



## کاربرد مفهوم هیدروتایم جهت پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو بهاره در مزروعه

ابوالفضل درخشان<sup>۱</sup>، محمد حسین قرینه<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۹

### چکیده

هیدروتایم روشی برای توصیف روابط بین پتانسیل آب و سرعت و درصد جوانه‌زنی است. در تجزیه هیدروتایم سرعت جوانه‌زنی ( $\theta_H$ )، تحمل جوانه‌زنی به تنش آب ( $\Psi_b$ ) و یکنواختی جوانه‌زنی ( $\sigma_b$ ) یک نمونه بذری که از شاخص‌های مهم بنیه بذر هستند، کمی‌سازی می‌شود. به منظور بررسی امکان کاربرد مدل هیدروتایم (مبتنی بر توزیع نرمال-معکوس) جهت پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه، آزمایشی بر روی هفت رقم جو بهاره (کارون، زهک، نیمروز، لخت، جنوب، ریحانه و بفرخ) در آزمایشگاه تکنولوژی بذر و مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامیان خوزستان انجام شد. برای این منظور، اثر کاهش پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر ارقام جو با استفاده از مدل هیدروتایم توصیف و همبستگی میان آماره‌های خروجی و درصد ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه بررسی شد. نتایج نشان داد که میان ارقام جو از نظر درصد جوانه‌زنی استاندارد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P=0.2719$ ), اما درصد ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت ( $P<0.0001$ ). همبستگی منفی و معنی‌داری بین ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه و آماره پراکنش ( $\sigma_b$ ; با ضریب همبستگی  $-0.5709$ ) و نیز میانگین (با ضریب همبستگی  $-0.8768$ ؛ میانه ( $\Psi_b(50)$ ); با ضریب همبستگی  $-0.8769$ ) و مد (با ضریب همبستگی  $-0.7039$ ) توزیع پتانسیل آب پایه ( $\Psi_b(g)$ ) وجود داشت ( $P<0.01$ ). بر اساس نتایج بدست آمده، ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه با یکنواختی بیشتر جوانه‌زنی در سطوح تنش اسمزی و نیز بیشتر بودن دامنه تحمل جوانه‌زنی افزایش یافت. بنابراین، این مدل به عنوان یکی از آزمون‌های بنیه بذر جهت تفکیک ارقام قوی و ضعیف جو پیشنهاد می‌گردد.

### واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب پایه؛ توزیع نرمال معکوس؛ ثابت هیدروتایم؛ ضریب همبستگی

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامیان خوزستان

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامیان خوزستان

\* نویسنده مسئول: derakhshan.abo@gmail.com

$$\Psi_{b(g)} = \Psi_{b(50)} + \text{probit}(g) \sigma_{\theta_H} \quad (\text{رابطه } 3)$$

که  $\text{probit}(g)$ ، تبدیل پربویت است (توزیع تجمعی معکوس<sup>۲</sup> برای توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و انحراف معیار یک). با بازنویسی رابطه (۲):

$$\Psi_{b(g)} = \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) \quad (\text{رابطه } 4)$$

با جایگذاری رابطه (۴) در رابطه (۳) و بازنویسی آن می‌شود (Bradford, 1990):

$$\text{probit}(g) = \frac{\Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \Psi_{b(50)}}{\sigma_{\theta_H}} \quad (\text{رابطه } 5)$$

این مدل دارای آماره‌هایی است که از نظر بیولوژیکی معنی دار می‌باشدند. به طوری که، آماره‌های  $\theta_H$  و  $\Psi_{b(g)}$  و  $\Psi_{b(50)}$  به ترتیب سرعت ذاتی جوانه‌زنی توده بذری، پاسخ جوانه‌زنی به تنش اسمزی و یکنواختی جوانه‌زنی را نشان می‌دهند که همگی از شاخص‌های مهم بذر می‌باشند. بنابراین، از جنبه‌های کاربردی مدل هیدروتایم می‌توان به کاربرد آن پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه ارقام و محموله‌های بذری Bradford and Still, (2004). برای مثال، برادفورد (Bradford, 1990) از مدل هیدروتایم جهت تجزیه روابط آبی سرعت جوانه‌زنی بذرهای کاهو (*Lactuca sativa L. cv Empire*) استفاده کرد. ربانی محمدیه و همکاران (Rabbani et al., 2014) نیز از مدل هیدروتایم برای پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه محموله‌های بذری گندم استفاده کردند. علاوه بر این، تجزیه هیدروتایم می‌تواند برای توسعه و ارزیابی تیمارهای بهبود جوانه‌زنی مانند حبه کردن<sup>۳</sup> و پرایمینگ بذر به کار برده شود (Bradford and Still, 2004). Bradford and Somasco, (1994) با استفاده از مدل هیدروتایم اثر پرایمینگ بر پتانسیل آب پایه بذرهای کاهو را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده به ویژه در پتانسیل‌های آب کمتر (منفی تر) بیشتر از بذرهای شاهد بود. در مطالعه آنها جوانه‌زنی بهتر بذرهای پرایم شده به دلیل کاهش میزان  $\theta_H$  بود و  $\Psi_{b(g)}$  در این بذرها کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین، تجزیه هیدروتایم روش مناسبی جهت

## مقدمه

جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی چرخه زندگی گیاهان هستند که در نهایت شایستگی آنها در محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. جوانه‌زنی فرآیندی برگشت‌ناپذیر است و با شروع آن، جنین رشد یا مرگ را تجربه خواهد کرد. بنابراین، مؤقتیت بسیاری از گونه‌های گیاهی بسیار وابسته به زمان مناسب جوانه‌زنی بذر آنها است (Baskin and Baskin, 1998). رشد جنین با جذب آب آغاز می‌شود؛ بنابراین، الگوی زمانی جوانه‌زنی بذر به شدت توسط پتانسیل آب خاک محیط جوانه‌زنی ( $\Psi$ ) تنظیم می‌شود. به طوری که، پتانسیل آب بستر جوانه‌زنی تعیین‌کننده موازنۀ محتوای آب بذر خواهد بود (Daws et al., 2008). در بسیاری از مطالعات ثابت شده که سرعت جوانه‌زنی ( $GR_g$ )؛ معکوس زمان تا جوانه‌زنی درصد معینی از نمونه بذری یا ( $t_E$ ) به صورت خطی با  $\Psi$  در ارتباط است. بر این اساس، مفهوم "هیدروتایم"<sup>۱</sup> توسط گومرسون (Gummesson, 1986) جهت مدل‌سازی اثر کاهش پتانسیل آب بر پیشرفت جوانه‌زنی توسعه یافت (رابطه ۱). در این مدل:

$$GR_g = \frac{1}{t_E} = \frac{(\Psi - \Psi_{b(g)})}{\theta_H} \quad (\text{رابطه } 1)$$

که پس از بازنویسی می‌شود (رابطه ۲):

$$\theta_H = (\Psi - \Psi_{b(g)}) t_E \quad (\text{رابطه } 2)$$

که در آن  $\Psi_{b(g)}$ ، پتانسیل آب پایه (مگاپاسکال) است که در آن یا پتانسیل‌های کمتر (منفی تر) از آن، جوانه‌زنی درصد معینی از بذرها ( $g$ ) رخ نخواهد داد و  $\theta_H$ ، ثابت هیدروتایم (مگاپاسکال ساعت) می‌باشد. در مدل هیدروتایم فرض می‌شود که  $\theta_H$  برای هر بخشی از نمونه بذری ثابت است. بنابراین، با ترسیم نمودار  $GR_g$  در برابر  $\Psi$ ، خطوطی موازی با عرض از مبدأهایی در مقادیر مختلف  $\Psi_{b(g)}$  برای درصدهای مختلف جوانه‌زنی بر روی محور  $\Psi_{b(g)}$  نمایش داده می‌شود. از این‌رو، فرض می‌شود که تنوع در زمان تا جوانه‌زنی در میان بذرها پیامدی از تنوع  $\Psi_{b(g)}$  در آن نمونه بذری است. در بیشتر مطالعات قبلی فرض شده که تنوع  $\Psi_{b(g)}$  از یکتابع توزیع احتمال نرمال با میانگین  $\Psi_{b(50)}$  و انحراف معیار  $\sigma_{\Psi_{b(g)}}$  تبعیت می‌کند (رابطه ۳؛ Bradford, 2002). بنابراین:

<sup>2</sup>Inverse cumulative distribution

<sup>3</sup>Pelleting

<sup>1</sup>Hydrotume

شده است (FAO, 2013). یکنواختی در ظاهر شدن گیاهچه‌ها و استقرار مناسب بوته‌ها در مزرعه از جمله عوامل زراعی مهم است که در نهایت بر عملکرد جو تأثیرگذار است. یکی از عوامل مؤثر بر سطح سیز مزرعه، میزان بنیه بذر ارقام مورد استفاده است. از این‌رو، تعیین یک آزمون بنیه بذر مناسب برای پیش‌بینی دقیق ظاهر شده بذر ارقام جو در مزرعه ضروری به‌نظر می‌رسد. این مطالعه با هدف ارزیابی رابطه بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه و خروجی‌های مدل هیدروتایم مبتنی بر توزیع نرمال معکوس انجام شد تا امکان کاربرد این مدل و آماره‌های آن در پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه‌ها در مزرعه ارزیابی شود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ با استفاده از هفت رقم جو شامل کارون، زهک، نیمروز، لخت، جنوب، ریحانه و بهرخ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. این ارقام از نوع بهاره بوده و به‌طور معمول در مناطق گرم جنوب کشور به‌صورت فاریاب کشت می‌شوند. همه این ارقام از نوع شش ردیفه بوده و به استثناء رقم لخت همگی از انواع جو پوشیده<sup>۵</sup> هستند. آزمایش‌ها بلافصله پس از جمع‌آوری بذر ارقام مذکور از مزارع جو شهرستان باوی در اواخر فروردین ماه شروع شد.

**آزمون جوانه‌زنی استاندارد:** در این آزمون از کاغذ حوله‌ای به‌عنوان بستر کاشت بذر استفاده شد. پس از تعیین رطوبت و رساندن آن به محدوده ۱۰ تا ۱۴ درصد، سطح بذرها با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به‌مدت ۲۰ ثانیه ضدغوفنی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. برای انجام این آزمون چهار تکرار ۵۰ تایی از بذر هر رقم شمارش و بر روی دو عدد کاغذ حوله‌ای به ابعاد  $30 \times 45$  سانتی‌متر قرار گرفت. سپس، کاغذ دیگری روی بذرها قرار داده شد و در نهایت کاغذها با اضافه کردن آب مقطر به روش ساندوبچی پیچیده شدند (Ghaderi-far and Soltani, 2009) بذرها در این بستر کاشت به مدت ۸ روز درون انکوباتور و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده

Bradford, 2002) کمی‌سازی کمون بذر علف‌های هرز است (Derakhshan (et al., 2014) با استفاده از مدل هیدروتایم جوانه‌زنی و *Phalaris* کمون بذر سه گونه علف‌هرز فالاریس (Amaranthus minor)، تاج‌خروس ریشه قرمز (A. retroflexus) و تاج‌خروس خوابیده (A. blitoides) را کمی‌سازی کردند.

توزیع نرمال در مدل اولیه بر اساس دارا بودن برآنش مناسب به داده‌های آزمایش‌های مطالعات نخست در این (Bradford, 1990; Gummesson, 1986) و سهولت تجزیه ریاضی داده‌ها نسبت به سایر توزیع‌های آماری (Mesgaran et al., 2013) انتخاب شد. توزیع نرمال پیرامون میانگین مشاهدات متقارن است، به‌طوری‌که، میانگین این توزیع با میانه و مد آن برابر می‌باشد. این توزیع مدل مناسبی برای متغیرهایی که دارای چولگی (یا اریب<sup>۶</sup>) زیادی نسبت به میانگین مشاهدات هستند، نیست. از آنجایی که  $\Psi$  که در آن و منفی‌تر از آن جوانه‌زنی متوقف می‌شود، به عنوان  $\Psi_{b(g)}$  تعریف می‌شود، دو بخش انتهایی توزیع در برآورد دقیق  $\Psi_{b(g)}$  بسیار مهم بوده و چنانچه توزیع  $\Psi_{b(g)}$  برای آن گونه دارای چولگی به راست یا چپ باشد، مدل پیش‌بینی درستی ارائه نخواهد داد (Watt et al., 2010). توزیع نرمال-معکوس دارای ویژگی‌های مشابه با توزیع نرمال است، اما این توزیع، متقارن نبوده و چوله به راست می‌باشد. انعطاف‌پذیری این توزیع به‌دلیل دارا بودن آماره شکل از توزیع نرمال بیشتر است و مدل هیدروتایم مبتنی بر آن قادر به توصیف جوانه‌زنی گونه‌هایی با توزیع نرمال  $\Psi_{b(g)}$  یا چولگی توزیع  $\Psi_{b(g)}$  به راست می‌باشد. همچنین، این مدل یک مقدار آستانه برای پتانسیل آب پایه برآورد می‌کند که جوانه‌زنی بذر از مقادیر مثبت‌تر از آن آغاز می‌شود (Mesgaran et al., 2013).

جو قدیمی‌ترین گیاه زراعی اهلی شده توسط انسان است که به‌منظور تغذیه دام و طیور، صنایع تخمیری و به مقدار کمتری جهت مصرف مستقیم توسط انسان کشت می‌شود. سطح زیر کشت و تولید جهانی جو در سال ۲۰۱۳ معادل  $49/7$  میلیون هکتار و  $144/8$  میلیون تن برآورد شده است. در همین سال، سطح زیر کشت و تولید جو در کشور معادل  $1/6$  میلیون هکتار و  $2/2$  میلیون تن گزارش

<sup>5</sup>Hulled barley

<sup>6</sup>Skew

جو از محلول‌های با غلظت‌های ۰، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲-۱/۵ مگاپاسکال استفاده شد. محلول‌های اسمزی با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ و بر اساس رابطه ارائه شده توسط میشل (Michel, 1983) تهیه شدند. این آزمون در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در هر تکرار آزمایش، پنجاه بذر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک در ظرف پتری پلاستیکی ۱۵ سانتی‌متری قرار گرفت و سپس کاغذهای صافی با ۱۲ میلی‌لیتر آب مقطر و یا سایر محلول‌های اسمزی مرتبط شدند. بذرهایی که ریشه‌چه آنها به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر خارج شده بود، جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده روزانه ۲ یا ۳ مرتبه به مدت ۲۰ روز شمارش شدند.

شد. در پایان مدت زمان مورد نظر، تعداد گیاهچه‌های عادی شمارش شد (ISTA, 2009).

**ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه:** این آزمایش در تاریخ ۱۰ آذر سال ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. درصد استقرار گیاهچه در مزرعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در هر کرت روی ۴ ردیف‌هایی به طول ۲ متر با فاصله ردیف ۱/۷ سانتی‌متر از هر رقم جو ۳ ردیف با عمق ۳ سانتی‌متر به صورت دستی کشت شد. تعیین درصد ظهر گیاهچه‌ها به صورت روزانه تا زمانی که افزایشی در تعداد گیاهچه‌ها مشاهده نشد، ادامه یافت.

**تعیین درصد جوانه‌زنی بذرها در پتانسیل‌های آب مختلف:** برای توصیف اثر کاهش پتانسیل آب بر جوانه‌زنی

$$g = \Phi \left( \sqrt{\frac{\lambda}{\left( \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \delta \right)}} \times \left( \frac{\left( \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \delta - \sigma \right)}{\sigma} \right) \right) + \exp \left( \frac{2\lambda}{\sigma} \right) \times \Phi \left( - \sqrt{\frac{\lambda}{\left( \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \delta \right)}} \times \left( \frac{\left( \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \delta - \sigma \right)}{\sigma} \right) \right)$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و با رویه GLM و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD محافظت شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نمودارهای میله‌ای و جعبه‌ای ارائه شد. لازم به ذکر است که در آمار توصیفی نمودار جعبه‌ای برای توصیف تغییرات داده‌ها به کار می‌رود. در این نمودار از جعبه‌ای برای نمایش فاصله بین چارک اول و سوم استفاده می‌شود و خطی در داخل جعبه میانه (چارک دوم) را مشخص می‌کند. همچنین، حداقل و حدکثر مقدار داده در خارج از جعبه مشخص می‌شوند. برای تعیین رابطه بین درصد سبز شدن ارقام جو با درصد جوانه‌زنی استاندارد و خروجی‌های مدل هیدروتایم از رویه CORR و نیز برآنش رگرسیون ساده خطی (رویه REG) استفاده شد. تجزیه هیدروتایم نیز با رویه PROC NLMIXED و به روش بهینه‌سازی پیش‌فرض Dual Quasi-Newton در این نرم‌افزار انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار SAS و رویه‌های SGANEL و SGPLOT استفاده شد.

مدل هیدروتایم مبتنی بر توزیع نرمال معکوس به داده‌های جوانه‌زنی تجمعی ارقام جو در پاسخ به کاهش پتانسیل آب برآش داده شد. برای توزیع نرمال معکوس، توزیع تجمعی معکوس (یاتابع نقطه درصد<sup>۶</sup> (pdf) برای پیش‌بینی<sup>(g)</sup> به فرم بسته و ساده‌ای وجود ندارد. با این حال، مدل هیدروتایم مبتنی بر تابع توزیع تجمعی (cdf)<sup>۷</sup> این توزیع برای پیش‌بینی درصد جوانه‌زنی g را می‌توان به صورت بالا بیان کرد (رابطه ۶) که  $\delta$ ، آماره آستانه؛  $\lambda$  آماره شکل؛  $\sigma$  آماره پراکنش و  $\Phi$ ، انتگرال لاپلاس<sup>۸</sup> یا توزیع نرمال استاندارد است که به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (\text{رابطه ۷})$$

که نمره  $Z$ ، اندازه انحراف استاندارد از میانگین را نشان می‌دهد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Z = \frac{\left( \frac{\theta_H}{t_E} \right) - \delta}{\sigma} \quad (\text{رابطه ۸})$$

<sup>6</sup>Percentage point function

<sup>7</sup>Cumulative distribution function

<sup>8</sup>Laplace integral

## نتایج و بحث

هیدروتايم ( $\theta_H$ : مگاپاسکال ساعت) وجود داشت ( $P < 0.0001$ ). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که  $\theta_H$  موردنیاز ۵۲/۴۲ ± ۱/۱۸ درجه تکمیل فرآیند جوانهزنی رقم به رخ (۰/۱۳ ± ۵۰/۰۷) مگاپاسکال ساعت مشابه با مقدار این ضرب برای رقم ریحانه (۰/۴۷ ± ۵۰/۱۳) معنی داری بیشتر از سایر ارقام جو بود (شکل ۴A). همچنین، کمترین برآورد  $\theta_H$  مربوط به ارقام لخت (۰/۰۰) ۳۸/۷۲ ± ۱/۲۳ مگاپاسکال ساعت) و نیمروز (۰/۵۸ ± ۳۷/۵۸) مگاپاسکال ساعت) بود. آماره  $\theta_H$  شاخصی از سرعت جوانهزنی در سطوح خشکی است و هر چه مقدار آن کوچکتر باشد، سرعت جوانهزنی بیشتر خواهد بود (Bradford and Still, 2004). بنابراین، کوچکتر بودن مقدار ثابت هیدروتايم در ارقام لخت و نیمروز نشان می‌دهد که سرعت جوانهزنی این ارقام در سطوحی از پتانسیل‌های آب نسبت به سایر ارقام بیشتر است.

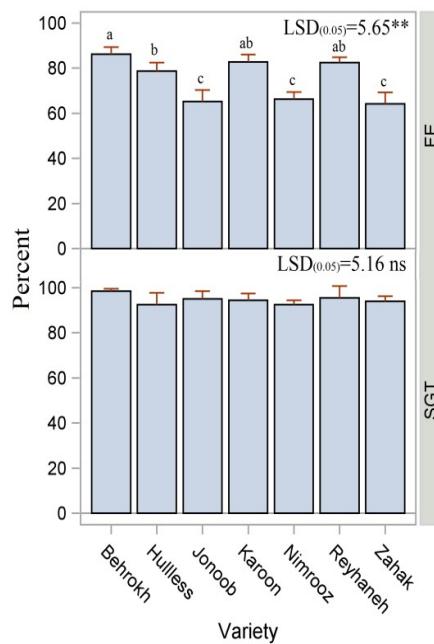
اختلاف میان ارقام جو از نظر برآورد آماره پراکنش (۵) معنی دار بود ( $P < 0.0001$ ). مقدار آماره ۵ برآورد شده برای رقم جنوب (۰/۱۷ ± ۰/۶۲) به طور معنی داری بیشتر از رقم نیمروز (۰/۰۵ ± ۰/۰۹) و برای این رقم نیز به طور معنی داری بیشتر از سایر ارقام جو بود (شکل ۴B). همچنین، اختلاف معنی داری میان ارقام زهک (۰/۰۷ ± ۰/۰۸)، لخت (۰/۰۵ ± ۰/۷۸) و به رخ (۰/۱۰ ± ۰/۷۵) از نظر برآورد این آماره وجود نداشت. کمترین برآورد آماره ۵ مربوط به ارقام کارون (۰/۰۴ ± ۰/۵۲) و ریحانه (۰/۰۱ ± ۰/۰۴) بود (شکل ۴B). در مدل هیدروتايم آماره ۵ نشان دهنده اندازه پراکنش متغیر  $x$  (یا  $\Psi_{ab}$ ) است. در واقع، این ضربی یکنواختی جوانهزنی نمونه بذری را نشان می‌دهد (Bradford and Somasco, 1994) آماره ۵ و یکنواختی جوانهزنی نمونه بذری رابطه عکس وجود دارد. بنابراین، رقم جنوب کمترین یکنواختی جوانهزنی و ارقام کارون و ریحانه بیشترین یکنواختی جوانهزنی را دارا بودند.

میان ارقام جو از نظر برآورد آماره شکل توزیع نرمال معکوس (۸) اختلاف معنی داری وجود داشت ( $P = 0.0003$ ). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برآورد آماره  $\lambda$  برای رقم جنوب (۱۱/۴۷ ± ۳/۳۷) به طور معنی داری بیشتر از دیگر ارقام جو بود (شکل ۴C). آماره  $\lambda$  برای سایر ارقام به طور متوسط بین ۰/۰۲۹ (رقم ریحانه) تا ۴/۳۵ (رقم

در آزمایشگاه میان ارقام جو از لحاظ میزان جوانهزنی استاندارد اختلاف معنی داری مشاهده نشد ( $P = 0.2719$ ) و برای همه ارقام بیشتر از ۹۲ درصد به دست آمد (شکل ۱). با این وجود، درصد ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه به طور معنی داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت ( $P < 0.0001$ ). بیشترین میزان سبز شدن در مزرعه مربوط به ارقام به رخ (۰/۵۵ ± ۱/۰۵) درصد، کارون (۰/۶۵ ± ۰/۸۲) درصد و ریحانه (۰/۱۹ ± ۰/۵۰) درصد) و کمترین میزان مربوط به ارقام نیمروز (۰/۵۵ ± ۰/۶۶) درصد)، جنوب (۰/۵۶ ± ۰/۶۴) درصد) و زهک (۰/۶۰ ± ۰/۶۵) درصد) بود (شکل ۱). همچنین، اختلاف سبز شدن رقم لخت (۰/۸۹ ± ۰/۷۸) درصد) با ارقام کارون و ریحانه معنی دار نبود. اختلاف میان درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه را با وجود درصد جوانهزنی مشابه در آزمایشگاه می‌توان به تفاوت بنیه بذر آنها نسبت داد (Ghaderi-far and Soltani, 2009).

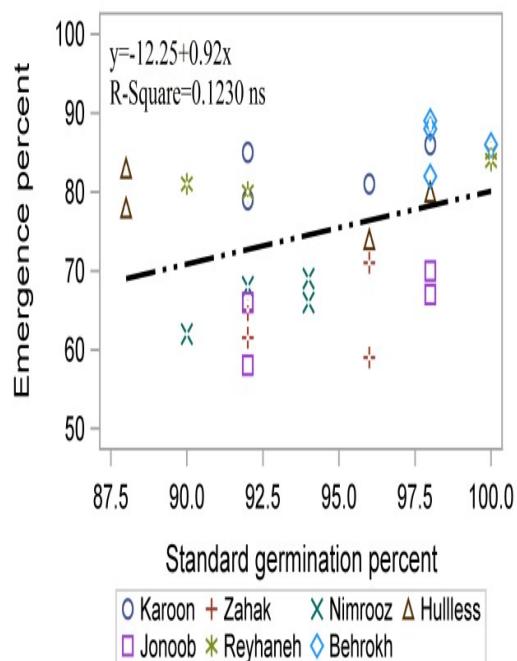
رابطه بین درصد جوانهزنی استاندارد و درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه در شکل ۲ ارائه شده است. میزان ظاهر شدن گیاهچه به ازاء هر واحد افزایش درصد جوانهزنی استاندارد معادل ۰/۹۲ درصد بهبود یافت. با این حال، این رابطه از لحاظ آماری معنی دار نبود. به عبارت دیگر، همبستگی مثبت معنی داری (با مقدار ضربی همبستگی ۰/۳۵۰۸) بین درصد جوانهزنی استاندارد و درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه وجود نداشت ( $P = 0.0672$ ). بنابراین، نتایج به دست آمده از آزمون جوانهزنی استاندارد معیار مناسبی برای پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه نیست. در این رابطه Bakhshandeh et al., 2012 و محموله‌های بذری گندم (Rabbani, 2012) نتایج مشابهی در مورد ارقام کنجد (Mohamadieh et al., 2014) گزارش شده است.

برازش مدل هیدروتايم مبتنی بر توزيع نرمال معکوس به داده‌های جوانهزنی تجمعی ارقام جو در پاسخ به کاهش پتانسیل آب در شکل ۳ نشان داده شده است. این مدل دارای برازش مناسبی بود، به طوری که مقدار ریشه میانگین مربعات خطای (RMSE) برای کلیه ارقام جو بین ۴/۲۸ (رقم کارون) تا ۷/۶۶ درصد (رقم ریحانه) برآورد شد. نتایج تجزیه واریانس خروجی‌های مدل هیدروتايم نشان داد که اختلاف معنی داری میان ارقام جو از نظر برآورد آماره ثابت



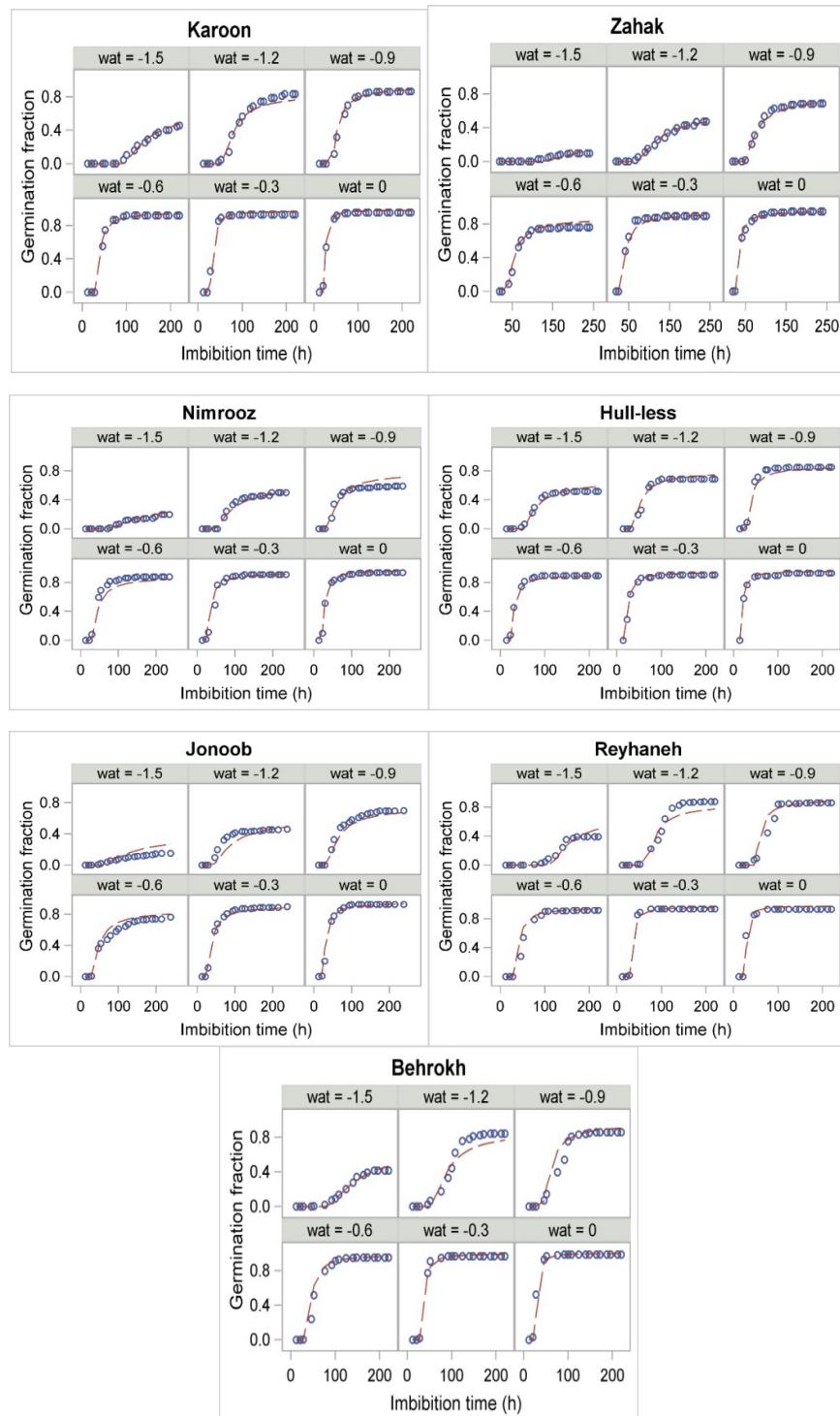
شکل ۱- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی استاندارد (SGT) و درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه (FE)

**Figure 1. Mean comparison of standard germination (SGT) and field emergence (FE) percent of barley varieties.**



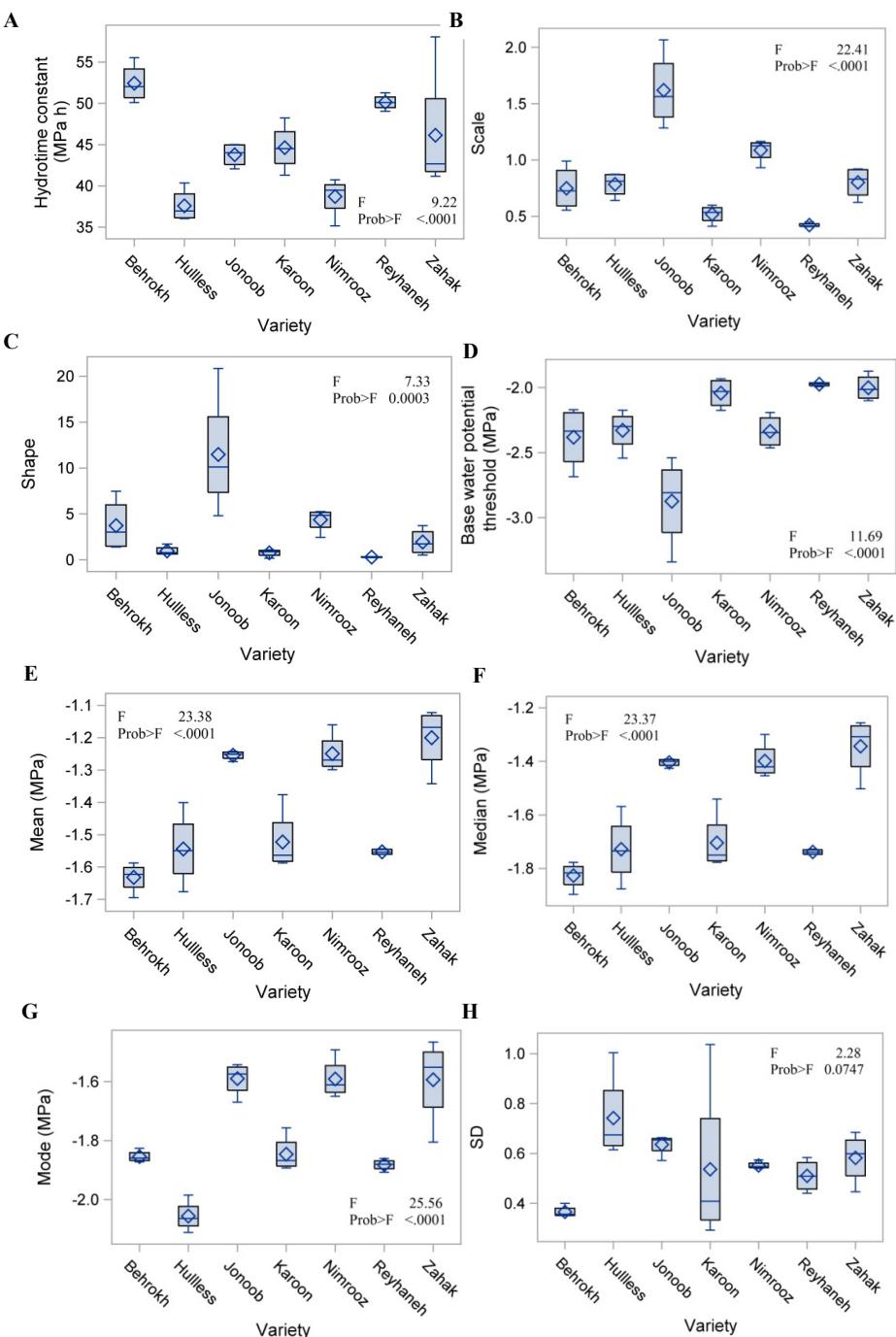
شکل ۲- رابطه بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه و درصد جوانه‌زنی استاندارد در آزمایشگاه

**Figure 2. The relationship between the emergence percent of barley varieties in the field and standard germination percent in the laboratory.**



شکل ۳- برآذش مدل هیدروتاپم نرمال-معکوس به داده‌های جوانهزنی تجمعی ارقام جو در پاسخ به کاهش پتانسیل آب

**Figure 3- Fitted Inverse-normal hydrotetime model to the data from cumulative germination of barley varieties in response to reduced water potential.**



شکل ۴- مقایسه میانگین آماره‌های برآورده شده (ثابت هیدروتایم (A)، پراکنش (B)، شکل (C) و آستانه پتانسیل آب (D) و ویژگی‌های توزیع آماری نرمال معکوس (میانگین (E)، میانه (F)، مد (G) و انحراف معیار پتانسیل آب پایه (H)) مورد استفاده در مدل‌سازی هیدروتایم جوانه‌زنی بذر ارقام جو.

**Figure 4. Mean comparison of estimated statistics (hydrotime constant (A), scale (B), shape (C), water potential threshold (D)) and characteristics of Inverse-normal statistical distribution (mean (E), median (F), mode (G) and standard deviation of base water potential (H)) used in hydrotime germination modeling of barley varieties.**



متوسط ۱/۷۵- مگاپاسکال) بود (شکل ۴F). همچنین، مد  $\Psi_{b(g)}$  ارقام جنوب، نیمروز و زهک (به طور متوسط ۱/۵۹- مگاپاسکال) به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام کارون، به رخ و ریحانه (به طور متوسط ۱/۸۶- مگاپاسکال) و برای این ارقام به طور معنی‌داری بیشتر از رقم لخت (۲/۰۶- مگاپاسکال) بود (شکل ۴G). اختلاف میان ارقام جو از نظر برآورد انحراف معیار (SD) پتانسیل آب پایه معنی‌دار نبود ( $P=0.0747$ ) و برای کلیه ارقام به طور متوسط بین ۰/۳۷ تا ۰/۷۴ به دست آمد (شکل H). توزیع  $\Psi_{b(g)}$  ارقام جو چوله به راست بود، به طوری‌که برای همه ارقام رابطه مثبت‌تر بودن مقدار  $\Psi$  آنها سرعت جوانه‌زنی کندتری در سطوح مختلف تنفس خشکی دارند (Derakhshan et al., 2013). میانگین، میانه و مد  $\Psi_{b(g)}$  ویژگی‌هایی از توزیع را نشان می‌دهند که همگی مرتبط با تحمل جوانه‌زنی به تنفس اسمزی است. بر اساس نتایج به دست آمده و با مقایسه میانگین، میانه و مد  $\Psi_{b(g)}$  ارقام جو نسبت به یکدیگر می‌توان آنها را از نظر تحمل جوانه‌زنی به تنفس خشکی به دو دسته متحمل‌تر (به رخ، ریحانه، لخت و کارون) و حساس‌تر (جنوب، نیمروز و زهک) تقسیم کرد. رابطه نزدیک به معنی‌داری با مقدار ضربی همبستگی مترادف ۰/۳۶۷۶ بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه و آماره  $\theta_H$  مشاهده شد ( $P=0.0543$ )، شکل ۵A. خط رگرسیونی حدود ۱۳/۵۰ درصد از تغییرات میزان ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو به‌واسطه تغییر در مقدار  $\theta_H$  را توجیه کرد. بر اساس این رابطه، به ازاء هر واحد افزایش مقدار آماره  $\theta_H$ ، درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه متعادل ۰/۵۹ درصد بهبود یافت (شکل ۵A). Soltani and Farzaneh, 2014) همبستگی معنی‌داری بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام پنبه در مزرعه و مقدار  $\theta_H$  مشاهده نکردند. نتایج این آزمایش برخلاف نتایج ارائه شده توسط ربانی محمدیه و همکاران (Rabbani Mohamadieh et al., 2014) در مورد محموله‌های بذری گندم است. آنها گزارش کردند که محموله‌های بذری که بیشترین درصد ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه را دارا بودند، مقدار  $\theta_H$  کوچکتری داشتند. مقدار  $\theta_H$  متأثر از زمان آبنوشی بذرها در سطوح مختلف پتانسیل

نیمروز) برآورد شد که از این جهت میان آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. آماره  $\lambda$  چگونگی خمش منحنی را نشان می‌دهد و به توزیع شکل پذیری بالایی می‌دهد (Mesgaran et al., 2013) ارقام جو از نظر برآورد آماره آستانه (۸) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ( $P<0.0001$ ). آستانه پتانسیل آب برای شروع جوانه‌زنی رقم جنوب  $-2/87 \pm 0/17$  مگاپاسکال) به طور معنی‌داری کمتر (منفی تر) از ارقام به رخ  $-2/34 \pm 0/06$  مگاپاسکال)، نیمروز  $-2/38 \pm 0/08$  مگاپاسکال) و لخت ( $-2/33 \pm 0/08$  مگاپاسکال) و برای این ارقام به طور معنی‌داری کمتر از ارقام کارون ( $-2/00 \pm 0/05$  مگاپاسکال)، زهک ( $-2/04 \pm 0/01$  مگاپاسکال) بود (شکل ۴D). آماره  $\delta$  نقطه برخورد منحنی تجمعی با محور  $x$  (یا  $\Psi_{b(g)}$ ) یا مقداری از  $x$  که توزیع تجمعی برای آن  $x$  یا مقادیر کمتر از آن صفر است، را نشان می‌دهد (Derakhshan et al., 2013). در واقع، آماره  $\delta$  بیانگر حداقل پتانسیل آب مورد نیاز برای شروع فرآیند جوانه‌زنی ( $\Psi_{b(0)}$ ) است (Mesgaran et al., 2013) هیدروتایم فرض می‌شود که ابتدا جوانه‌زنی بذرهایی که کمترین  $\Psi$  را دارند، شروع می‌شود و سپس بذرهایی با  $\Psi$  مثبت‌تر جوانه می‌زنند و بدین ترتیب توزیع  $\Psi_{b(g)}$  با استفاده از یک منحنی زنگوله‌ای نشان داده می‌شود (Derakhshan et al., 2013) آماره  $\delta$  یا  $\Psi_{b(0)}$  به معنای دارا بودن آستانه تحمل بالاتر آن رقم بذری به تنفس آب یا شروع جوانه‌زنی آن در پتانسیل‌های آب منفی تر است.

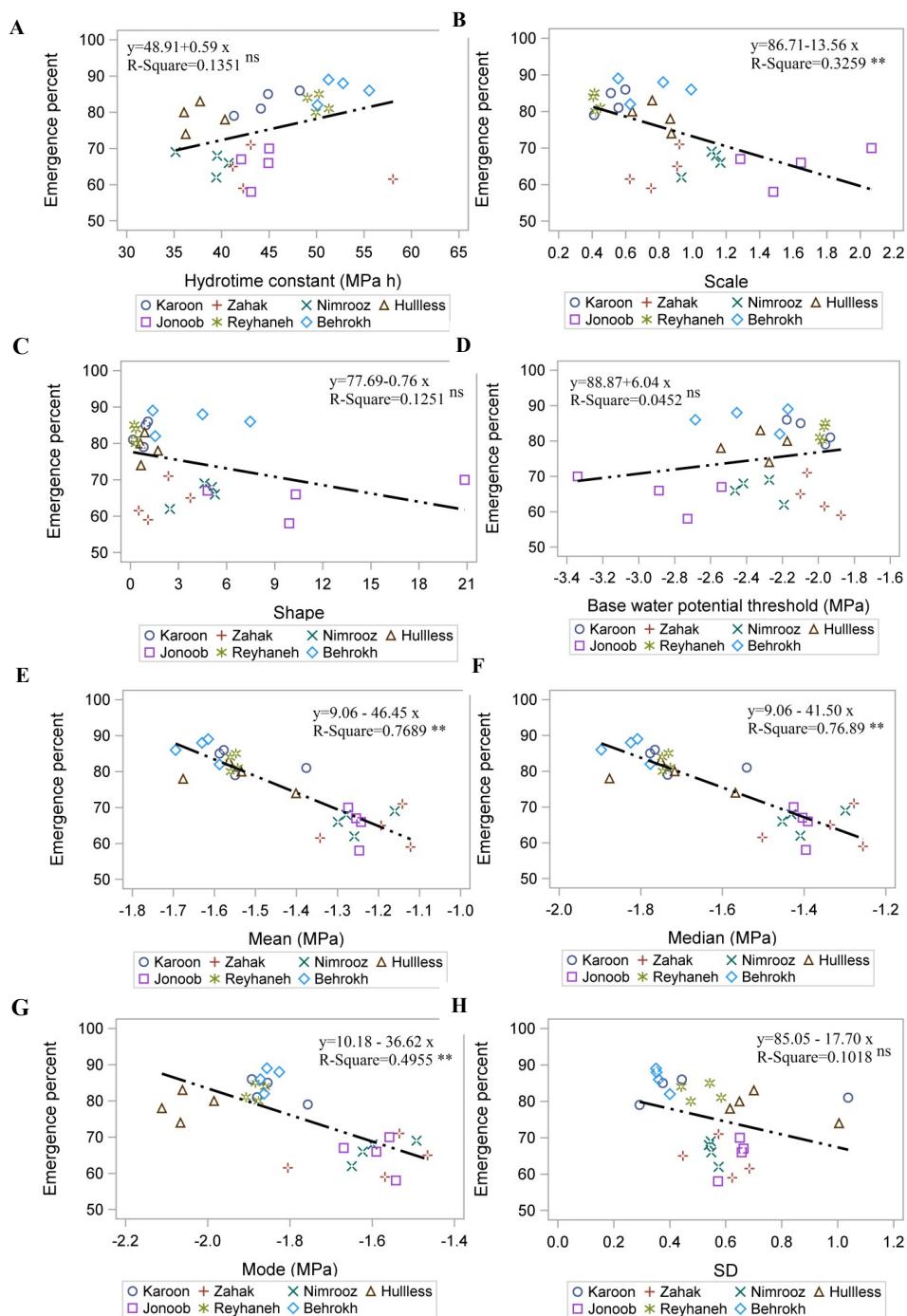
میان ارقام جو از نظر میانگین، میانه و مد  $\Psi_{b(g)}$  اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $P<0.0001$ ). میانگین  $\Psi_{b(g)}$  برای ارقام زهک ( $-1/20 \pm 0/05$  مگاپاسکال)، نیمروز ( $-1/25 \pm 0/03$  مگاپاسکال) و جنوب ( $-1/25 \pm 0/01$  مگاپاسکال) به طور معنی‌داری بیشتر (مثبت‌تر) از دیگر ارقام جو بود (شکل E). اختلاف میان سایر ارقام جو از نظر میانگین  $\Psi_{b(g)}$  به استثناء اختلاف رقم کارون ( $-1/63 \pm 0/02$  مگاپاسکال) و به رخ ( $-1/52 \pm 0/04$  مگاپاسکال) معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانه پتانسیل آب پایه ( $\Psi_{b(50)}$ ) ارقام زهک، نیمروز و جنوب (به طور متوسط  $-1/38$  مگاپاسکال) به طور معنی‌داری بیشتر از میانه  $\Psi_{b(g)}$  ارقام کارون، لخت، ریحانه و به رخ (به طور

همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام و میانگین (با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.8768$ )، شکل ۵E، میانه (با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.8769$ )، شکل ۵F و مد  $M_{(g)}$  (با مقدار ضریب همبستگی  $P<0.0001$ )، فراوانی نسبی توزیع پتانسیل آب پایه ارقام جو در شکل ۶ نشان داده شده است. با وجود آن که رقم جنوب کمترین مقدار آماره ۵ را داشت (یعنی جوانهزنی آن در پتانسیل آب کمتری شروع شد)، اما میانه توزیع  $M_{(g)}$  آن به طور معنی‌داری مثبت‌تر از  $M_{(50)}$  ارقام کارون، لخت، ریحانه و بهرخ بود. بدین معنا که درصد کمتری از بذرهای این رقم قادر به جوانهزنی در پتانسیل‌های آب منفی‌تر بودند (شکل ۶). همچنین، با وجود این‌که ارقام کارون، زهک و ریحانه بیشترین مقدار آماره ۵ را داشتند، اما توزیع  $M_{(g)}$  آنها به گونه‌ای متفاوت بود (شکل ۶). بنابراین، آماره ۵ شاخص مناسبی برای تعیین بنیه بذر ارقام جو در مزرعه نیست.

سلطانی و فرزانه (Soltani and Farzaneh, 2014) همبستگی معنی‌داری بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام پنبه در مزرعه و مقدار  $M_{(50)}$  مشاهده نکردند. همچنین، Rabbani Mohamadieh *et al.*, 2014 وجود یک همبستگی مثبت بین ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه و مقدار  $M_{(50)}$  محموله‌های بذری گندم را گزارش کردند. در حالی‌که، در این مطالعه همبستگی منفی بسیار معنی‌داری بین مقدار میانگین، میانه و مد توزیع  $M_{(g)}$  وجود داشت. به طوری‌که، به ازاء هر واحد افزایش میانگین، میانه و مد  $M_{(g)}$  درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو به ترتیب  $46/45$  درصد (با ضریب تبیین  $P=0.77$ )،  $46/45$  درصد (با ضریب تبیین  $P=0.77$ ) و  $46/45$  درصد (با ضریب تبیین  $P=0.50$ ) کاهش یافت. یعنی با افزایش تحمل ارقام به تنش اسمزی ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه بهبود یافت. برادفورد و استیل (Bradford and Still, 2004) از مدل هیدروتاپیم برای تفکیک محموله‌های بذر قوى و ضعیف کلم بروکلی استفاده کردند. آنها گزارش کردند که محموله‌هایی که  $M_{(50)}$  بیشتری داشتند، دارای بنیه بذر پایین‌تری بودند که مشابه با نتایج به‌دست آمده در این آزمایش است.

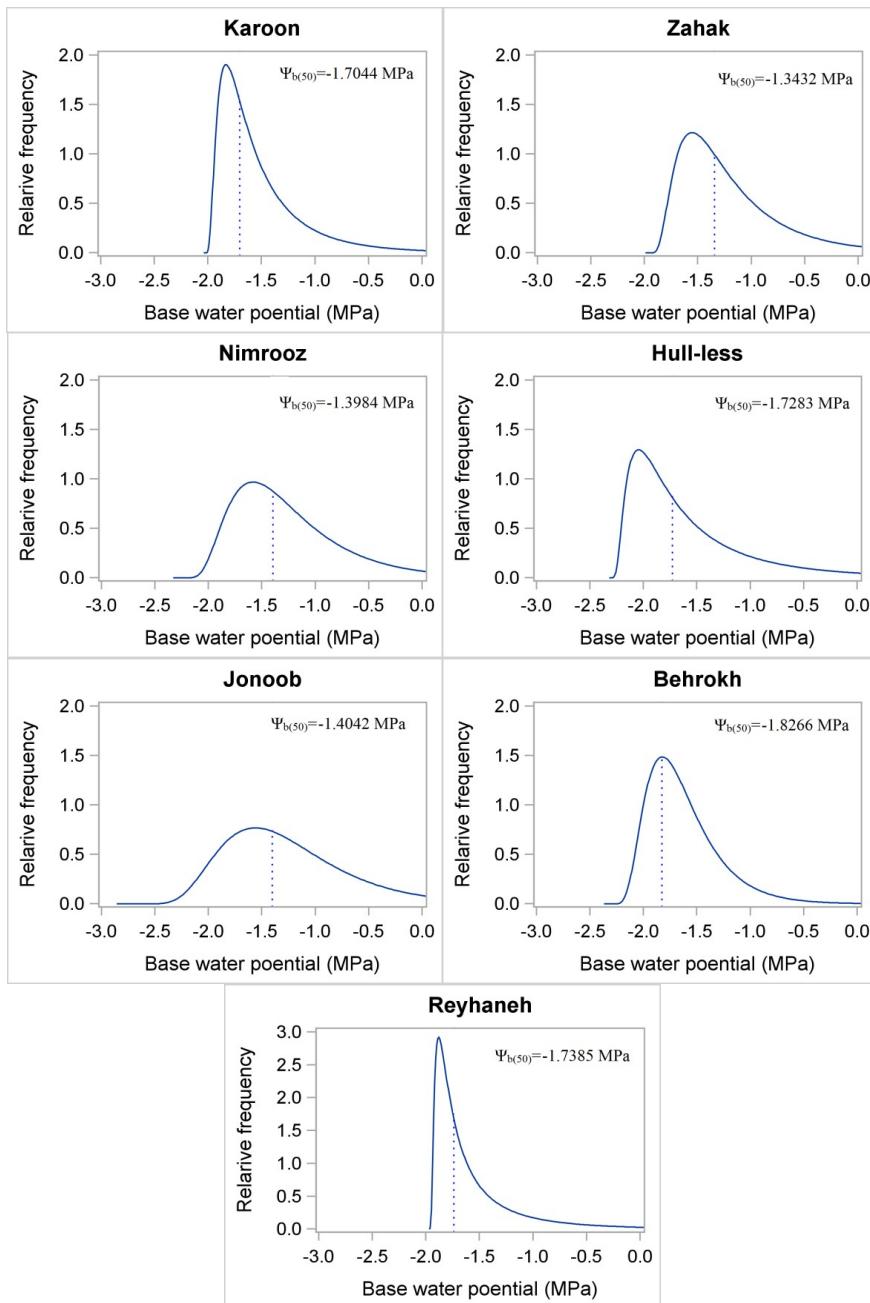
اسمزی است. بنابراین، با تغییر وزن هزار دانه ارقام و هر عامل دیگری مانند وجود یا عدم وجود پوشینه و پرایمینگ بذر که میزان جذب آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند، تغییر  $\theta_H$  کند. از این‌رو، مقدار  $\theta_H$  کوچکتر رقم لخت و مقدار  $\theta_H$  بزرگتر رقم بهرخ جهت اتمام فرآیند جوانهزنی در سطوح پتانسیل آب را می‌توان به ترتیب به عدم وجود پوشینه و وزن هزار دانه بالاتر نسبت به سایر ارقام نسبت داد. همچنین، گزارش‌هایی وجود دارد که پرایمینگ بذر بدون تغییر محسوس در میزان  $M_{(50)}$  منجر به کاهش مقدار  $\theta_H$  موردنیاز برای اتمام فرآیند جوانهزنی شد (Dahal and Bradford, 1990; Windauer *et al.*, 2007). از سوی دیگر، با وجود این‌که سرعت جوانهزنی یکی از شاخص‌های مهم کیفیت بذر است، اما همواره در شرایط آزمایشگاهی به عنوان یک صفت مطلوب برای نشان دادن بنیه بذر به حساب نمی‌آید و در مواردی همبستگی خوبی با ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه نشان نمی‌دهد. برای مثال، Bakhshandeh *et al.*, 2012 بخشندۀ و همکاران همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ظاهر شدن گیاهچه ارقام کنجد و سرعت جوانهزنی مشاهده نکردند.

بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو و آماره ۵ رابطه منفی و معنی‌داری با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.0015$ - وجود داشت (شکل ۵B). بر این اساس، درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه با افزایش مقدار آماره ۵ با شبیی معادل  $13/56$ - درصد و ضریب تبیین  $0.3259$  کاهش یافت. به عبارت دیگر ارقامی که دارای یکنواختی جوانهزنی بالاتری در شرایط آزمایشگاه بودند، درصد ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه بالاتری داشتند. همبستگی بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو و آماره ۵ مدل هیدروتاپیم (با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.3538$ ) و نیز همبستگی بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام با آماره ۵ (با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.0648$ )، شکل ۵C) از نظر آماری معنی‌دار نبود. برخلاف عدم وجود رابطه معنی‌دار بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو و مقدار SD توزیع  $M_{(g)}$  (با مقدار ضریب همبستگی  $P=0.0980$ )، شکل ۵H)،



شکل ۵- رابطه بین سبز شدن ارقام جو در مزرعه و برآورد آمارهای مدل هیدروتایم (ثابت هیدروتایم (A)، پراکنش (B)، شکل (C) و آستانه پتانسیل آب (D) و ویژگی‌های توزیع آماری نرمال معکوس (میانگین (E)، میانه پراکنش (F)، شکل (G) و انحراف معیار پتانسیل آب پایه (H)).

**Figure 5. The relationship between emergence of barley varieties in the field and statistics estimates (hydrotime constant (A), scale (B), shape (C), water potential threshold (D)) and characteristics of Inverse-normal statistical distribution (mean (E), median (F), mode (G) and standard deviation of base water potential (H)).**



شکل ۶- تابع چگالی احتمال پتانسیل آب پایه پیش‌بینی شده با مدل هیدروتایم مبتنی بر توزیع نرمال معکوس برای جوانه‌زنی ارقام جو. خط عمودی  $\Psi_{b(50)}$  را نشان می‌دهد.

**Figure 6. Probability density function of the predicted base water potential with the hydrotime model based on Inverse-normal distribution for barley varieties seed germination. Vertical line from shows  $\Psi_{b(50)}$ .**

معنی‌داری بین درصد ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه و آماره ۵ و نیز میانگین، میانه و مد توزیع ( $\Psi_{b(g)}$ ) وجود داشت. به طوری که ظاهر شدن گیاهچه ارقام جو در مزرعه با یکنواختی بیشتر جوانه‌زنی در سطوح تنش

نتیجه‌گیری در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که مدل هیدروتایم نرمال معکوس از قابلیت بالایی در تفکیک ارقام قوی و ضعیف جو برخوردار بود. همبستگی منفی و بسیار

بذری قوی و ضعیف جو ارقام مورد بررسی پیشنهاد  
می‌گردند.

اسمزی و نیز بیشتر بودن دامنه تحمل جوانه‌زنی ارقام به این تنفس افزایش یافت. بنابراین، این مدل به عنوان یکی از آزمون‌های بنیه بذر جهت تفکیک ارقام و محموله‌های

#### منابع

- Bakhshandeh, E., Ghadiryan, R., Ghaderi-Far, F., Jamali, M. and Kameli, A.M. 2012. Laboratory tests for predicting seedling emergence of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars in field. Journal of Plant Production, 19: 145-154. (**Journal**)
- Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evaluation of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, CA, USA. (**Book**)
- Bradford, K.J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. Plant Physiology, 94: 840–849. (**Journal**)
- Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50: 248–260. (**Journal**)
- Bradford, K.J. and Somasco, O.A. 1994. Water relations of lettuce seed thermoinhibition. I. Priming and endosperm effects on base water potential. Seed Science Research, 4: 1–10. (**Journal**)
- Bradford, K.J. and Still, D.W. 2004. Applications of hydrotime analysis in seed testing. Seed Technology, 26: 75–85. (**Journal**)
- Dahal, P. and Bradford, K.J. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. II. Germination at reduced water potential. Journal of Experimental Botany, 41: 1441–1453. (**Journal**)
- Daws, M.I., Crabtree, L.M., Dalling, J.W., Mullins, C.E. and Burslem, D.R.P. 2008. Germination responses to water potential in neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. Annals of Botany, 102: 945–951. (**Journal**)
- Derakhshan, A., Akbari, H. and Gherekhloo, J. 2014. Hydrotime modeling of *Phalaris minor*, *Amaranthus retroflexus* and *A. blitoides* seed germination. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 1: 82-95. (In Persian) (**Journal**)
- Ghaderi far, F. and Soltani, A. 2009. Seed testing and control. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (**Book**)
- Gummerson, R.J. 1986. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. Journal of Experimental Botany, 37: 729–741. (**Journal**)
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. Handbook of Vigor Test Methods. 3rd Edn., International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. (**Book**)
- Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Alizadeh, H., Hunt J., Young, K.R. and Cousens, R.D. 2013. Importance of distribution function selection for hydrothermal time models of seed germination. Weed Research, 53: 89-101. (**Journal**)
- Michel, B.E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. Plant Physiology, 72: 66–70. (**Journal**)
- Rabbani Mohamadieh, R., Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour H.R. 2014. Application of hydrotime model to predict seed lots emergence of wheat. Electronic Journal Crop Production, 7: 1-16. (In Persian) (**Journal**)
- Soltani, E. and Farzaneh, S. 2014. Hydrotime analysis for determination of seed vigour in cotton. Seed Science and Technology, 42: 260-273. (**Journal**)
- Watt, M.S., Xu, V. and Bloomberg, M. 2010. Development of a hydrothermal time seed germination model which uses the Weibull distribution to describe base water potential. Ecological Modelling, 221: 1267–1272. (**Journal**)
- Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products, 25:70-74. (**Journal**)



## Application of hydrotime concept to predict seedling emergence of spring barley varieties in field

Abolfazl Derakhshan<sup>\*1</sup>, Mohammad Hosein Gharineh<sup>2</sup>

Received: May 30, 2015

Accepted: July 8, 2015

### Abstract

Hydrotime is a method to describe the relationship between water potential and seed germination rates and percentages. Hydrotime analysis quantifies the germination rate ( $\theta_H$ ), germination tolerance to water stress ( $\Psi_b$ ) and uniformity of germination ( $\sigma_b$ ) in a seed sample which are major indicators for seed vigor. In order to investigate the possibility of hydrotime model application (based on Inverse-normal distribution) to predict the seedling emergence of barley in field, experiments were conducted on seven spring barley (Karoon, Zahak, Nimrooz, Hull-less, Jonoob, Reyhaneh and Behrok) in seed technology laboratory and research farm of Ramin Agriculture and Natural Resources of Khuzestan. For this, the effect of reduced water potential on seed germination of barley varieties was described using the hydrotime model. Then, correlations among the output parameters of the hydrotime model and seedling emergence of barley varieties in field were investigated. Results showed that there were no significant differences among varieties in terms of standard germination percentage ( $P=0.2719$ ), but seedling emergence percent in field significantly affect by variety type ( $P<0.0001$ ). There were significant negative correlation between field emergences of barley varieties with scale ( $\sigma$ ; with a correlation coefficient of -0.5709), mean (with a correlation coefficient of -0.8768), median ( $\Psi_{b(50)}$ ; with a correlation coefficient of -0.8769) and mode (with a correlation coefficient of -0.7039) of basic water potential ( $\Psi_{b(g)}$ ) distribution ( $P<0.01$ ). According to the results, the seedling emergences of barley varieties in field increased with more germination uniformity in osmotic stress levels and higher tolerance of varieties to this stress. Therefore, this model is recommended as one of the seed vigor tests to distinguish strong and weak varieties of barley.

**Key words:** Base water potential; Correlation coefficient; Hydrotime constant; Inverse-normal distribution

1: Ph.D student in Agronomy, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University

2: Associate Professor, Khuzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University

\*Corresponding author: derakhshan.abo@gmail.com