



## کاربرد مدل هیدروتایم در پیش‌بینی سبز شدن محموله‌های بذری گندم

ریحانه ربانی محمدیه<sup>۱\*</sup>، فرشید قادری فر<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۳</sup> و حمیدرضا صادقی‌پور<sup>۴</sup>

<sup>۱،۲</sup> به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۴</sup> عضو هیات علمی گروه زیست‌شناسی دانشگاه گلستان.

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۱۱

### چکیده

تجزیه اطلاعات جوانه‌زنی در توده‌های مختلف بذری توسط مدل هیدروتایم این شرایط را ایجاد می‌کند که توده‌های بذری را بر مبنای توانایی سبز شدن در مزرعه طبقه‌بندی کرد. به منظور بررسی اثر پتانسیل آب برای تعیین قدرت بذر از طریق تجزیه هیدروتایم، آزمایشی بر روی ۱۰ محموله‌ی بذری گندم بر روی لاین N-80-19 در آزمایشگاه تحقیقات بذر و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در قالب بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه کشت شدند. برای اعمال تنش پتانسیل آب از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در ۷ سطح (صفر به عنوان شاهد، -۰/۳، -۰/۶، -۰/۹، -۱/۲، -۱/۵ و -۱/۸ مگاپاسکال) استفاده شد. نتایج نشان داد حداکثر درصد جوانه‌زنی برای محموله‌های مختلف بذری اختلاف معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج درصد سبز شدن مشخص شد محموله‌های بذری از نظر قدرت بذر اختلاف معنی‌داری داشتند در محموله‌های بذری که درصد سبز شدن بیشتری داشتند، مقدار عددی ضریب هیدروتایم ( $\theta_H$ ) به صورت معنی‌داری کوچک‌تر بود. در محموله‌های بذری که دارای درصد سبز شدن بیشتری بودند مقدار  $\Psi_{b(50)}$  بیشتر بود. محموله‌های بذری از نظر یکنواختی جوانه‌زنی ( $\sigma_{\Psi b}$ ) اختلاف معنی‌داری نداشتند. نتایج این مطالعه بیانگر این امر بود که مدل هیدروتایم توانایی بالایی در تعیین توده‌ها از نظر میزان قدرت بذر را دارا است. این مدل می‌تواند درصد سبز شدن در شرایط پر تنش را پیش‌بینی کند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب؛ گندم؛ قدرت بذر؛ سبز شدن؛ هیدروتایم.

\* نویسنده مسئول: [rabbani.reyhaneh@yahoo.com](mailto:rabbani.reyhaneh@yahoo.com)

## مقدمه

علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل شده در تکنولوژی و مدیریت زراعی کماکان جوانه‌زنی بذر و استقرار مطلوب گیاهچه‌های حاصل از آن در کشاورزی دارای اهمیت کلیدی می‌باشد، از این رو موفقیت و یا عدم موفقیت در تولید به درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و تولید گیاهچه‌های قوی وابسته است. بیشترین مقدار استقرار گیاهچه زمانی حاصل می‌شود که بذر بتواند بر شرایط نامطلوب محیطی چیره شده و عکس‌العمل مناسبی از خود نشان دهد. سبزشدن یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین‌کننده درجه موفقیت سیستم‌های زراعی در تولید می‌باشد (ISTA, 2009). سبزشدن به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی، به ویژه رطوبت خاک، شوری و عمق کاشت (جاکوبسن و باج، 1998؛ اولد بالفاسم و همکاران، 2006؛ سلطانی و همکاران، 2006) و کیفیت بذرها (قابلیت حیات و قدرت بذر) قرار می‌گیرد (قادری‌فر و همکاران، 2010). جوانه‌زنی خوب و مناسب تحت محدوده وسیعی از شرایط محیطی، برای استقرار خوب گیاهچه و تولید عملکرد مطلوب ضروری است (جاکوبسن و باج، 1998).

به‌طور معمول در آزمایشگاه، کیفیت فیزیولوژیکی بذر به وسیله آزمون جوانه‌زنی استاندارد تعیین می‌شود ولی این آزمون درصد سبزشدن در مزرعه را بیش از حد واقعی برآورد می‌کند (نولی و همکاران، 2008). آزمون جوانه‌زنی استاندارد در شرایط مطلوب دمایی و رطوبتی در آزمایشگاه انجام می‌شود، اما سبزشدن و استقرار گیاهچه‌ها به‌طور معمول در مزرعه تحت شرایط مختلف آب و هوایی اتفاق می‌افتد که اکثر اوقات نامطلوب می‌باشد. برای رفع این مشکل آزمون‌های قدرت بذر توسعه پیدا کرده‌اند تا بتوانند پیش‌بینی خوبی از سبزشدن توده‌های بذری برای کاشت در شرایط مختلف آب و هوایی ارائه دهند (برادفورد، 1990).

تفکیک توده‌ها بذری از نظر قدرت بذر با استفاده از آزمون‌های قدرت بذر قابل تشخیص است. از آن جمله می‌توان به آزمون تسریع پیری در کنجد (قادری‌فر و سلطانی، 2010)، آزمون هدایت الکتریکی در گلرنگ (خاوری و همکاران، 2009)، آزمون سرما در ذرت (نولی و همکاران، 2008) و آزمون زوال کنترل شده در چغندر قند (همپتون و کولبر، 1990) اشاره کرد. برخی از این آزمون‌ها امروزه به صورت بین‌المللی پذیرفته شده‌اند. با این وجود هنوز یک آزمون قابل اطمینان که بتواند قدرت بذر را در تمام گونه‌های مختلف گیاهی تعیین کند، وجود ندارد.

امروزه محققین برای پیش‌بینی صحیح از جوانه‌زنی و استقرار گیاهان تحت شرایط مزرعه علاوه بر آزمون‌های قدرت بذر از مدل‌ها نیز بهره می‌برند. یکی از این مدل‌ها که حساسیت جوانه‌زنی بذور به

تنش پتانسیل آب را تعیین می‌کند، مدل هیدروتایم می‌باشد (برادفور و استیل، ۲۰۰۴). استفاده از این مدل پس از مطالعات برادفور (۱۹۹۰) و برادفور و سوماکو (۱۹۹۴) گسترش پیدا کرد. مدل هیدروتایم برای توصیف الگوی جوانه‌زنی بذرها در ارتباط با پتانسیل آب استفاده شده است (برادفور و استیل، ۲۰۰۴). این مدل پتانسیل بالایی برای توصیف و کمی‌سازی پتانسیل آب بر روی جوانه‌زنی و سبز شدن دارد (برادفور، ۱۹۹۰). داهال و برادفور (۱۹۹۰) سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گوجه فرنگی را با استفاده از مدل هیدروتایم مقایسه کردند. برادفور و استیل (۲۰۰۴) برای تفکیک قدرت محموله‌های بذری کلم بروکلی از مدل هیدروتایم استفاده کردند. کاردوسو و یانکونی (۲۰۱۳) برای مقایسه شاخص‌های جوانه‌زنی و میزان مقاومت چهار لاین در نوعی لوبیا (*Haseolus vulgaris L.*) از مدل هیدروتایم بهره گرفت. استیل و برادفور (۱۹۹۸) بیان کردند که از ضرایب مدل هیدروتایم می‌توان برای حصول بذرهایی با کیفیت بالا در طول نمو استفاده کرد.

با توجه به کاربرد گسترده از مدل هیدروتایم در تحقیقات مربوط به جوانه‌زنی و سبز شدن بذور به نظر می‌رسد استفاده از این مدل می‌تواند نتایج کاربردی را حاصل کند. اما در مقالات داخل کشور به استفاده از این مدل کمتر توجه شده است (فرزانه و سلطانی، ۲۰۱۱؛ سلطانی، ۲۰۱۱؛ بخشنده و همکاران، ۲۰۱۱). کمتر مورد توجه قرار گرفتن این مدل بین محققان داخل به دلیل عدم شناخت کافی محققان از آن و ناآشنا بودن با روش صحیح تجزیه این مدل می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه استفاده از مدل هیدروتایم به عنوان یک آزمون جدید تعیین قدرت بذر در جهت تعیین قدرت در محموله‌های مختلف بذری گندم می‌باشد. همچنین در این مقاله سعی شده است روابط بین ضرایب مدل هیدروتایم با درصد جوانه‌زنی و درصد سبز شدن در شرایط مزرعه محموله‌های بذری با قدرت‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه تحقیقات بذر و مزرعه تحقیقاتی شماره (۱) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. به منظور تهیه بذور با قدرت‌های مختلف ۱۰ محموله بذری گندم لاین N-80-19 از مناطق مختلف اطراف گرگان جمع‌آوری شد و آزمون‌های مربوطه بر روی آنها انجام شد. در جدول (۱) اطلاعات مرتبط به هر یک از توده‌های گندم ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات محموله‌های گندم مورد مطالعه

شماره محموله	نام محل تولید محموله بذری	تاریخ برداشت
۱	قرق	۸۹/۳/۲۲
۲	انبار اروم	۸۹/۳/۲۱
۳	منطقه للدوین	۸۹/۳/۲۰
۴	هاشم آباد	۸۹/۳/۲۴
۵	علی آباد	۸۹/۳/۲۱
۶	چالکی	۸۹/۳/۲۶
۷	اسپومحله	۸۹/۳/۱۹
۸	جلین	۸۹/۳/۲۸
۹	آقچه لی	۸۹/۳/۳۰
۱۰	گرگان	۸۹/۳/۲۶

آزمون جوانه‌زنی: برای انجام این آزمون ۳ تکرار ۵۰ تایی از بذور هر محموله بذری، به طور تصادفی جدا گردید. سپس در ظروف پتری شیشه‌ای به قطر ۱۵ سانتی‌متر که در کف آن یک عدد کاغذ صافی واتمن قرار داده شده بود، چیده شد. بعد از قرار دادن در ظروف پتری، نمونه‌ها در داخل انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ روز قرار گرفتند. بعد از مدت مورد نظر بذور جوانه‌زده در داخل هر پتری شمارش شد (ISTA, ۲۰۰۹).

آزمون جوانه‌زنی در پتانسیل‌های مختلف آب: تنش پتانسیل آب در ۷ سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹، ۱/۲، ۱/۵ و ۱/۸- مگاپاسکال اعمال شد. سطوح مختلف پتانسیل آب با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ بر طبق فرمول میچل و کافمن (میچل و کافمن، ۱۹۷۳) تهیه شد. پس از تهیه محلول‌های پتانسیل آب ۳ تکرار ۵۰ تایی از بذور هر محموله بذری در ظروف پتری قرار داده شد. مقدار مساوی از هر محلول (۶ میلی‌لیتر) در تیمارهای مربوطه ریخته شد و در نهایت نمونه‌ها در انکوباتور و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. با شروع جوانه‌زنی در هر روز در ۳ نوبت و با کاهش سرعت جوانه‌زنی ۲ نوبت در صبح و عصر بذور جوانه‌زده شمارش شدند تا زمانی که تعداد بذور جوانه‌زده در ۳ نوبت شمارش ثابت شد. بذور جوانه‌زده شده پس از شمارش دور ریخته شدند. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر در نظر گرفته شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۲).

آزمایش مزرعه‌ای: آزمایشی به منظور بررسی درصد سبز شدن محموله‌های بذری گندم مورد مطالعه در مزرعه تحقیقاتی شماره (۱) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و در تاریخ کشت ۲ دی ۱۳۹۰ در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در هر کرت ۳ ردیف با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۲/۵ متر کشت شد. در هر ردیف کشت ۱۰۰ عدد بذر و در عمق ۳ سانتی‌متر توسط دست کشت شد. شمارش درصد ظهور گیاهچه‌ها به صورت روزانه تا زمانی که افزایشی در تعداد آنها مشاهده نشد، ادامه داشت.

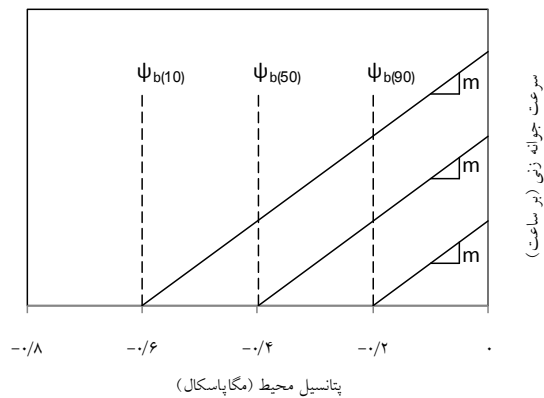
رابطه اصلی مدل هیدروتایم به صورت زیر می‌باشد (داهال و برادفورد، ۱۹۹۰؛ برادفورد و استیل، ۲۰۰۴):

$$\theta_H = [\psi - \psi_{BG}]t_g \quad (1)$$

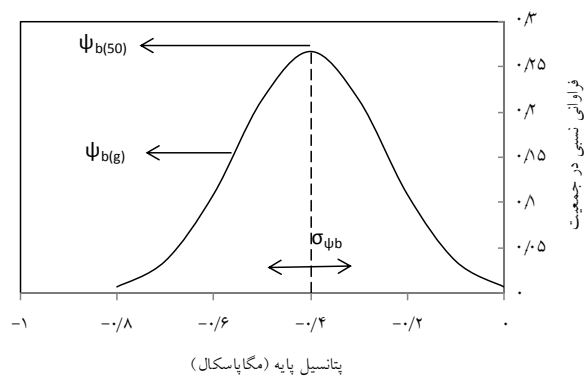
در رابطه (۱)  $\theta_H$ : ثابت هیدروتایم (برحسب مگاپاسکال ساعت)،  $\psi$ : پتانسیل آب بستر بذر بر حسب مگاپاسکال،  $\psi_{b(50)}$ : پتانسیل آب پایه بر حسب مگاپاسکال،  $t_g$ : زمان خروج ریشه برای صدک‌های مختلف جوانه‌زنی بر حسب ساعت را نشان می‌دهد. با بازنویسی رابطه (۱) داریم:

$$\frac{1}{t_g} = \frac{\psi - \psi_{bg}}{\theta_H} \quad (2)$$

بر اساس معادله (۲) رابطه بین سرعت جوانه‌زنی صدک‌های مختلف جوانه‌زنی در مقابل پتانسیل آب به صورت خطی می‌باشد که شیب آن برابر  $1/\theta_H$  و عرض از مبدأ معادله برابر منفی  $\psi_{b(g)}/\theta_H$  می‌باشد. مقدار  $\theta_H$  برای صدک‌های مختلف یکسان است اما مقادیر پتانسیل پایه متغیر است (شکل ۱) که در این حالت فراوانی پتانسیل آب پایه در صدک‌های مختلف به صورت یک تابع نرمال می‌باشد که این تابع دارای میانگین ( $\psi_{b(50)}$ ) و انحراف معیار ( $\sigma_{\psi b}$ ) می‌باشد (برادفورد و استیل، ۲۰۰۴؛ شکل ۲).



شکل ۱. رابطه بین سرعت جوانه‌زنی برای صدک‌های مختلف با پتانسیل آب (در این رابطه در تمامی صدک‌ها، شیب خطوط (m) ثابت و برابر معکوس هیدروتایم می‌باشد)



شکل ۲. توزیع نرمال مقادیر پتانسیل پایه در جمعیت بذری. شکل منحنی توسط دو پارامتر میانگین ( $\Psi_{b(50)}$ ) (مقدار پتانسیل پایه برای  $g=50$  می‌باشد) و انحراف معیار ( $\sigma_{\Psi b}$ ) (در داده‌های جوانه‌زنی این مقدار نشان‌دهنده میزان یکنواختی در محموله است) تعیین می‌شود.

در این رابطه  $\theta_H$  سرعت جوانه‌زنی،  $\Psi_{b(50)}$  میزان مقاومت به پتانسیل آب و  $\sigma_{\Psi b}$  میزان یکنواختی جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. برادفورد (۲۰۰۲) گزارش کرد با داشتن ضرایب معادله هیدروتایم  $\Psi_{b(50)}$ ،  $\theta_H$  و  $\sigma_{\Psi b}$  می‌توان از این ضرایب در تفکیک توده‌های ضعیف و قوی بذرها استفاده کرد. برخی محققان از این مدل به عنوان یک آزمون قدرت بذر برای تفکیک توده‌های ضعیف و قوی استفاده کرده‌اند (برادفورد و استیل، ۲۰۰۴؛ فرزانه و سلطانی، ۲۰۱۰).

در این مدل فرض می‌شود که  $\Psi_{b(g)}$  برای صدک‌های مختلف جوانه‌زنی دارای یک توزیع نرمال می‌باشد که میانگین و انحراف معیار این توزیع به ترتیب برابر  $\Psi_{b(50)}$  و  $\sigma_{\Psi b}$  می‌باشد (برادفور و استیل، ۲۰۰۴). با توجه به مفروضات بالا منحنی جوانه‌زنی در مقابل زمان بصورت معادله (۲) نوشته می‌شود:

$$\text{probit}(g) = \frac{\left\{ \Psi - \left( \frac{\theta_H}{t_g} \right) \right\} - \Psi_{b(50)}}{\sigma_{\Psi b}} \quad (3)$$

در رابطه (۳)،  $\text{probit}(g)$  تابع پروبیت برای داده‌های درصد جوانه‌زنی تجمعی  $(g)$ ؛  $\Psi$ : پتانسیل آب بر حسب مگاپاسکال؛  $\theta_H$ : ضریب هیدروتایم (برحسب مگاپاسکال ساعت)؛  $t_g$ : زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی  $g$  درصد از بذور بر حسب ساعت؛  $\Psi_{b(50)}$ : پتانسیل پایه برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی بر حسب مگاپاسکال؛  $\sigma_{\Psi b}$ : انحراف معیار توزیع مقادیر پتانسیل پایه برای درصدهای مختلف جوانه‌زنی  $(\Psi_{b(g)})$  در جمعیت بذور می‌باشد که این ضریب بیانگر یکنواختی جوانه‌زنی می‌باشد.

برای استفاده از معادله (۳) در هر محموله بذری و در هر سطح پتانسیل آب، نسبت تجمعی جوانه‌زنی  $(g)$  در زمان  $(t_g)$  از روی نتایج حاصل از شمارش روزانه بذور جوانه‌زده به دست آمد. از نسبت‌های محاسبه شده برای هر یک از سطوح پتانسیل آب تابع  $\text{probit}$  گرفته شد (باید این نکته را در نظر داشت که در یک جمعیت نرمال استاندارد برای فراوانی ۰ و ۱۰۰ درصد مقدار  $Z$  به ترتیب برابر منفی و مثبت بی‌نهایت است که از نظر ریاضی این مقادیر مبهم می‌باشند. بنابراین در تجزیه مدل هیدروتایم مقدار جوانه‌زنی صد درصد به جای درصد آن عدد ۹۹ جایگزاری شد. در ضمن بعد از محاسبه نسبت تجمعی جوانه‌زنی برای هر تیمار در صورتیکه نسبت جوانه‌زنی تجمعی تکراری وجود داشت، مقادیر تکراری مربوط به زمان‌های بیشتر حذف شدند و فقط نسبتی که در کوچکترین زمان اتفاق افتاده بود در تجزیه داده‌ها لحاظ شد. در نهایت در نرم‌افزار SAS معادله (۳) به داده‌های پروبیت درصد جوانه‌زنی در مقابل زمان مورد نیاز برای جوانه‌زنی  $g$  درصد از بذور و پتانسیل آب برآزش داده شد و  $\Psi_{b(50)}$ ،  $\sigma_{\Psi b}$  و  $\theta_H$  برای محموله‌های بذری مختلف گندم برآورد شد.

۱- تابع پروبیت با میانگین صفر و انحراف معیار ۱، همان مقدار  $Z$  در تابع توزیع نرمال را برآورد می‌کند.

### نتایج و بحث

بین محموله‌های بذری مورد مطالعه گندم از نظر درصد جوانه‌زنی استاندارد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). بر خلاف آزمون جوانه‌زنی استاندارد، بین مقادیر درصد سبز شدن در مزرعه محموله‌های بذری مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). دامنه تغییرات درصد سبز شدن برای محموله‌های بذری مورد مطالعه بین ۶۹ تا ۸۳ درصد بود (جدول ۳).

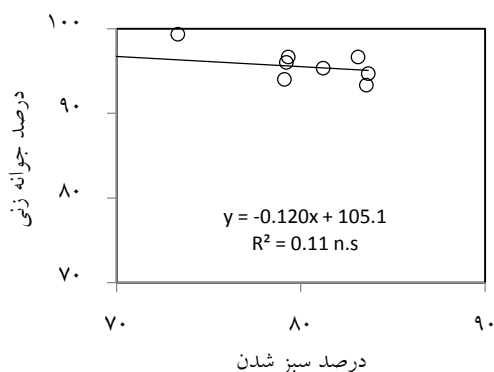
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس جوانه‌زنی استاندارد، سبز شدن در مزرعه و ضرایب مدل هیدروتایم  $\Psi_{b(50)}$ ، پتانسیل آب پایه؛  $\sigma_{\psi b}$ ، یکنواختی جوانه‌زنی؛  $\theta_H$ ، ضریب هیدروتایم) برای ۱۰ محموله بذری گندم با قدرت‌های مختلف

$\theta_H$ (مگا پاسکال ساعت)	$\sigma_{\psi b}$	$\Psi_{b(50)}$ (مگا پاسکال)	سبز شدن در مزرعه (درصد)	جوانه‌زنی استاندارد (درصد)	
۸۸/۵۰**	ns ۰/۰۵	۰/۰۵۳**	۲۵۵/۵۵*	۱۱/۹۱ ns	محموله‌های بذری
۱۱/۷۷	۰/۰۹	۰/۰۰۴	۱۱۶/۵۱	۷/۷۳	خطا
۶/۰۲	۲۳/۳۴	۳/۷۲	۱۳/۸۵	۲/۹۰	ضریب تغییرات (درصد)

ns و \*\*، \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در حدود اطمینان ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری

نتایج بررسی نشان داد که بین درصد جوانه‌زنی و درصد سبز شدن در مزرعه رابطه معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳). اختلاف بین درصد سبز شدن بذور محموله‌هایی که در آزمایشگاه درصد جوانه‌زنی یکسان داشتند بیانگر این مطلب است که آزمون جوانه‌زنی استاندارد معیار خوبی برای پیش‌بینی سبز شدن محموله‌های بذری نمی‌باشد. این نتایج با گزارشات بدست آمده توسط قادری‌فر و همکاران (۲۰۱۰) و خاوری و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. همپتون و کولبر (۱۹۹۰) گزارش کردند در صورتی که درصد جوانه‌زنی استاندارد توده‌ای کمتر از ۹۰ درصد باشد می‌توان بیان کرد محموله مورد نظر ضعیف است. درحالی که درصد جوانه‌زنی توده‌ها بالای ۹۰ درصد باشد نمی‌توان بیان کرد این محموله بذری دارای قدرت بالایی می‌باشد (روبرتس، ۱۹۸۴ به نقل همپتون و هیل، ۱۹۹۰).





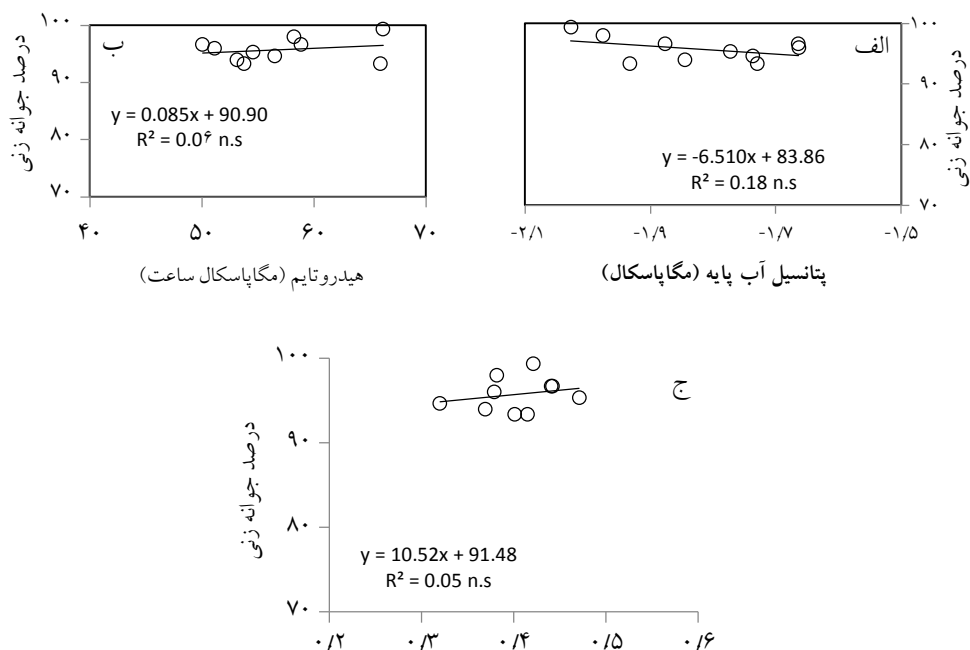
شکل ۳. رابطه بین درصد سبزشدن ۱۰ محموله بذری گندم در مزرعه با درصد جوانه‌زنی استاندارد

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین جوانه‌زنی استاندارد، سبزشدن در مزرعه و ضرایب مدل هیدروتایم  $\Psi_{b(50)}$ ، پتانسیل آب پایه؛  $\sigma_{\psi b}$ ، یکنواختی جوانه‌زنی؛  $\theta_H$ ، ضریب هیدروتایم) برای ده محموله گندم با قدرت‌های مختلف.

محموله	جوانه‌زنی استاندارد (درصد)	سبزشدن در مزرعه (درصد)	$\Psi_{b(50)}$ (مگاپاسکال)	$\sigma_{\psi b}$	$\theta_H$ (مگاپاسکال ساعت)
۱	۹۶/۶۶	۷۸/۷۷ abc	-۱/۸۳ bc	۰/۴۴	۵۴/۶۸ b
۲	۹۵/۳۳	۸۰/۸۸ ab	-۱/۷۷ ab	۰/۴۷	۵۴/۵۲ bcd
۳	۹۳/۳۳	۶۹/۶۶ c	-۱/۹۳ cd	۰/۴۱	۶۵/۸۹ a
۴	۹۴/۰۰	۷۹/۰۰ abc	-۱/۹۴ cd	۰/۳۹	۵۶/۱۰ bc
۵	۹۶/۶۶	۸۳/۰۰ ab	-۱/۶۶ a	۰/۴۴	۵۰/۰۴ d
۶	۹۳/۳۳	۸۲/۷۷ a	-۱/۷۲ ab	۰/۴۰	۵۳/۵۷ bcd
۷	۹۹/۳۳	۷۳/۱۱ bc	-۲/۰۲ d	۰/۴۲	۶۶/۱۶ a
۸	۹۶/۰۰	۷۹/۰۰ abc	-۱/۶۶ a	۰/۳۷	۵۱/۱۳ cd
۹	۹۴/۶۶	۸۳/۳۳ a	-۱/۷۳ ab	۰/۳۲	۵۶/۴۶ bc
۱۰	۹۸/۰۰	۶۹/۳۳ c	-۱/۹۷ d	۰/۳۸	۵۸/۱۸ b
LSD	۴/۷۳ns	۱۰/۰۳*	۰/۱۲**	۰/۱۶ns	۵/۸۴**

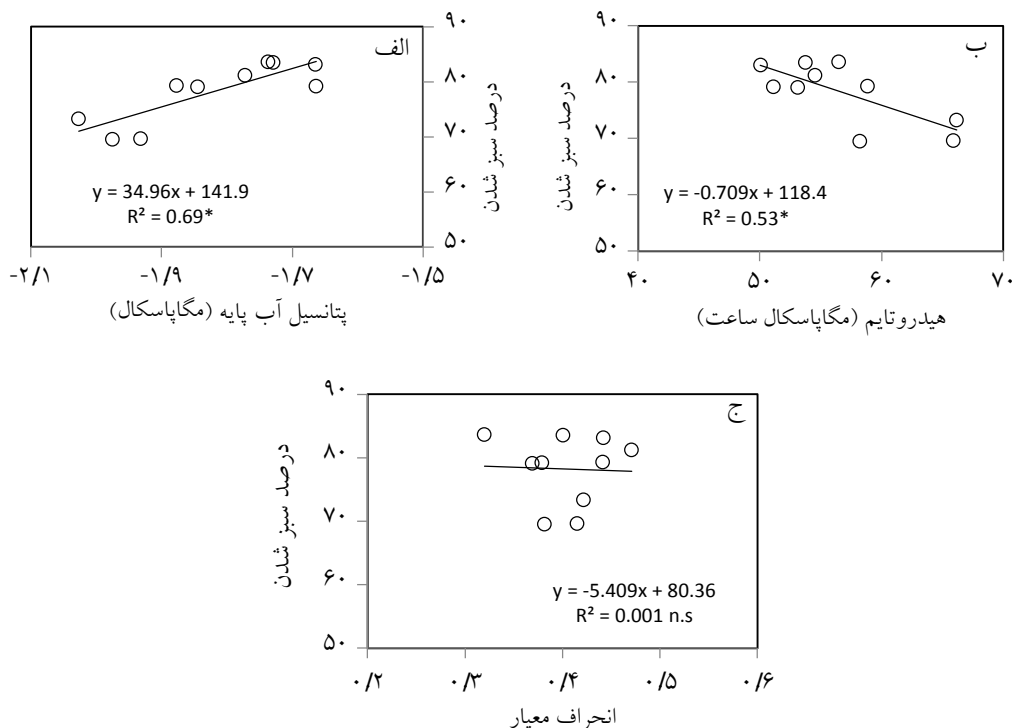
نتایج خروجی مدل هیدروتایم برای محموله‌های بذری مورد مطالعه نشان داد برخلاف نتایج آزمون جوانه‌زنی استاندارد، بین محموله‌های بذری مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از لحاظ ضرایب هیدروتایم وجود دارد. در جدول (۳) ضرایب مدل هیدروتایم برای محموله‌های بذری مختلف گندم ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در محموله‌های بذری مورد مطالعه بین ضرایب هیدروتایم ( $\theta_H$ )

و ضریب پتانسیل پایه برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی ( $\Psi_{b(50)}$ ) اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی محموله‌ها از نظر یکنواختی جوانه‌زنی ( $\sigma_{\Psi b}$ ) اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). دامنه تغییرات ضریب هیدروتایم برای محموله‌های بذری مورد مطالعه بین ۵۰ تا ۶۶ مگاپاسکال ساعت به دست آمد (جدول ۳). بیشترین ضریب هیدروتایم مربوط به محموله‌های بذری ۳ و ۷ (۶۶) مگاپاسکال ساعت) بود. این در حالی بود که کمترین مقادیر هیدروتایم در محموله بذری ۵ (۵۰ مگاپاسکال ساعت) مشاهده شد. دامنه تغییرات ضریب  $\Psi_{b(50)}$  برای محموله‌های بذری مورد مطالعه بین ۱/۷- تا ۲- مگاپاسکال بود (جدول ۳). از نظر ضریب  $\Psi_{b(50)}$  بیشترین مقدار در محموله‌های بذری ۵ (۱/۶۶- مگاپاسکال) و ۸ (۱/۶۶- مگاپاسکال) مشاهده بود. کمترین مقدار برای ضریب  $\Psi_{b(50)}$  در محموله‌های بذری ۷ (۲/۰۲- مگاپاسکال) و ۱۰ (۱/۹۷- مگاپاسکال) به دست آمد. رابطه معنی‌داری بین ضرایب مدل هیدروتایم با درصد جوانه‌زنی استاندارد توده‌های بذری مشاهده نشد (شکل ۴).

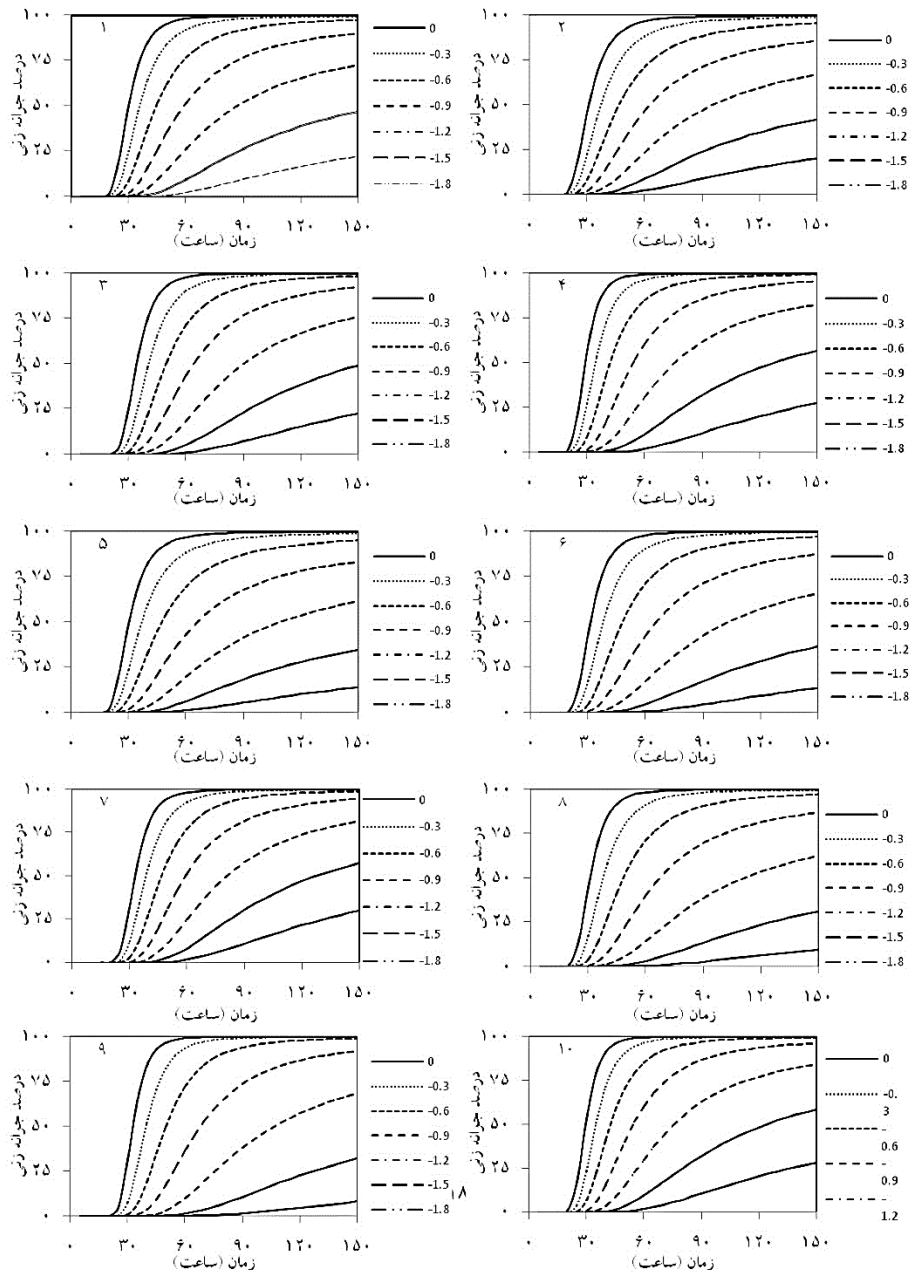


شکل ۴. رابطه بین درصد جوانه‌زنی استاندارد ۱۰ محموله بذری گندم مختلف با پارامترهای مدل هیدروتایم (الف) رابطه بین پتانسیل آب پایه با درصد جوانه‌زنی استاندارد و (ب) رابطه هیدروتایم با درصد جوانه‌زنی استاندارد

نتایج حاکی از آن است که بین ضریب هیدروتایم و پتانسیل آب پایه ۵۰ درصد با درصد سبز شدن در مزرعه ارتباط معنی داری وجود دارد. به عبارت دیگر محموله‌های بذری که در مزرعه بیشترین درصد سبز شدن را دارند دارای کمترین مقدار هیدروتایم هستند (شکل ۵ ب). بنابراین هر چه ضریب هیدروتایم برای محموله‌ی بذری کوچک‌تر باشد بیان‌گر قدرت بیشتر محموله بذری می‌باشد. رابطه بین درصد سبز شدن و  $\Psi_{b(50)}$  نیز معنی دار بود. در محموله‌های بذری که دارای درصد سبز شدن بیشتری بودند مقدار  $\Psi_{b(50)}$  بیشتر بود (شکل ۵ ب). در شکل (۶) روند پیش‌بینی درصد جوانه‌زنی در سطوح خشکی مختلف توسط خروجی حاصل از مدل هیدروتایم در هر یک از توده‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۵. رابطه بین درصد سبز شدن در مزرعه برای ۱۰ محموله بذری گندم دارای قدرت‌های مختلف با پارامترهای مدل هیدروتایم نمودار (الف) رابطه بین پتانسیل آب پایه با درصد سبز شدن در مزرعه، (ب) رابطه هیدروتایم با درصد سبز شدن در مزرعه و نمودار (ج) رابطه انحراف معیار مدل هیدروتایم با درصد سبز شدن در مزرعه



شکل ۶. روند پیش‌بینی درصد جوانه‌زنی تجمعی در طول زمان توسط مدل هیدروتایم برای سطوح خشکی مختلف در هر یک از محموله‌های مورد مطالعه

ضریب  $\theta_H$  شاخصی برای سرعت جوانه‌زنی است. هر چه مقدار این ضریب کوچک‌تر باشد سرعت جوانه‌زنی بیشتر خواهد بود (کاردوسو و بیانکونی، ۲۰۱۳). ضریب  $\Psi_{b(50)}$  به عنوان شاخصی برای نشان دادن میزان مقاومت محموله بذری به پتانسیل آب است. هر چه مقدار این شاخص منفی‌تر باشد میزان مقاومت به پتانسیل آب بیشتر خواهد بود (برادفور و استیل، ۲۰۰۴). در این مطالعه رابطه بین درصد سبز شدن در مزرعه با مقدار پتانسیل پایه به دست آمده برای هر محموله عکس این گزارش بود. این تناقضات در ارتباط با ضریب  $\Psi_{b(50)}$  در سایر مطالعات نیز هم مشاهده شده است. داهال و برادفورد (۱۹۹۰) گزارش کردند در توده‌هایی که توسط پرایمینگ قدرت بذور افزایش یافته بود ضریب  $\theta_H$  نسبت به تیمار شاهد کوچک‌تر شد اما مقدار ضریب  $\Psi_{b(50)}$  نسبت به تیمار شاهد بزرگ‌تر (مثبت‌تر) بود. ضریب انحراف معیار در مدل هیدروتایم به عنوان شاخصی از یکنواختی جوانه‌زنی محموله بذری است. هر چه مقدار این ضریب کوچک‌تر باشد یکنواختی جوانه‌زنی در محموله بذری بیشتر خواهد بود (برادفور و استیل، ۲۰۰۴).

به نظر می‌رسد در مدل هیدروتایم ضریب  $\theta_H$  معیار مناسب‌تری برای بررسی قدرت توده‌ای بذری باشد. ضریب  $\theta_H$  می‌تواند به عنوان شاخصی برای تعیین قدرت بذور توده‌های مختلف باشد (داهال و برادفور، ۱۹۹۰). وینداور و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند در توده‌های بذری گیاه لسکورلا که تیمار پرایمینگ شده بودند قدرت بذر افزایش پیدا کرد و درصد سبز شدن در مزرعه نسبت به بذرها شاهد بیشتر شد. در بذور پرایمینگ شده مقدار ضریب  $\theta_H$  نسبت به بذور شاهد کاهش پیدا کرد. برادفورد و استیل (۲۰۰۴) چهار محموله کلم بروکلی را با مدل هیدروتایم مورد ارزیابی قرار دادند. نامبردگان گزارش کردند توده‌هایی که دارای ضریب  $\theta_H$  بزرگ‌تر و  $\Psi_{b(50)}$  مثبت‌تر باشند به عنوان توده‌های ضعیف شناخته می‌شوند.

به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر این مطلب است که مدل هیدروتایم و خروجی آن (به خصوص ضریب هیدروتایم) قابلیت بالایی در تفکیک محموله‌های بذری ضعیف و قوی گندم دارد و این مدل را می‌توان به عنوان یکی از آزمون‌های قدرت بذر گندم پیشنهاد کرد. البته برای اطمینان بیشتر در مورد توانایی این مدل در پیش‌بینی سبزشدن پیشنهاد می‌شود از این مدل در محموله‌های بذری دیگر گندم و سایر گیاهان استفاده کرد تا بتوان با اطمینان بیشتری از قدرت این مدل بهره جست.

## تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از آقای مهندس سید مجید عالی‌مقام به دلیل همکاری صمیمانه و کمک در تجزیه و تحلیل داده‌ها تشکر و قدردانی نمایند.

## منابع

1. Bakhshande, E., Ghadiryan, R., Galeshi, S., and Soltani, E. 2011. Modelling the effects water stress and temperature on seed germination of Soybean (*Glycine max* L.) and Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* med.). J. Plant Prod., 18: 29-48.
2. Bradford, K.J. 1990. A water relation analysis of seed germination rates. Plant Physiol., 94: 840-849.
3. Bradford, K.J. 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Sci., 50: 248-260.
4. Bradford, K.J., and Somasco, O.A. 1994. Water relations of lettuce seed thermoinhibition. I. Priming and endosperm effects on base water potential. Seed Sci. Res., 4: 1-10.
5. Bradford, K.J., and Still, D.W. 2004. Application of hydrottime analysis in seed testing. Seed Technol., 26: 74-85.
6. Cardoso, V.J.M., and Bianconi, A. 2013. Hydrottime model can describe the response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds to temperature and reduced water potential. Bio Sci., 35: 255-261.
7. 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. J. Exp. Bot., 41: 1441-1453.
8. Farzaneh, S. and Soltani, E. 2011. Relationships between Hydrottime parameters and seed vigor in sugar beet. Seed Sci. Biotech., 5: 7-10.
9. Ghaderi-Far, F., and Soltani, A. 2010. Seed testing and control. Publications of the Jihad-e Daneshgahi of the Mashhad University. 200 pp.
10. Ghaderi-Far, F., Bakhshandeh, E., and Ghadirian, R. 2010. Evaluating seed quality in sesame (*Sesamum indicum* L.) by the accelerated ageing test. Seed Technol., 32: 69-72.
11. Hampton, J.G., and Coolbear, P. 1990. Potential versus actual seed performance - can vigor testing provide an answer? Seed Sci. Technol., 18: 215-228.
12. International Seed Testing Association (ISTA). 2009. Handbook of Vigor Test Methods. 3rd Edn., International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
13. Jacobsen, S.E., and Bach, A.P. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa *Chenopodium quinoa* Wild. Seed Sci. Technol. 26: 515-523.

14. Khavari, F., Ghaderi-Far., F., and Soltani, E. 2009. Laboratory tests for predicting seedling emergence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Seed Technol., 31: 189-193.
15. Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant physiol., 51:914-916.
16. Noli, E., Casarini, G., Urso, G., and Conti, S. 2008. Suitability of three vigor test procedures to predict field performance of early sown maize seed. Seed Sci. Technol., 36: 168-176.
17. Ouled Belgacem, A., Neffati, M., Papanatasis, V.P., and Chaieb, M. 2006. Effects of seed age and seedling depth on growth of *Stipa lagascae* R. and Sch. seedlings. J. Arid Environ., 65:682-687.
18. Soltani, A. 2011. Seed germination response of *Haloxylon persicum* (*Chenopodiaceae*) to different hydrothermal conditions and sand burial depths. Cas. J. Environ., Sci. 9: 211-221.
19. Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agri. For. Meteorol., 138: 156-167.
20. Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol., 30: 51-60.
21. Still, D.W., and Bradford, K.J. 1998. Using hydrotim and ABA-time models to quantify seed quality of Brassicas during development. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 123:692-699.
22. Windauer, L., Altuna, A., and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotim analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Indus Crops Prod., 25:70-74.



## Application of hydrotime model to predict seed lots emergence of wheat

R. Rabbani Mohamadieh<sup>\*1</sup>, F. Ghaderi-Far<sup>2</sup>, A. Soltani<sup>3</sup>  
and H.R. Sadeghipour<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc student, Associate Professor and Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, <sup>4</sup>Department of Biology, Golestan University

Received: 07/03/2013 ; Accepted: 11/02/2013

### Abstract

Hydrotime analysis of seed lots allows them to be ranked according to their potential for successful emergence. An experiment was done on 10 wheat seed lots (N-80-19 cv) to evaluate water potential for determining seed vigor by hydrotime analysis in research field and seed research laboratory on the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Seed lots were planted in complete block design with three replications in field. Water potential was created with PEG6000 at seven levels (0, -0.3, -0.6, -0.9, -1.2, -1.5, and -1.8 MPa). Maximum germination percent for all seed lots were same. Because there were significant differences in maximum emergence percent in field for seed lots it was demonstrated that seed lots vigor were significantly different. According to hydrotime model's parameters, the seed lots that had more emergence their hydrotime constant ( $\theta_H$ ) were lower, but their base water potential ( $\Psi_{b(50)}$ ) were higher. Uniformity constant ( $\sigma_{\psi_b}$ ) for all seed lots were same. Unlike the maximum germination percent result, the hydrotime model output results showed that there is difference in terms of seed lots vigor among this study's seed lots. This study results demonstrate that hydrotime model has a great ability in determining wheat seed lots vigor. This model can predict emergence percentage in stressful situations.

**Keywords:** Hydrotime; Water potential; Seed vigor; Emergence; Wheat

---

\*Corresponding author; rabbani.reyhaneh@yahoo.com