افزایش کارایی جوانه‌زنی بذر علف‌گندمی بلند (*Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv) در شرایط تنش‌های دمای پایین و خشکی با استفاده از اسموپرایمینگ اوره

علی مرادی[۱،*]، فرزاد شریف‌زاده[۲]، رضا توکل‌افشاری[۳]، رضا معالی‌امیری[۴]

[۱] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج

[۴،۳،۲] دانشیار، استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

[*] پست الکترونیک نویسنده مسئول: amoradi@yu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۹)

چکیده

پرایمینگ بذر از جمله راه‌های افزایش کارایی جوانه‌زنی بذر در شرایط تنشی زنده و غیرزنده می‌باشد. بدین منظور جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه بذرهای پرایم‌شده علف‌گندمی بلند (*Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv) در شرایط تنش‌های دمای پایین و تنش خشکی ارزیابی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل پرایمینگ در دو سطح بذرهای پرایم‌شده (با استفاده از اوره ۴- بار در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۶ ساعت) و پرایم‌نشده؛ دمای جوانه‌زنی شامل دماهای ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل‌های اسمزی صفر (آب مقطر)، ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار (اعمال‌شده توسط پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰) بود. نتایج نشان داد که به استثنای صفت میانگین زمانی جوانه‌زنی سایر شاخص‌های جوانه‌زنی با افزایش دما از ۳ تا C ۲۵ روند افزایشی نشان دادند و بذرها بیشترین حساسیت را به تنش دمای پایین در دماهای کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد نشان دادند. این در حالی است که با افزایش شدت تنش خشکی روند تغییرات این شاخص‌ها معکوس بوده و حساسیت بذرها به تنش خشکی از پتانسیل‌های بالاتر از ۶- بار شروع و در پتانسیل ۱۲- بار به حداکثر رسید. به هر حال بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم‌نشده جوانه‌زنی بهتری در هر دو شرایط تنش خشکی و دمای پایین از خود نشان دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین شاخص بنیه گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل آبی صفر تا ۳- بار حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اسموپرایمینگ بذر، پتانسیل آبی، دمای پایین، علف‌گندمی بلند

مقدمه

"علف‌گندمی بلند" با نام علمی *Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv و نام‌های عمومی علف‌گندمی شور و علف‌گندمی خوشه‌ای از خانواده پواسه[1] بوده و اغلب در مناطق معتدله به‌صورت خالص و یا کشت مخلوط با سایر گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (عیسوند، ۱۳۸۷). گونه‌های این جنس چندساله و پایا هستند و بیشتر آن‌ها از نظر تولید علوفه سبز و خشک دارای اهمیت فراوانی هستند. این گیاهان اکثراً به‌صورت خالص و یا کشت مخلوط با سایر گیاهان جهت احداث چراگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌علاوه برخی از گونه‌های آن به علت پوشانیدن سطح زمین به‌وسیله ریزوم‌ها یا استولون‌های قوی یا

[1] Poaceae

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]

[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

چمنی‌شدن جهت جلوگیری از فرسایش کشت می‌شوند (کریمی، ۱۳۶۹). در این مناطق تحمل به تنش سرما و یخبندان پیش‌نیاز بقاء گیاهان در زمستان و شروع رشد و نمو در بهار است. دمای پایین در مرحله جوانه‌زنی درصد جوانه‌زنی را کاهش داده و طول دوره سبزشدن گیاهچه را افزایش می‌دهد. گیاهچه‌های زودتر سبزشده دارای قدرت رقابتی بالاتری در جوامع گیاهی بوده و شانس بقای بیشتری دارند (پسمیک[1] و همکاران، ۲۰۰۱).

دسترسی ضعیف به آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جوانه‌زنی بذر، استقرار گیاهچه و دوام گراس‌های چندساله را شدیداً محدود می‌کند. کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی می‌تواند نتیجه یک‌سری از فرآیندهایی بیوشمیایی مانند کم‌شدن سیالیت نشاسته از بافت‌های ذخیره‌ای به بافت‌های در حال رشد نشأت گرفته باشد (کائور[2] و همکاران، ۱۹۹۸). به‌علاوه، کمبود رطوبت در خاک می‌تواند جوانه‌زنی بذر را از طریق اثرات اسمزی که موجب تأخیر در آبنوشی بذر یا طولانی شدن مرحله دوم جذب آب (لارسن[3] و همکاران، ۲۰۰۴) می‌شوند کاهش داده و یا از طریق بازدارندگی تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نهایت سبزشدن گیاهچه را محدود کند (کائور و همکاران، ۱۹۹۸). لارسن و همکاران (۲۰۰۴) با ارزیابی شدت‌های صفر تا ۲۰- بار تنش خشکی بر روی الگوی جذب آب چهار گراس مرتعی، مشاهده نمودند که میزان آب جذب شده توسط بذر در پتانسیل صفر بار بیش از ۲۵۰ درصد وزن خشک بذر بود، در حالی‌که پتانسیل ۴- بار به کمتر از ۱۰۰ درصد کاهش یافته و در ۱۰- بار به کمتر از ۵۰ درصد نیز رسید.

وقتی بذور در خاک کشت می‌شوند، مدت زمان نسبتاً زیادی را صرف جذب آب می‌کنند. اگر این زمان از طریق پرایم‌کردن کاهش یابد، جوانه‌زنی سریعتر انجام شده و گیاه زراعی حاصل قوی‌تر خواهد بود (هریس[4] و همکاران، ۲۰۰۱). مطالعات زیادی در رابطه با تأثیر مثبت پرایمینگ بر کاهش اثرات منفی تنش‌های خشکی و دمای پایین وجود دارد (هاردیگری و ون وکتور[5]، ۲۰۰۰؛ هاردیگری و همکاران، ۲۰۰۲؛ دمیر و ماوی[6]، ۲۰۰۴؛ وانگ[7]، ۲۰۰۵؛ سوئدا[8] و همکاران، ۲۰۰۵،). افزایش سرعت جوانه‌زنی و استقرار بذر در مزرعه می‌تواند منجر به افزایش توان گیاهچه در جذب آب و عناصر غذایی گردد و باعث رسیدن به درجه‌ای از تحمل به سرما قبل از وقوع یخبندان شود (فینچ ساویج[9] و همکاران، ۲۰۰۴). روحی (۱۳۸۷) با ارزیابی تأثیر تیمارهای مختلف اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول و نیز هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور چهار گراس مرتعی شامل *Festuca arundinacea*، *Agropyron elongatum* ، *Bromus inermis* و *Festuca ovina* در شرایط تنش‌های خشکی و دمای پایین مشاهده کرد که اسموپرایمینگ، جوانه‌زنی بذور این گونه‌ها را به‌میزان زیادی بهبود بخشید. این در حالی است که تأثیر این تیمارها به متغیرهایی مانند نوع ماده پرایمینگ، طول دوره پرایمینگ، پتانسیل پرایمینگ و نیز نوع تنش بستگی دارد. شاهسوند و همکاران (۱۳۸۸) با ارزیابی اثر اسموپرایمینگ با پلی‌اتیلن گلایکول بر تحمل به تنش خشکی چهار گونه گراس مرتعی *Agropyron desertorum*، *Bromus inermis*، *Lolium prenne* و *Secale montanum* دریافتند که اسموپرایمینگ به‌میزان زیادی شاخص‌های جوانه‌زنی این گونه‌ها را در شرایط تنش خشکی بهبود داد و گونه‌های مختلف به‌میزان متفاوتی به این تیمارها واکنش نشان دادند.

در مجموع شواهد نشان می‌دهد در طی پرایمینگ مکانیزم‌های فیزیولوژیکی بسیاری درگیرند: ترمیم آسیب‌های وارده به سلول‌های بذر (برای[10]، ۱۹۹۵)، پیشرفت وقایع متابولیکی که در مرحله دوم جذب آب اتفاق افتاده و منجر به خروج ریشه‌چه می‌گردند (دل آکویلا و بیولی[11]، ۱۹۸۹؛ سوئدا و همکاران، ۲۰۰۵) و

[1] Posmyk
[2] Kaur
[3] Larsen
[4] Harris
[5] Hardegree and Van vactor
[6] Demir and Mavi
[7] Wang
[8] Soeda
[9] Finch Savage
[10] Bray
[11] Dell Aquila and Bewley

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

وقایعی مثل تسهیم بهتر آندوسپرم و مواد ذخیره‌ای که اجازه رشد بیشتر جنین را می‌دهند (بورگاس و پاول[1]، ۱۹۸۴) ممکن است در طی پرایمینگ بذر اتفاق بیفتند و کارآیی آن را افزایش دهند. به هر حال مطالعه واکنش‌های مطلوب بذر با استفاده از روش‌های پرایمینگ هنوز در حال توسعه است و تکنولوژی پرایمینگ بذر تا بهبود و اصلاح کامل آن ادامه می‌یابد. همگام با افزایش اطلاعات، بذور پرایم‌شده بیشتری برای گیاهان زراعی و مرتعی در دسترس خواهند بود. بنابراین به‌منظور افزایش فهم ما از اثرات مثبت پرایم‌کردن بذور، به‌ویژه اسموپرایمینگ با اوره، در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های خشکی و دمای پایین‌بر جوانه‌زنی بذر علف‌گندمی بلند تحقیق حاضر طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های خشکی و دمای پایین بر جوانه‌زنی و شاخص‌های گیاهچه‌ای بذرهای پرایم شده علف‌گندمی بلند آزمایشی سه عاملی شامل دو سطح پرایمینگ، پنج سطح تنش خشکی و ۷ درجه حرارت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۸ انجام شد. جهت افزایش دقت اعمال تیمارها و ارزیابی مناسب شاخص‌ها، تکرارهای چهارگانه آزمایشی به‌فواصل هر ۷ روز یک تکرار کاشت شدند (وانگ، ۲۰۰۵)، لذا بر همین مبنا طرح پایه آزمایشی، بلوک‌های کامل تصادفی در نظر گرفته شد. بذر گونه مرتعی علف‌گندمی بلند، از شهرستان بهار همدان (برداشت سال ۱۳۸۶) تهیه و در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

پتانسیل‌های مختلف پلی‌اتیلن گلایکول مورد استفاده در اعمال تنش خشکی، با فرمول میشل و کافمن[2] (۱۹۷۳) تهیه شد (رابطه ۱). برای تهیه پتانسیل‌های مختلف اوره نیز از رابطه وان‌هوف (رابطه ۱) استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۰).

رابطه ۱: $\psi_s = miRT$

در این فرمول ψ: پتانسیل اسمزی بر حسب بار؛ R: عدد ثابت گازها؛ i: ضریب ثابت یونیزاسیون ماده حل شونده (برای اوره ۱)؛T دمای محلول (درجه کلوین) و m: غلظت مولی ماده حل‌شده است.

پس از آماده‌شدن محلول پرایمینگ، حدود ۵ میلی‌لیتر از محلول اسمزی اوره ۴- بار به پتری‌دیش‌های شیشه‌ای ۹ سانتی‌متری اضافه شد سپس ۵۰ عدد بذر سالم به‌صورت تصادفی انتخاب و در هر پتری قرار گرفت. این کار در چهار تکرار ۵۰ بذری برای هر کدام از تیمارها صورت گرفت. در نهایت به‌منظور انجام پرایمینگ پتری‌ها در شرایط تاریکی در داخل ژرمیناتور (مدل گروک با نوسان دمای حدود ۱± درجه سانتی‌گراد) در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۳۶ ساعت به‌منظور پرایم‌شدن قرار داده شدند. در پایان این مدت پتری‌دیش‌ها از ژرمیناتور خارج‌شده و بذرها سه‌بار با آب معمولی و یک‌بار با آب مقطر شستشو (الکراکی[3]، ۱۹۹۸؛ المدرسی و جوتزی[4]، ۱۹۹۹) و به‌مدت ۲۴ ساعت در همان دمای پرایمینگ (درون انکوباتور) تا رسیدن به حدود رطوبت اولیه خشک شدند (دل آکویلا و تریتو[5]، ۱۹۹۰؛ روان[6] و همکاران، ۲۰۰۲).

برای ارزیابی رفتار جوانه‌زنی بذرها در دماها و پتانسیل‌های آبی مختلف، ابتدا ۵ میلی‌لیتر آب مقطر (پتانسیل صفر بار) یا محلول پلی‌اتیلن گلایکول (پتانسیل‌های آبی ۳- تا ۱۲- بار) به پتری‌دیش‌ها اضافه شده و سپس ۵۰ عدد بذر، بعد از ضدعفونی سطحی با سوسپانسیون ۳ در هزار قارچ‌کش ویتاواکس، به‌صورت تصادفی در داخل هر پتری قرار گرفت. پس از کاشت بذرها، پتری‌دیش‌ها به‌صورت تصادفی درون انکوباتور با یکی از دماهای ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد چیده شدند. بسته به‌سرعت جوانه‌زنی در فواصل ۱۲، ۲۴ و یا ۴۸ ساعت تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش‌شده و ثبت شدند. بذرها هنگامی جوانه‌زده فرض شدند که خروج ریشه‌چه از پوسته بذر به‌اندازه یک میلی‌متر یا بیشتر بود (ایستا[7]، ۲۰۱۰). شمارش بذرهای

[1] Burgass and Powell
[2] Michel and Kaufman
[3] Alkaraki
[4] Al Mudarsi and Jutzi
[5] Dell'Aquila and Tritto
[6] Ruan
[7] ISTA

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

جوانه‌زده تا ۲۱ روز پس از شروع آزمایش ادامه یافت. در طول آزمایش در صورت نیاز به پتری‌دیش‌ها آب مقطر و یا محلول پلی‌اتیلن گلایکول اضافه شد. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق درصد جوانه‌زنی کل، درصد گیاهچه‌های غیر عادی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه بودند. عدم یکنواختی واریانس‌های درصد جوانه‌زنی باعث شد که، برای داده‌های این صفت از تبدیل زاویه‌ای (Arc sinX) استفاده شد (المدرسی و جوتزی، ۱۹۹۹).

برای اندازه‌گیری صفاتی مانند طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه پس از اتمام آزمایش از هر پتری تعداد ۱۰ گیاهچه به‌صورت تصادفی انتخاب و این صفات ثبت شد. میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT[1]) از رابطهٔ الیس و روبرتس[2] (۱۹۸۱) محاسبه شد (رابطه ۲).

رابطه ۲: $MGT= \sum(ni \times di) / \sum ni$

n_i و d_i به‌ترتیب تعداد بذور جوانه‌زده در روز iام و روز iام می‌باشد.

شاخص بنیه گیاهچه (SVI[3]) نیز از حاصل ضرب طول گیاهچه (سانتی‌متر) در درصد جوانه‌زنی به‌دست آمد (عبدالباقی و اندرسون[4]، ۱۹۷۳). برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه ۳ استفاده شد (اگراوال[5]، ۱۹۹۱).

رابطه ۳: سرعت جوانه‌زنی =$\Sigma(ni/di)$

ni: تعداد بذرهای جوانه زده در روز iام و di: تعداد روز پس از شروع آزمایش می‌باشد.

تجزیه آماری نیز با استفاده از برنامه آماری SAS و MSTATC انجام و میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های صفات مورد بررسی در گیاه علف‌گندمی بلند بیانگر آن است که متغیرهای تنش خشکی، تنش دمایی و پرایمینگ به‌میزان معنی‌داری صفت درصد جوانه‌زنی کل را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۱). همان‌گونه که در شکل ۱-الف نیز مشخص است بذرهای جوانه‌زده در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان جوانه‌زنی را داشتند، با افزایش دما از ۳ به ۶ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی کل به‌طور میانگین ۴۲ درصد افزایش یافت. این روند از ۶ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد تغییر محسوسی نکرده و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، درصد بذرهای جوانه‌زده با شیب زیادی کاهش یافت. در این شرایط شیب کاهش جوانه‌زنی برای بذرهای پرایم شده آهسته‌تر از بذرهای پرایم‌نشده بود. بنابر اظهارات میر[6] و همکاران (۲۰۰۰) با افزایش دما به بیش از دمای بهینه پتانسیل آب‌پایه افزایش‌یافته که به تبع آن سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی نهایی نیز کاهش می‌یابد.

با در نظر گرفتن معنی‌داری اثر متقابل دما×تنش خشکی مشخص شد که با افزایش شدت تنش خشکی (منفی‌ترشدن پتانسیل آبی) میزان جوانه‌زنی کل کاهش چشمگیری نمود (شکل ۱-ب). این کاهش در دماهای پایین (۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد) و بالا (۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) محسوس‌تر بود. به‌طور مثال مشاهده شد که در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش شدت تنش خشکی از پتانسیل صفر به ۳- بار میزان کاهش جوانه‌زنی ۲۱ درصد بود، این در حالی است که میزان کاهش این شاخص در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شدت تنش خشکی مشابه ۳۳ درصد بود. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت بذرهای جوانه‌زده در دمای بهینه، در مقایسه با دماهای نامناسب، قابلیت تحمل شدتهای بالاتر تنش خشکی را دارند. افزایش نوسانات صفت درصد جوانه‌زنی نهایی با کاهش پتانسیل آبی در چاودار و فستوکا نیز گزارش شده است (لارسن و همکاران ۲۰۰۴).

[1] Mean Germination Time
[2] Ellis and Roberts
[3] Seedling Vigour Index
[4] Abdual-baki and Anderson
[5] Agrawal
[6] Meyer

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

درصد گیاهچه‌های غیرعادی

در هر جمعیت بذری درصد بذرهای با ریشه‌چه یا ساقه‌چه غیر عادی یا فاقد هر یک از این دو اندام به عنوان معیار ارزیابی شدت تنش و نیز کیفیت بذر قابل استفاده هستند. نتایج نشان داد که در میان ترکیبات مختلف تیماری بیشترین درصد گیاهچه‌های غیر عادی مربوط به بذرهای جوانه‌دار شده در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل آبی ۶- بار بود (جدول ۲). این در حالی است که در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل صفر بار کمترین میزان جوانه‌زنی غیر عادی مشاهده شد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت با افزایش دما، به‌ویژه در پتانسیل‌های آبی صفر و ۳- بار، درصد گیاهچه‌های غیرعادی کاهش یافت. این در حالی است که در شدت‌های بالاتر تنش خشکی (پتانسیل‌های ۶- و ۹- بار)، مقدار این شاخص با افزایش دما افزایش یافت و در دماهای ۹ درجه سانتی‌گراد و بالاتر درصد بذرهای با گیاهچه غیرعادی در پتانسیل ۹- بار بیش از ۲۰ برابر پتانسیل صفر بار بود. به هر حال، به دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی کل در پتانسیل ۱۲- بار، درصد گیاهچه‌های غیر عادی در این پتانسیل آبی نیز کاهش یافت. به‌طور کلی و بر خلاف صفات درصد جوانه‌زنی درصد بذرهای با گیاهچه غیرعادی در بذرهای پرایم‌شده کمتر از پرایم‌نشده بود. این موضوع در ترکیبات تیماری صفر، ۳- و ۶- بار و دماهای ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذرهای پرایم‌شده و پرایم‌نشده علف‌گندمی بلند در شرایط دمایی و پتانسیل آبی مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)						
		درصد جوانه‌زنی کل	درصد جوانه‌زنی غیرعادی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی	طول گیاهچه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه
تکرار	۳	۱۵۰^{ns}	۸۸^{ns}	۱/۵۱^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۲۸^{ns}
دما	۶	۷۷۵۰**	۲۵۸۰**	۹۳۲**	۴۳۲**	۷۶۳**	۹/۵**	۴۹۷**
پرایمینگ	۱	۲۱۵۹**	۴۶^{ns}	۳۹۶**	۳۸**	۳۷**	۳/۱**	۱۳۷**
تنش خشکی	۴	۳۱۱۳۸**	۹۲۰۷**	۱۵۶۶**	۱۲۱**	۱۳۹۷**	۲۲/۸**	۱۱۲۹۰**
دما×پرایمینگ	۶	۸۷۱۵۱*	۱۳۹**	۳۲**	۱۰/۲**	۵/۴**	۱/۰۹**	۱۵۷**
دما×تنش خشکی	۲۴	۱۵۲**	۲۰۱۸**	۹۰**	۸۹**	۱۴۴**	۴/۲۹**	۱۳۷**
پرایمینگ×تنش خشکی	۴	۱۶^{ns}	۲۰۴**	۴۲**	۳/۷^{ns}	۴/۹**	۳/۲۴**	۱۵۸**
دما×پرایمینگ×تنش خشکی	۲۴	۲۹^{ns}	۷۴*	۶**	۶/۲**	۲/۷**	۱/۴**	۹۰*
خطا	۲۱۰	۳۲	۴۱	۱/۰۹	۳/۱	۱/۱۳	۱۰/۲	۱/۲
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۸	۱۲	۱۳/۲	۱۱	۱۰	۱۲	۱۶

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

سرعت جوانه‌زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کلیه اثرات ساده، دوگانه و نیز اثر متقابل سه‌گانه دما×پرایمینگ×تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار است (جدول ۱). بدون در نظر گرفتن سطح پرایمینگ و پتانسیل آبی، مشاهده شد که در دماهای کمتر از ۱۵درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی به‌میزان زیادی تحت تأثیر دما قرار گرفت، به‌طوری که مقدار این شاخص در دماهای ۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد کمتر از ۱۰ درصد مقدار مشاهده شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲). به‌عبارت دیگر در دامنه دمایی ۳ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

به‌صورت خطی افزایش یافت و شیب افزایش در بذرهای پرایم شده بیش از بذرهای پرایم‌نشده بود. این روند می‌تواند توجیه‌کننده اصل خطی‌بودن رابطه میان سرعت جوانه‌زنی و دما در دماهای کمتر از دمای بهینه باشد (برادفورد[1] و همکاران، ۲۰۰۰). کاهش بیوسنتز پروتئین در دماهای ۱۰ درجه و پایین‌تر از جمله دلایل احتمالی کاهش جوانه‌زنی کلزا در شریط تنش سرمایی گزارش شده است (پاتان و ترینگالی[2]، ۲۰۱۱). در راستای نتایج مشاهده شده در این آزمایش سلطانا[3] و همکاران (۲۰۰۰) کاهش ۸۰ درصدی در سرعت جوانه‌زنی گندم در دماهای کمتر از ۵ درجه را گزارش کردند. ایشان چنین اظهار داشتند که کاهش دما به کمتر از دمای بهینه جوانه‌زنی (۲۴ درجه) در این گیاه فعالیت آلفا آمیلاز را کاهش داده که منجر به کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی می‌شود.

مشابه با صفت درصد جوانه‌زنی و نیز مطالعات انجام شده در سایر گونه‌های گیاهی، کاهش پتانسیل آبی، سرعت جوانه‌زنی علف‌گندمی بلند را نیز کاهش داد (جدول ۲) (وانگ، ۲۰۰۵). این شاخص با کاهش پتانسیل آبی به‌میزان زیادی کاهش یافته و در پتانسیل ۹- و ۱۲- بار به کمترین مقدار خود رسید که با کاهش مشاهده‌شده در صفات درصد جوانه‌زنی نیز هماهنگ است. همان‌طور که انتظار می‌رفت روند کاهش سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آبی، به‌ویژه در دماهای ۱۲، ۱۵ و ۲۰ درجه، در بذرهای پرایم‌شده آهسته‌تر از بذرهای پرایم‌نشده بود. میر و همکاران (۲۰۰۰) عقیده دارند که پتانسیل آب‌پایه رابطه معکوسی با سرعت جوانه‌زنی دارد و تیمارها در شرایطی که پتانسیل آب‌پایه را کاهش دهند قادر به افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش خشکی هستند. به‌عبارت دیگر، اگر توزیع پتانسیل آب پایه درون جمعیت بذری به سمت منفی‌شدن حرکت کند، جوانه‌زنی تسریع‌شده و درصد جوانه‌زنی بالاتری در یک پتانسیل آبی ثابت به‌دست خواهد آمد. بنابراین در تیمارهای این آزمایش معنی‌دارشدن تفاوت سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایم‌شده با پرایم‌نشده را می‌توان به افزایش نسبتی از بذرها که پتانسیل پایه‌آب جوانه‌زنی آن‌ها پایین‌تر (منفی‌تر) از پتانسیل آبی محیط جوانه‌زنی است نسبت داد.

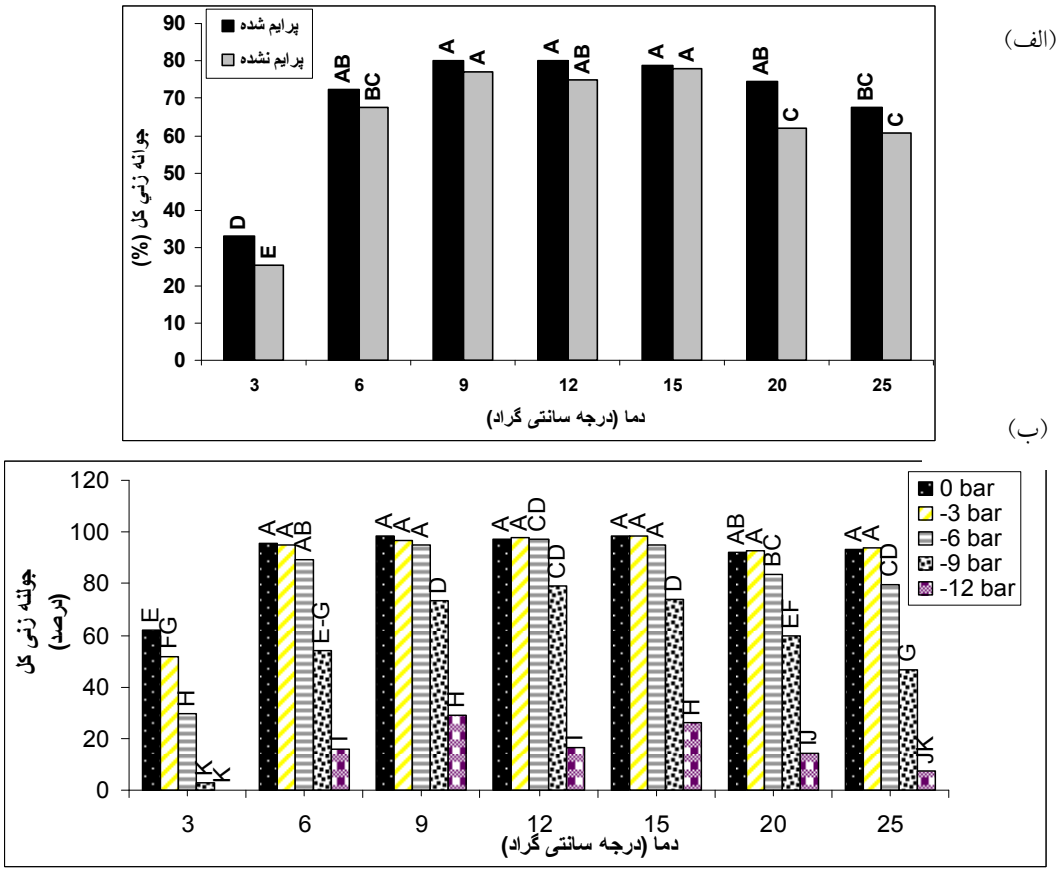
به‌طور کلی، با در نظر گرفتن روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما و نیز مقایسه روند آن با صفت درصد جوانه‌زنی کل (شکل ۱) می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روند تغییرات این شاخص در مقایسه با درصد جوانه‌زنی عادی آهسته‌تر بوده و دمای بهینه این دو شاخص نیز متفاوت است. به‌هر حال، با مقایسه صفات درصد جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی می‌توان گفت که بذرهایی که در شدت‌های تنش خشکی پایین‌تر سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارند، درصد جوانه‌زنی نهایی بیشتری نیز دارند. این یافته‌ها با نتایج پاتان و ترینگالی (۲۰۱۱) بر روی کلزا هماهنگ است. همبستگی بالای مشاهده‌شده بین شاخص سرعت جوانه‌زنی با صفت درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۷۰^{**}$) نیز می‌تواند شاهدی بر این ادعا باشد، این در حالی است که رابطه بین این شاخص با درصد جوانه‌زنی غیرعادی منفی ($r=-۰/۳۱^{**}$) بود.

میانگین زمانی جوانه‌زنی (MGT)

به استثنای اثر دوگانه پرایمینگ×تنش خشکی، سایر اثرات ساده و ترکیبی سطوح مختلف دمایی-رطوبتی بر میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) معنی‌دار شد (جدول ۱). با بررسی اثر متقابل سه‌گانه دما×پرایمینگ×تنش خشکی مشخص شد که بذرهای با سرعت جوانه‌زنی بالاتر MGT پایین‌تری داشته و در نتیجه زودتر نیز به جوانه‌زنی نهایی رسیدند (جدول ۲). رابطه معکوس و معنی‌دار MGT با شاخص سرعت جوانه‌زنی ($r=-۰/۶۹^{**}$) نیز مؤید این موضوع است. مشاهده شد که در این شرایط شدت‌های تنش خشکی صفر بار و ۳- بار در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان MGT را داشتند و با افزایش شدت تنش خشکی تعداد روز تا جوانه‌زنی نیز افزایش یافت. در این میان بذرهای جوانه‌دارشده در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل ۹- بار با میانگین MGT تقریبی ۱۸ روز بیشترین مقدار این شاخص را به‌خود اختصاص دادند.

[1] Bradford
[2] Patane and Tringali
[3] Sultana

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل دما×پرایمینگ (الف) و دما×تنش خشکی (ب) بر درصد جوانه‌زنی کل بذرهای علف‌گندمی بلند، هر ستون از میانگین ۴ تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح ۵ درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

به هر حال با مقایسه این شاخص در دماها و پتانسیل‌های مختلف می‌توان مشاهده کرد که میانگین MGT بذرهای پرایم‌شده کمتر از بذرهای پرایم‌نشده است. در گراس‌های دیگری مانند فستوکا، علف‌بره و دم روباهی نیز رابطه‌ای معکوس میان MGT و دما گزارش شده است (مائوروماکیل و کاوالارو[1]، ۱۹۹۶). لارسن و همکاران (۲۰۰۴) عمده‌ترین دلیل افزایش زمان جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش دما را به طولانی‌ترشدن مرحله دوم جذب آب نسبت داده‌اند.

طول گیاهچه

اگرچه شاخص طول گیاهچه حاصل‌جمع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه است، اما با بررسی این صفت می‌توان به دید بهتری درباره واکنش رشد جوانه‌زنی بذر به تنش دست یافت. با ارزیابی طول گیاهچه در دماهای مختلف می‌توان دریافت که با افزایش دما تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد این شاخص به‌صورت تدریجی افزایش یافته و در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر رسید (جدول ۲). این روند در پتانسیل‌های صفر، ۳- و ۶- بار صادق بوده و در شدت‌های بالاتر تنش خشکی (۹- و ۱۲- بار) مشاهده نشد. از طرفی، بدون توجه به دما و با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار این صفت در شدت‌های تنش خشکی صفر و ۳- بار تفاوت چندانی نداشته و با افزایش شدت تنش خشکی از ۳- به ۶- و ۹- بار به‌میزان زیادی کاهش یافت و در ۱۲- بار به نزدیک صفر رسید. به هر حال، طول گیاهچه بین بذرهای پرایم‌شده و پرایم‌نشده نیز متفاوت بود، این روند به‌ویژه در پتانسیل ۶- بار و دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه کاملاً محسوس بود.

[1] Mauromicale and Cavallaro

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دما، پرایمینگ و پتانسیل آبی (تنش خشکی) بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف‌گندمی بلند

دمای جوانه‌زنی (درجه سانتی‌گراد)	پرایمینگ	تنش خشکی (بار)	جوانه‌زنی غیرعادی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	طول گیاهچه (سانتی متر)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه
		صفر	۶۲/۱$^{f-g}$	۲/۲۶$^{v-y}$	۱۵/۶۷$^{a-d}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۳	۵۸/۷$^{f-h}$	۱/۸۹$^{w-z}$	۱۶/۵۵$^{a-c}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
	پرایم شده	-۶	۳۲/۵$^{l-n}$	۰/۹۹$^{x-z}$	۱۶/۷۲$^{a-c}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۹	۴/۰$^{r-u}$	۰/۱^{yz}	۱۸/۰۶^{a}	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۰^{u}	۰^{z}	-	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		صفر	۵۳/۰$^{g-j}$	۱/۶۲$^{w-z}$	۱۷/۱^{ab}	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۳		-۳	۴۴/۷^{jk}	۱/۳۳$^{w-z}$	۱۴/۲$^{c-e}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
	پرایم‌نشده	-۶	۲۶/۵$^{m-o}$	۰/۷۴$^{x-z}$	۱۳/۳۱$^{d-g}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۹	۲/۰^{tu}	۰/۰۵^{yz}	۱۴/۱۳$^{c-e}$	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۰/۰^{u}	۰^{z}	-	۰/۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		صفر	۵۳/۵$^{h-j}$	۶/۲$^{n-q}$	۸/۱۵$^{i-r}$	۱/۷$^{o-s}$	۱/۱۸$^{k-m}$	۰/۷۹^{n}
		-۳	۵۱/ ۲$^{h-j}$	۵/۹$^{o-r}$	۸/۶۷$^{i-q}$	۲/۲۱$^{n-q}$	۱/۵۹^{hi}	۰/۹۶^{n}
	پرایم‌شده	-۶	۸۴/۰^{ab}	۴/۵$^{q-t}$	۱۰/۸$^{f-j}$	۱/۸۱$^{o-s}$	۳/۳۸^{c}	۰/۱۳^{n}
		-۹	۵۶/۰$^{g-i}$	۲/۲$^{u-x}$	۱۳/۴۶^{dg}	۰/۶$^{p-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۲۲/۷$^{n-p}$	۰/۸۶$^{x-z}$	۱۳/۹۳$^{c-e}$	۰/۲۵$^{r-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۶		صفر	۷۱/۰ $^{c-e}$	۵/۳۷$^{p-s}$	۹/۶۲$^{h-n}$	۱/۶۳$^{o-s}$	۱/۹۷^{g}	۰/۴۲^{n}
		-۳	۷۴/۸$^{b-d}$	۴/۸۳$^{q-t}$	۱۰/۰۲$^{h-l}$	۱/۵۳$^{o-s}$	۲/۵۱^{f}	۰/۲۹^{n}
	پرایم‌نشده	-۶	۸۸/۰ ^{a}	۳/۸۰$^{s-v}$	۱۲/۹۷$^{d-g}$	۱/۳۰$^{o-s}$	۱/۶۰^{hi}	۰/۰۱^{n}
		-۹	۵۲/۰$^{g-j}$	۱/۷۲$^{w-z}$	۱۴/۷۱$^{b-e}$	۰/۴۱$^{q-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۸/ ۷$^{q-u}$	۱/۱۵$^{x-z}$	۹/۹۷$^{h-l}$	۰/۰۸^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		صفر	۸/۰$^{q-u}$	۹/۴۱$^{i-l}$	۵/۸۱$^{q-y}$	۴/۳۵^{lm}	۰/۵۸$^{s-u}$	۳/۹۰^{kl}
		-۳	۱۴/۵$^{p-r}$	۸/۷۴$^{j-m}$	۶/۰۸$^{p-x}$	۵/۴۱^{kl}	۱/۰۲$^{l-p}$	۴/۶۸^{kl}
	پرایم‌شده	-۶	۶۲/۵$^{e-g}$	۷/۰۴$^{r-u}$	۷/۷۱$^{k-s}$	۳/۵۸^{mn}	۲/۴۹^{f}	۱/۲۶^{n}
		-۹	۷۳/۵^{cd}	۴/۰۲$^{r-u}$	۱۰/۸۱$^{f-j}$	۱/۶۹$^{o-s}$	۲/۷۶^{e}	۳/۰۳^{n}
		-۱۲	۳۲/۰$^{l-n}$	۱/۲۸$^{w-z}$	۱۳/ ۰۶$^{d-g}$	۰/۳۳$^{r-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۹		صفر	۱۱/۵$^{q-t}$	۸/۱۴$^{k-n}$	۶/۷۶$^{n-y}$	۵/۰۲$^{k-m}$	۱/۰۶$^{l-o}$	۴/۴۲^{kl}
		-۳	۱۳/۵$^{p-s}$	۷/۰۳$^{m-p}$	۷/۱۳$^{l-t}$	۵/۲$^{k-m}$	۱/۲۷$^{j-l}$	۴/۴۱^{kl}
	پرایم‌نشده	-۶	۷۴/۰^{cd}	۵/۵۶$^{p-s}$	۹/۷۵$^{m-h}$	۲/۲۹$^{n-p}$	۳/۰^{d}	۰/۴۷^{n}
		-۹	۷۱/۰$^{c-e}$	۳/۱۶$^{l-w}$	۱۱/۸$^{e-g}$	۰/۸۸$^{o-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۲۶/۵$^{m-o}$	۱/۰۴$^{x-z}$	۱۳/۶۶$^{d-f}$	۰/۲۷^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		صفر	۴/۵$^{r-u}$	۱۷/۲۳^{cd}	۳/۲۷$^{x-z}$	۱۰/۰^{h}	۰/۴۹^{tu}	۹/۳۸^{h}
		-۳	۲/۵$^{s-u}$	۱۴/۶^{ef}	۳/۷۹$^{v-z}$	۱۱/۵۹^{g}	۱/۰$^{l-p}$	/۱۳^{g} ۱۱
	پرایم‌شده	-۶	۳۴/۰^{lm}	۱۰/۲۳$^{h-j}$	۵/۷۸$^{q-y}$	۵/۷۰^{kl}	۲/۲۶^{f}	۳/۷۰^{kl}
		-۹	۷۹/۰$^{a-c}$	۵/۲۵$^{p-s}$	۹/۱۹$^{h-o}$	۲/۰۶$^{n-r}$	۳/۵۲^{c}	۰/۰۶^{n}
		-۱۲	۲۲/۷$^{n-p}$	۱/۱۷$^{w-z}$	۱۰/۹$^{f-i}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۱۲		صفر	۱۴/۰$^{p-r}$	۱۱/۸^{gh}	۴/۵۷$^{t-z}$	۹/۱۲^{hi}	۰/۶۱$^{s-u}$	۷/۵۸^{hi}
		-۳	۷/۵$^{p-r}$	۱۰/۳۲^{gh}	۵/۴۷$^{r-z}$	۸/۴۵^{hi}	۰/۹۷$^{m-q}$	۷/۶۱^{i}
	پرایم‌نشده	-۶	۲۹/۵$^{l-n}$	۷/۸$^{l-n}$	۶/۸۹$^{m-u}$	۵/۰۷$^{k-m}$	۱/۶۱^{hi}	۳/۴۱^{lm}
		-۹	۷۶/۰$^{b-d}$	۴/۱۳$^{r-i}$	۱۰/۵۵$^{g-k}$	۱/۱۸$^{o-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۱۰/۰$^{q-u}$	۰/۵۵$^{x-z}$	۱۰/۶۲$^{g-k}$	۰/۱^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

جدول ۲ (ادامه)

دمای جوانه‌زنی (درجه سانتی‌گراد)	پرایمینگ	تنش خشکی (بار)	جوانه‌زنی غیرعادی (درصد)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	طول گیاهچه (سانتی متر)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	شاخص بنیه گیاهچه
۱۵	پرایم‌شده	صفر	۱/۵^{tu}	۲۳/۲۴^{b}	۲/۵۳^{z}	۱۸/۰۷^{de}	۰/۷۶$^{p-t}$	۱۷/۷۴^{bc}
		-۳	۱/۵^{tu}	۱۸/۴۳^{c}	۳/۱۷$^{x-z}$	۱۷/۸۹^{de}	۱/۰۱$^{l-p}$	۱۷/۳۵^{bc}
		-۶	۲۸/۵^{mn}	۱۳/۴۹^{fg}	۴/۲۹$^{t-z}$	۹/۹۱^{h}	۱/۶۶^{hi}	۶/۶۹^{ij}
		-۹	۷۳/۵^{cd}	۷/۱۶$^{m-p}$	۶/۴۶$^{o-w}$	۲/۴۶^{no}	۳/۶۳^{c}	۰/۰۵^{n}
		-۱۲	۲۵/۶$^{m-o}$	۱/۸۰$^{w-z}$	۸/۱۱$^{i-r}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
	پرایم‌نشده	صفر	۸/۸$^{q-u}$	۱۳/۶۵^{fg}	۴/۵۳$^{t-z}$	۱۶/۵۵^{ef}	۰/۶۴$^{r-u}$	۱۴/۶۲^{ef}
		-۳	۷/۵$^{q-u}$	۱۳/۶۵^{fg}	۴/۲۱$^{t-z}$	۱۵/۲۲^{f}	۰/۷۲$^{q-u}$	۱۳/۸۰^{f}
		-۶	۲۷/۰^{mn}	۹/۹۳$^{i-k}$	۵/۵۲$^{r-z}$	۷/۹۱^{ij}	۱/۲۰$^{k-m}$	۵/۳۸^{jk}
		-۹	۷۱/۵$^{c-e}$	۵/۴۲$^{p-s}$	۷/۹۳$^{j-r}$	۱/۵۴$^{o-s}$	۶/۱۴^{b}	۰/۰۲^{n}
		-۱۲	۲۷/۰^{mn}	۱/۸۰$^{w-z}$	۸/۸۸$^{i-p}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۲۰	پرایم‌شده	صفر	۳/۵$^{r-u}$	۲۵/۸۰^{a}	۲/۳۹^{z}	۲۱/۱۴^{a}	۰/۶۱$^{s-u}$	۱۹/۸۷^{a}
		-۳	۵/۲$^{r-u}$	۲۳/۴۳^{b}	۲/۶۵^{z}	۲۰/۳۴$^{a-c}$	۰/۹۷$^{m-q}$	۱۸/۶۱^{ab}
		-۶	۵۲/۰$^{g-j}$	۱۷/۴۳^{cd}	۳/۰۸$^{x-z}$	۱۱/۹۲^{g}	۱/۴۲$^{i-k}$	۵/۰۵$^{j-l}$
		-۹	۶۸/۰$^{d-f}$	۸/۷۶$^{j-m}$	۵/۱۱$^{r-z}$	۲/۲۲$^{n-q}$	۶/۵۹^{a}	۰/۰۶^{n}
		-۱۲	۱۶/۵$^{o-q}$	۱/۶۸$^{w-z}$	۵/۹۲$^{p-x}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
	پرایم‌نشده	صفر	۲/۵$^{s-u}$	۱۴/۵۸^{cd}	۴/۵۵$^{t-z}$	۱۹/۳۵$^{b-d}$	۰/۵۴^{tu}	۱۶/۳۰^{cd}
		-۳	۸/۵$^{q-u}$	۱۷/۵۲^{cd}	۳/۸۸$^{u-z}$	۱۹/۳۹$^{b-d}$	۰/۸۴$^{o-s}$	۱۵/۴۹^{de}
		-۶	۵۹/۰$^{f-h}$	۱۰/۹۱^{hi}	۴/۶۷$^{s-z}$	۶/۶۲^{jk}	۱/۵۲$^{o-s}$	۱/۲۰^{n}
		-۹	۴۹/۰$^{h-j}$	۵/۹۱$^{o-r}$	۵/۴۹$^{r-z}$	۰/۸۷$^{o-s}$	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۱۱/۵$^{o-t}$	۱/۲۳$^{w-z}$	۵/۳۶$^{r-z}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
۲۵	پرایم‌شده	صفر	۷/۲$^{q-u}$	۲۷/۰۲^{a}	۲/۱۸^{z}	۱۸/۹۲^{cd}	۰/۴۹^{tu}	۱۶/۹۹$^{b-d}$
		-۳	۵/۵$^{r-u}$	۲۳/۹۲^{b}	۲/۵۲^{z}	۲۱/۹۳^{a}	۰/۸۹$^{o-r}$	۲۰/۳^{a}
		-۶	۶۲/۰$^{e-g}$	۱۵/۰۱^{ef}	۳/۰۷$^{x-z}$	۸/۹۰^{hi}	۱/۷۴$^{o-r}$	۱/۸۶^{mn}
		-۹	۵۵/۰$^{g-j}$	۷/۸۱$^{l-o}$	۴/۷۷$^{s-z}$	۲/۴۵^{no}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۹/۰$^{q-u}$	۱/۰۵$^{x-z}$	۴/۸۱$^{s-z}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
	پرایم‌نشده	صفر	۵/۰$^{r-u}$	۲۲/۵۴^{b}	۲/۷۱^{yz}	۲۱/۳۶^{a}	۰/۴۵^{u}	۱۸/۱۰^{b}
		-۳	۵/۳$^{r-u}$	۱۸/۷۶^{c}	۳/۰۵$^{x-z}$	۲۰/۶۸^{ab}	۰/۹۱$^{n-q}$	۱۷/۶۷^{bc}
		-۶	۴۵/۵$^{i-k}$	۱۶/۱۷^{de}	۳/۴۳$^{w-z}$	۹/۷۹^{h}	۱/۵۷^{hi}	۳/۲۷^{lm}
		-۹	۳۸/۷^{kl}	۵/۴۱$^{p-s}$	۶/۸۶$^{m-v}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}
		-۱۲	۳۵$^{r-u}$	۰/۴۰$^{x-z}$	۹/۹۸$^{h-l}$	۰/۱۰^{s}	۰/۰^{v}	۰/۰^{n}

هر داده از میانگین چهار تکرار تشکیل شده است. میانگین‌ها با روش دانکن مقایسه‌شده و ستون‌های با حروف مشترک در سطح پنج درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

بین تیمارهای مختلف از نظر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد و تمامی اثرات ساده و چندگانه مطالعه شده نیز معنی‌دار شدند (جدول ۱). از این میان با بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه دما×پرایمینگ×تنش خشکی مشاهده شد که مقدار

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

این شاخص در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد صفر بوده و بیشترین میزان این شاخص در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲). این روند می‌تواند شاهدی بر افزایش توازن رشد گیاهچه به نفع ریشه‌چه باشد. از آنجا که داشتن ریشه‌چه بلندتر در شرایط تنش یک ویژگی مطلوب می‌باشد، می‌توان گفت که در شرایط تنش این گیاه توانایی جوانه‌زنی بالاتری در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد دارد. به هر حال مشاهده شد که بر خلاف صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافته و در پتانسیل ۹- بار به حداکثر رسید. این می‌تواند دلیلی دیگر در افزایش سازگاری به تنش خشکی با افزایش شدت تنش باشد.

شاخص بنیه بذر

شاخص بنیه بذر به‌عنوان تابعی از طول گیاهچه و درصد جوانه‌زنی نیز به‌میزان معنی‌داری تحت تأثیر ترکیبات مختلف پتانسیل آبی، دما و پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۱). در این صفت مشاهده شد که بذرهای جوانه‌دارشده در دماهای ۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد کمترین میزان بنیه گیاهچه را داشتند (جدول ۲)، با افزایش دما به ۹ و ۱۲ درجه سانتی‌گراد این شاخص افزایش‌یافته، در ۱۵ درجه سانتی‌گراد به حداکثر رسیده و در ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد تغییر چندانی نکرد. در شدت‌های مختلف تنش خشکی نیز پتانسیل‌های آبی صفر و ۳- بار بیشترین میزان شاخص بنیه را داشتند، این در حالی است که پتانسیل‌های ۹- و ۱۲- بار مقدار این شاخص بسیار ناچیز و یا صفر بود. در راستای این نتایج عیسوند (۱۳۸۷) مشاهده کرد که اعمال شدت‌های تنش‌های خشکی با پتانسیل‌های ۵- و ۱۰- بار در علف‌گندمی بلند سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه، وزن گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه شد، در حالی‌که متوسط زمان جوانه‌زنی و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را افزایش داد.

با مقایسه شاخص‌های درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه با شاخص قدرت گیاهچه می‌توان دریافت که این شاخص بیش از آن که به درصد بذرهای جوانه‌زده وابسته باشد به توانایی گیاهچه برای تولید ریشه‌چه و ساقه‌چه قوی وابسته است. نتایج ضرایب همبستگی نیز این موضوع را تأیید نمود. میزان همبستگی مشاهده‌شده شاخص بنیه گیاهچه با طول گیاهچه **۰/۹۸ بود. از طرفی همبستگی این شاخص با درصد بذرهای با جوانه غیرعادی منفی و معنی‌دار ($r=-۰/۵۵^{**}$) برآورد شد. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که بذرهای با جوانه‌زنی غیرعادی (بذرهایی که ریشه‌چه و ساقه‌چه ناقص دارند) شاخص بنیه پایینی نیز دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی صفات جوانه‌زنی نشان داد که تیمارهای پتانسیل آبی و دما شاخص‌های جوانه‌زنی (از جمله درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و .....) این گیاه را تحت تأثیر قرار دادند، این وضعیت به‌ویژه در دماهای کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد و نیز پتانسیل‌های آبی کمتر از ۶- بار کاملاً محسوس بود. اگر چه اغلب شاخص‌ها بیش از آن که به دما حساس باشند به کاهش پتانسیل آبی واکنش دادند، ولی میزان تأثیرپذیری آن‌ها از تنش خشکی در دماهای میانی کمتر از دماهای ابتدایی و انتهایی بود. این روند می‌تواند شاهدی بر افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی شدیدتر در دماهای میانی باشد. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که پتانسیل آب‌پایه جوانه‌زنی در دامنه دمایی بین دمای پایه و دمای بهینه کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، در اغلب صفات اثر متقابل دما، پتانسیل آبی و پرایمینگ معنی‌دار شد. در ترکیبات مختلف دمایی و پتانسیل آبی و در اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی، به‌استثنای صفت درصد جوانه‌زنی، بذرهای پرایم‌شده نسبت به بذرهای پرایم‌نشده برتری نسبی و معنی‌داری داشتند. این تفاوت به‌ویژه در پتانسیل‌های آبی بالا (صفر و ۳- بار) و دماهای بیشتر از ۹ درجه محسوس‌تر بود.

به‌هرحال، با در نظر گرفتن میانگین صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف، بذرهای پرایم‌شده توانستند در دماهای ۶ درجه سانتی‌گراد و ۲۰ درجه سانتی‌گراد عملکرد بهتری نسبت به سایر دماها نشان دهند. در شدت‌های مختلف تنش خشکی نیز بذرهای پرایم‌شده در پتانسیل ۶- بار و دمای ۲۰ درجه به‌طور

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

نسبی جوانه‌زنی بهتری نسبت به بذرهای پرایم‌نشده داشتند.

منابع

روحی، ح.ر. ۱۳۸۷. تأثیر هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی چهار گونه علوفه مرتعی تحت شرایط تنش خشکی و دماهای پایین. پایان نامه کارشناسی‌ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه تهران، ۲۱۰ صفحه.

شاهسوند، ک.، توکل افشاری، ر. و چایی‌چی، م.ر. ۱۳۸۸. اثر اسموپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر چهار گونه مرتعی تحت شرایط تنش خشکی. مجله مرتع، ۳(۳): ۴۹۰-۴۷۹.

علیزاده، ا. ۱۳۸۰. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد، ۳۵۳ صفحه.

عیسوند، ح.ر. ۱۳۸۷. بررسی اثر برخی هورمون‌های گیاهی بر کیفیت فیزیولوژیک بذرهای پیر شده علف‌گندمی بلند (*Agropyron elongatum*) تحت تنش خشکی. پایان نامه دکتری زراعت (فیزیولوژی گیاهان زراعتی)، دانشگاه تهران، ۲۷۶ صفحه.

کریمی، ه. ۱۳۶۹. زراعت و اصلاح گیاهان علوفه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۵۸ صفحه.

Abdual-baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seed. Crop Science, 13(2): 227-232.

Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford and IBH Publishing, 658 p.

Al‡ Karaki, G.N. 1998. Response of wheat and barley during germination to seed osmopriming at different water potential. Journal of Agronomy and Crop Science, 181(4):229-235.

Al‡ Mudarsi, M.A., and Jutzi, S.C. 1999. The influence of fertilizer-based seed priming treatments on emergence and seedling growth of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum glaucum* in pot trials under greenhouse conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 182(2): 135-142.

Bradford, F., Chen, F., and Cooley, M.B. 2000. Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds. In Black, M., Bradford, K. J. and Vasquez-Ramos, J (eds), Seed biology: Advances and Applications. CABI, Wallingford, UK. pp: 231-251.

Bray, C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. Seed Development and Germination. New York: Marcel Dekker, pp:767-789.

Burgass, R., and Powell, A. 1984. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. Annals of Botany, 53(5): 753–757.

Dell'Aquila, A. and Tritto, V. 1990. Ageing and osmotic priming in wheat seeds: effects upon certain components of seed quality. Annals of Botany, 65(1): 21-26.

Dell'Aquila, A., and Bewley, J.D. 1989. Protein synthesis in the axes of polyethyleneglycol-Treated pea seed and during subsequent germination. Journal of Experimental Botany, 40(9): 1001-1007.

Demir, I., and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsunm and Nakai) seeds. Scientia Horticulturae, 102(4): 467-473.

Ellis, R.A., and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.

Finch-Savage, W.E., Dent, K.C., and Clark, L.J. 2004. Soak condition and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak). Field Crops Research, 90(2): 361-374.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

Hardegree, S.P., and Van Vactor, S.S. 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and stimulated-field temperature regimes. Annals of Botany, 85(3): 379-390.

Hardegree, S.P., Jones, T.A., and Van Vactor, S.S. 2002. Variability of thermal response of primed and non-primed seeds of Squirreltail [*Elymus elymoides* (Raf.) Swezey and *Elymus multisetus* (J.G. Smith) M.E. Jones]. Annals of Botany, 89(3): 311-319.

Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W., and Nyamudeza, A. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine key technology. Agricultural Systems, 69(1): 151-164.

ISTA, 2010. Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Kaur, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 1998. Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. Plant Growth Regulation, 25(1): 29–33.

Larsen, S.U., Bailly, C., Come, D., and Corbineau, F. 2004. Use of the hydrothermal time model to analyse interacting effects of water and temperature on germination of three grass species. Seed Science Research, 14(1): 35-50.

Mauromicale, G., and Cavallaro V. 1996. Effects of seed osmopriming on germination of three herbage grasses at low temperatures. Seed Science and Technology, 24(2): 331- 338.

Meyer, S.E., Debaene-Gill,S.B. , and Allen, P.S. 2000.Using hydrothermal time concepts to model seed germination response to temperature, dormancy loss, and priming effects in *Elymus elymoides*. Seed Science Research, 10(3): 213-223.

Michel. B.E., and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51(5): 914-916.

Patane, C., and Tringali, S. 2011. Hydrotime analysis of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun) seed germination under different temperatures. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(2): 94-102.

Posmyk, M.M., Corbineau, F., Vinel, D., Bailly, Ch., and Come, D. 2001. Osmoconditioning reduces physiological and biochemical damage induced by chilling in soybean seeds. Physiological Plantarum, 111(4): 473–482.

Ruan, S., Xue, Q., and K. Tylkowska, 2002. Effects of seed priming on emergence and health of rice (*Oryza sativa* L.) seeds. Seed Science and Technology, 30(1): 61–67

Soeda Y, Konings, C.J.M., Vorst, O., Van Houwelingen, M.M.L., Stoopen, G.M.C., Maliepaard, A., Kodde, J., Bino, R.J., Groot, S.P., and van der Geest, A.H.M. 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. Plant Physiology, 137(1): 354–368.

Sultana, N., Ikeda, T., and Mitusi, T. 2000. GA3 and proline promote germination of wheat seed by stimulating α-amylase at unfavorable temperatures. Plant Production Science, 3(3): 232-237.

Wang, R., 2005. Modeling seed germination and seedling emergence in winterfat (*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A.D.J. Meeuse and Smit): Physiological mechanisms and ecological revelance. Ph.D thesis, University of Saskatchewan, 197 p.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]
[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]
[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 1(2), 2015

Increasing Seed Germination Efficiency of Tall Wheat Grass (*Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv) at Low Temperature and Drought Stress Conditions Using Urea Osmopriming

Ali Moradi[1, *], Farzad Sharif Zadeh[2], Reza Tavakkol Afshari[3], Reza Maali Amiri[4]

[1] *Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran*

[2,3,4] *Associate Professor, Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran*

[*]Corresponding author, E-mail address: amoradi@yu.ac.ir

(Received: 2014.02.26 - Accepted: 2014.12.30)

Abstract

Seed priming is one of the most important techniques used to improve seed germination under biotic and abiotic stresses. For this purpose, germination and seedling growth characteristics of primed seeds of Tall wheat grass (*Agropyron elongatum* (Host.) P. Beauv) were evaluated under drought and low temperature condition. A factorial experiment was conducted on the basis of randomized completely block design with three factors with four replications. The experimental factors were priming with two levels including urea primed (using urea -4 bar at 10 °C for 36 h) and non-primed seeds; germination temperatures, including 3, 6, 9, 12, 15, 20 and 25 °C; and osmotic potential including zero (distilled water), -3, -6, -9, and -12 bars (applied by polyethylene glycol 6000). Increasing trend have been observed for all germination indices, except mean germination time, with increasing temperature from 3 to 25 °C and seeds revealed the greatest sensitivity to temperatures below 9 °C. However, this trend was reversed with increasing drought stress, the seeds sensitivity to drought stress started from the potential of -6 bar and reached to maximum in -12 bar. However, primed seeds compared to non-primed seeds have demonstrated better germination under both drought and low temperature stresses. The results of this study showed that the highest seedling vigor index and germination rates achieved in the temperature range of20 -25 °C and water potential of zero to -3 bar.

Keywords: Seed osmoprimingWater potential, Low temperature, Tall wheatgrass

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2025-07-12]

[DOR: 20.1001.1.23831251.1393.1.2.9.6]

[DOI: 10.29252/yujs.1.2.19]