم‌ها و هورمون‌ها) ارتباط داشته باشد. پس با توجه با این نتایج، می‌توان از تلفیق فراسنجه‌های درصد و سرعت جذب آب در مدل‌های مرتبط برای پیش‌بینی جوانه‌زنی و سبز شدن غده‌های اویارسلام صرف نظر کرد. نتایج نشان داد که در شرایط نگهداری غده‌ها در اتاق، بعد از سه ماه جوانه‌زنی متوقف اما در یخچال توقف جوانه‌زنی بعد از نه ماه رخ داده است. بر اساس برآزش رگرسیون سیگموییدی، زمان لازم برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در شرایط یخچال و اتاق به ترتیب ۵/۱۲ ماه (۱۵۴ روز) و ۱/۳ ماه (۳۹ روز) برآورد شد. زمان لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن غده تحت شرایط نگهداری در اتاق و یخچال ۱/۹۸۱ ماه (۳۹ روز) و حدود ۶ ماه (۱۸۰ روز) بود. همچنین کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی غده‌های اویارسلام ارغوانی، بعد از حدود ۱۲ درصد کاهش وزن غده (کاهش رطوبت) اتفاق افتاد. به طور کلی، نتایج حاکی از آن است که علی‌رغم تحت تأثیر

همچنین رابطه بین درصد کاهش وزن و درصد جوانه‌زنی غده اویارسلام ارغوانی از روند سیگموییدی پیروی می‌کند (شکل ۵). بر این اساس، برای کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی غده اویارسلام ارغوانی، ۱۱/۸۵ درصد کاهش وزن غده (کاهش رطوبت) لازم است.

نتایج نشان داده است که قرار گیری ریزوم‌های قمیش در شرایط (خشک و مرطوب) و دماهای مختلف بر قدرت جوانه‌زنی آن‌ها مؤثر می‌باشد (بوس و هولت، ۱۹۹۹). بدین صورت که پس از هشت هفته، قرار گیری ریزوم‌ها در دمای ۱۰-۹ درجه سلسیوس تحت شرایط خشک و مرطوب به ترتیب ۲۰ و بالای ۹۵ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. در حالی که در طی همان هشت هفته، جوانه‌زنی ریزوم‌ها در دمای ۲۳-۱۹ درجه سلسیوس تحت شرایط خشک و مرطوب به ترتیب ۳۰ و بالای ۷۰ درصد بود. همچنین در آزمایش آن‌ها، پس از ۱۶ هفته، جوانه‌زنی ریزوم‌ها در هر دو شرایط و هر دو دما کاملاً متوقف شد. این یافته‌ها در راستای نتایج ما می‌باشد که قرار گیری اندام‌های رویشی در دماهای خنک باعث حفظ زنده‌مانی آن‌ها می‌شود. بدین ترتیب حفظ رطوبت غده یکی از ویژگی‌های مهم برای داشتن قابلیت جوانه‌زنی بالای غده اویارسلام ارغوانی می‌باشد. به احتمال قوی یکی از دلایل تولید غده‌های بیشتر و بزرگتر توسط اویارسلام ارغوانی در عمق‌های ۱۵ تا ۴۵ سانتی متری خاک (مشاهده نگارنده)، راهبردی در برای حفظ رطوبت نخستین غده‌ها و قابلیت جوانه‌زنی برای نسل‌های آینده خود می‌باشد. با بهره‌گیری از اهمیت حفظ آب غده‌ها برای جوانه‌زنی و حفظ بقای آن‌ها، می‌توان برای مدیریت این علف‌هرز در بوم نظام‌های زراعی نسخه‌های مدیریت توصیه کرد. بدین صورت که فصل‌های گرم سال با اتخاذ روش‌هایی مانند شخم عمیق می‌توان غده‌ها را از عمق‌های مختلف به سطح خاک آورد تا در معرض نواسانات دمایی قرار گرفته تا با از دست دادن رطوبت شرایط را برای افزایش مرگ و میر آن‌ها فراهم کنیم. از طرف دیگر، بخاطر رطوبت بالای غده‌ها (۴۲ درصد) انجام شخم عمیق در زمستان منجر خواهد شد که غده‌ها با قرار گرفتن در معرض هوای سرد زمستان، زنده‌مانی خود را از دست بدهند. به دو دلیل، نخست این که غده‌ها دارای پوسته نازک هستند و

میجانی و همکاران: کمی‌سازی الگوی جذب آب غده‌های اویارسلام ارغوانی...

محیط (۲۲ تا ۲۵ درجه سلسیوس) دیرتر رطوبت و قابلیت جوانه‌زنی خود را از دست می‌دهند.

سیاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت مالی از این تحقیق به شماره ۳/۳۳۴۳۲ قدردانی می‌شود.

قرار گرفتن درصد و سرعت جذب آب غده‌ها از دما، شروع جوانه‌زنی ارتباطی با سرعت جذب آب ندارد. همچنین جوانه‌زنی و قابلیت زنده‌مانی غده‌ها، به شدت به میزان رطوبت غده‌ها، وابسته است. از طرف دیگر، نتایج حاکی از آن است که غده‌ها در دماهای خنک مانند یخچال (۴ درجه سلسیوس) نسبت به دمای

منابع

- Akaike, H. 1974. A New Look at the Statistical Model Identification. In: Parzen E., Tanabe K., Kitagawa G. (eds.). Selected Papers of Hirotugu Akaike. Springer Series in Statistics (Perspectives in Statistics). Springer, New York, 716-722. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_16
- Bethke, P.C., Sabba, R. and Bussan, A.J. 2009. Tuber water and pressure potentials decrease and sucrose contents increase in response to moderate drought and heat stress. American Journal of Potato Research, 86(6): 519-532. <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9109-8>
- Boose, A.B. and Holt, J.S. 1999. Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. Weed Research, 39:117-127. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00129.x>
- Boyd, N.S. and Van Acker, R.C. 2004. Imbibition response of green foxtail, canola, wild mustard and wild oat to different osmotic potentials. Canadian Journal of Botany, 82(6): 801-806. <https://doi.org/10.1139/b04-041>
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information Theoretic Approach. Springer, New York, USA. 488p.
- Del Pozo, J.C., Lopez-Matas, M.A, Ramirez-Parra, E. and Gutierrez, C. 2005. Hormonal control of the plant cell cycle. Physiologia Plantarum, 123(2): 173-183. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2004.00420.x>
- Desphande, S.S. and Cheryan, M. 1986. Microstructure and water uptake of phaseolus and winged beans. Journal of Food Science, 51(5): 1218-1223. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13089.x>
- Dor, E. and and Hershenhorn. J. 2013. Effect of low temperature on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) reproductive biology. Weed Science, 61: 239-243. <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00061.1>
- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V. and Herberger, J.P. 1977. The World's Worst Weeds, Distribution and Biology. Honolulu: Honolulu University Press. 609p.
- Horowitz, M. 1972. Growth, tuber formation and spread of *Cyperus rotundus* L. from single tubers. Weed Research, 12(4): 348-363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1972.tb01229.x>
- Horvath, D.P., Anderson, J.V., Chao, W.S. and Foley, M.E. 2003. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. Trends in Plant Science, 8(11): 534-540. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2003.09.013>
- Justice, O.L. and Whitehead. M.D. 1946. Seed production, viability and dormancy in the nutgrass, *Cyperus rotundus* and *C. esculentus*. Journal of Agricultural Research, 73: 303-318.
- Kaptso, K.G., Njintang, Y.N., Komnek, A.E., Hounhouigan, J., Scher, J. and Mbolung, C. M. F. 2008. Physical properties and rehydration kinetics of two varieties of cowpea (*Vigna*

- unguiculata*) and bambara groundnuts (*Voandzeia subterrânea*) seeds. Journal of Food Engineering, 86: 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.09.014>
- Manz B., Muller, K., Kucera, B., Volke, F. and Leubner-Metzger, G. 2005. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. Plant Physiology, 138(3): 1538-1551. <https://doi.org/10.1104/pp.105.061663>
- Mayer, D.G. and Butler, D.G. 1993. Statistical validation. Ecological Modeling. 68: 21-32. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(93\)90105-2](https://doi.org/10.1016/0304-3800(93)90105-2)
- Mijani, S., Rastgoo, M., Ghanbari, A., Nassiri mahallati, M. and Gonzalez-Andujar, J.L. 2017. The effect of different methods of calculation of germination rate in evaluation of sprouting potential of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) tuber and estimation of thermal thresholds. Weed Research Journal, 10(1): 61-74. [In Persian with English Summary].
- Mutti, N.K., Mahajan, G. and Chauhan, B.S. 2019. Seed-germination ecology of glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible biotypes of *Echinochloa colona* in Australia. Crop & Pasture Science, 70(4): 367-372. <https://doi.org/10.1071/CP18444>
- Neeser, C., Agiiero. R. and Swanton, C.J. 1997. Survival and dormancy of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) tubers. Weed Science, 45: 784-790. <https://doi.org/10.1017/S0043174500088974>
- Nezamabadi, N., Rahimian mashhadi, H., Zand, E. and Alizadeh, H.M. 2007. Investigation of some ecophysiological aspects of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) rhizomes. Applied entomology and phytopathology, 74(2): 45-61. [In Persian with English Summary].
- Okoli, C.A.N., Shilling, D.G., Smith, R.L. and Bewick, T.A. 1996. Genetic diversity in purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus* L.). Biological Control, 8(2): 111-118. <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0490>
- Oliveira, A.L., Colnaghi, B.G., Silva, E.Z.D., Gouve, I.R., Vieira, R.L. and Augusto, P.E.D. 2013. Modelling the effect of temperature on the hydration kinetic of adzuki beans (*Vigna angularis*). Journal of Food Engineering, 118(4): 417-420. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.034>
- Peleg, M. 1988. An empirical model for the description of moisture sorption. Journal of Food Science, 20: 34-35.
- Singh, P.N. and Singh, S.B. 1981. Growth, development and carbohydrate in purple nutsedge. Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Plant Science), 90: 413-423.
- Sopade, P.A., Ajisegiri, E.S., and Badau, M.H. 1992. The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. Journal of Food Engineering, 15(4): 269-283. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(92\)90010-4](https://doi.org/10.1016/0260-8774(92)90010-4)
- Souci, S.W., Fachmann, W. and Kraut, H. 2000. Food composition and nutrition tables, Medpharm, Scientific Publishers, Stuttgart, Germany, 639-640.
- Stoller, E.W. 1973. Effect of minimum soil temperature on differential distribution of *Cyperus rotundus* and *C. esculentus* in the United States. Weed Research, 13(2): 209-217. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1973.tb01265.x>
- Stoller, E.W. and Weber, E.J. 1975. Differential cold tolerance, starch, sugar, protein, and lipid of yellow and purple nutsedge tubers. Plant Physiology, 55(5): 859-863. <https://doi.org/10.1104/pp.55.5.859>
- Tang, J., Sokhansanj, S. and Sosulski, F.W. 1994. Moisture-absorption characteristics of Laird lentils and hand shell seeds. Cereal Chemistry, 71(5): 423-428.
- Webster, T.M. 2003. High temperatures and durations of exposure reduce nutsedge (*Cyperus spp.*) tuber viability. Weed Science, 51(6): 1010-1015. <https://doi.org/10.1614/WS-03-018R>

Research Article

Quantification of the Water Absorption Pattern of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*) Tubers and Evaluation of Their Sprouting Behavior in Different Storage Conditions

Sajjad Mijani¹, Mehdi Rastgoo^{1,*}, Ali Ghanbari¹, Mehdi Nasiri Mahallati¹

Extended Abstract

Introduction: Tubers are considered as the most important vegetative organs in reproduction of purple nutsedge, as one of the most troublesome weeds worldwide. Therefore, it is great of importance to investigate the properties of the tuber response to the surrounding environment such as absorption and loss of water. Water uptake is the first step in the sprouting process, though the pattern of water uptake by purple nutsedge tubers has not been documented. Loss of water in tubers is one of the potent factors in reducing their ability to sprouting. Three separate experiments were carried out to investigate the absorption and loss of water content of purple nutsedge tubers.

Material and Methods: In the first experiment, the tubers were placed in a water bath at temperatures of 10, 20, 30, and 40 °C. Then, the weight of the tubers was measured at different times (24 till 3600 minutes). The water uptake percentage of tubers at different temperatures was studied by fitting the Peleg model. In the second experiment, the initiation day of sprouting was investigated at constant temperatures of 10, 20, 30, and 40 °C. In the third experiment, water loss and sprouting percentage of tubers were evaluated in two conditions refrigerator (4 °C) and room (22 to 25 °C).

Results: The results showed that the initial water content of tubers was 42% and absorbed 10% extra water after being immersed in water. The water uptake behavior was based on the Peleg model at two stages: (1) rapid uptake (less than 420 minutes (7 hours), and (2) a low uptake with a gentle slope afterward. In the Peleg model, the parameters K_1 (minutes * %weight⁻¹) and K_2 (%⁻¹) are water absorption rate and water absorption capacity, respectively. The K_1 parameter was negatively against temperature. The highest and lowest values were 49.56 and 28.55 at 10 and 40 °C, respectively. On the other hand, the trend of the K_2 was constant (0.1) at 10-30 °C but was 0.08 at 40 °C. The two-parameter Hyperbola model was superior to the Peleg and predicts the highest water absorption and time to 50 percent water absorption parameters. The results showed that sprouting of purple nutsedge tubers at 10, 20, 30, and 40 °C occurred after 14.44, 6.57, 3.24, and 3.12 days, respectively. Keeping the tubers in the room (22-25 °C) and refrigerator (4 °C), sprouting stopped after 3 and 9 months, respectively. The time required for 50% reduction of sprouting in the room and refrigerator was estimated to be 1.3 months (39 days) and 5.12 months (154 days), respectively. The time required for 50% loss weight of tubers in the room and refrigerator was 1.981 months (59 days) and about 6 months (180 days), respectively. Overall, weight loss (water loss) up 11.85%, resulted in 50% reduction in tuber sprouting.

Conclusion: Maximum water uptake in tubers occurred in less than 420 minutes (seven hours) at all temperatures. Slow sprouting in tubers at low temperatures is not associated with an obstacle in water absorption. Tubers lost half of their sprouting ability by losing water about 12%. On the other hand, the results show that the tubers at cool temperatures (4 °C) lose their water and sprouting capacity less than the ambient temperature (22 to 25 °C).

Keywords: *Drying, Moisture, Hyperbola model, Peleg model, Temperature, Vegetative organs*

Highlights:

- 1- Determination of water absorption pattern on purple nutsedge tubers.
- 2- Effect of storage location in reducing water and sprouting ability of purple nutsedge tubers.

¹ Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1399.7.2.9.8>

* Corresponding author, E-mail: m.rastgoo@um.ac.ir

DOI: 10.29252/yujs.7.2.107

