برآورد زمان آبی گرمایی مورد نیاز سبزشدن دو علف‌هرز جودره (Hordeum spontaneum Koch.) و کاهوی وحشی(*Lactuca serriola* L.)

Estimation of hydrothermal time required for emergence of two weed species Hordeum spontaneum Koch. and *Lactuca serriola* L.

سمیه تکاسی[1*]، ابراهیم کازرونی منفرد[2]، پرویز رضوانی مقدم[3]، مهدی نصیری محلاتی[4]

۱. سمیه تکاسی:استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. ابراهیم کازرونی منفرد: استادیار دانشگاه جامع علمی کاربردی گیلان-رشت، ایران.
۳. پرویز رضوانی مقدم: استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۴. مهدی نصیری محلاتی: استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.125371.1386

چکیده

تکاسی، س.، کازرونی منفرد، ا.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م. **.برآورد زمان آبی گرمایی مورد نیاز سبزشدن دو علف‌هرز جودره (Hordeum spontaneum Koch.) و کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.)**
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۲- پیاپند ۱۲۷ تابستان ۱۳۹۹ صفحه: ۹۴-۱۱۴

برای برآورد درصد و زمان آبی‌گرمایی سبزشدن جودره (*spontaneum* L.) و کاهوی وحشی (*serriola* L.)، در دما و رطوبت های مختلف با کاربرد مدل زمان آبی‌گرمایی، دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد (°C) و پتانسیلهای آبی ۰/۰۴۵- و ۰/۱۷۲- مگاپاسکال (MPa) در آزمایشگاه و تاریخ کشت های مهر و آبان (برای جودره) و اسفند، فروردین و اردیبهشت (برای کاهوی وحشی) و سه فاصله آبیاری (سه، پنج و هفت روز) در مزرعه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمایشگاهی نشان داد بیشترین و کمترین سبزشدن جودره به ترتیب ۹۲/۶ و ۶۶/۳ درصد در ۱۵°C، ۰/۰۴۵- MPa و ۲۵°C، ۰/۱۷۲- MPa و کاهوی وحشی به ترتیب ۹۵/۵ و ۲۰ درصد در ۱۵°C، ۰/۰۴۵- MPa و ۳۵°C، ۰/۱۷۲- MPa بود. بیشترین و کمترین زمان گرمایی ٪۵۰ سبزشدن جودره به ترتیب ۲۰۹/۶ و ۹۹/۸ سانتیگراد-روز در ۲۵°C، ۰/۰۴۵- MPa و ۱۵°C، ۰/۱۷۲- MPa و کاهوی وحشی به ترتیب ۷۰ و ۴۹/۷ سانتیگراد-روز در ۱۵°C، ۰/۱۷۲- MPa و ۳۵°C، ۰/۱۷۲- MPa برآورد شد. نتایج مزرعه ای نشان داد بیشترین سبزشدن جودره و کاهوی وحشی به ترتیب۹۷/۶ و ۵۶/۲ درصد در آبان در فاصله آبیاری سه روز و فروردین در فاصله آبیاری پنج روز و کمترین به ترتیب ۷۲/۸ و ۲۱/۳ درصد در مهر، فاصله آبیاری سه روز و اردیبهشت، فاصله آبیاری هفت روز برآورد شد. بیشترین زمان آبی گرمایی ٪۵۰ سبزشدن جودره و کاهوی وحشی به ترتیب۳۸۴/۲ و ۱۷۹/۲ مگاپاسکال-سانتیگراد روز در مهر، فاصله آبیاری هفت روز و اردیبهشت، فاصله آبیاری پنج روز و کمترین به ترتیب۸۴/۶ و ۴۳/۳ مگاپاسکال-سانتیگراد روز در آبان، فاصله آبیاری سه روز و اسفند، فاصله آبیاری سه روز برآورد شد.

واژه های کلیدی: پتانسیل آب، دمای خاک، علف های‌هرز، سبزشدن بذر، مگاپاسکال سانتیگراد روز.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: stokasi@yahoo.com

مقدمه:

جوانه زنی بذر و استقرار گیاهچه از مراحل بحرانی چرخه زندگی هر گیاهی می باشند که موفقیت بسیاری از گونه های گیاهی به زمان مناسب جوانه زنی و شرایط محیطی استقرار گیاهچه وابسته است (Chauhan & Johnson, 2008; Derakhshan & Gharineh, 2015). در کشاورزی نوین داشتن اطلاعات اکولوژیکی علف های هرز مهم و خطرساز برای مدیریت آنها ضروری می باشد و با شناخت الگوی ظهور علف‌های هرز در مزرعه می توان در زمان مناسب اقدام به مدیریت آنها نمود (Derakhshan *et al.,* 2013). دو عامل محیطی تأثیرگذار بر جوانه زنی و سبزشدن، آب و دمای خاک می باشند (Zhou & Deckard, 2005 Guan *et al.,* 2009). بذور هر گونه گیاهی دارای پتانسیل آب پایه مخصوص می باشند که در پتانسیل های کمتر از آن جوانه نمی زنند. همچنین پتانسیل آب، سرعت جوانه زنی و درصدی از بذور که جوانه دار خواهند شد را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. تنش خشکی می تواند باعث کاهش، تأخیر و حتی جلوگیری از جوانه زنی و سبزشدن شود (Zhou & Deckard, 2005). پس از آب، دما مهم ترین عامل تعیین کننده جوانه زنی و سبزشدن است (Derakhshan & Gherekhloo, 2015). دما همچنین نقش مهمی را در طول دوره جوانه زنی و سبزشدن ایفا می کند (Guan *et al.,* 2009). روابط آبی دمایی جوانه زنی و سبز شدن با استفاده از مدل «زمان آبی گرمایی[1]» توصیف می شود (Derakhshan *et al.,* 2014). در این مدل از دو متغیر دما (میانگین دمای روزانه خاک) و رطوبت خاک برای پیش‌بینی جوانه‌زنی و سبزشدن استفاده می شود (Derakhshan *et al.,* 2014; Schutte *et al.,* 1984). این مدل برای پیش بینی جوانه زنی و سبز شدن علف های هرز مشکل ساز، به ویژه گونه های مهاجم خطرساز و مدیریت بهینه آنها و پیش بینی تهاجم به مناطق جدید بسیار مفید و کاربردی است (Tokasi *et al.,* 2017). مدل زمان حرارتی رطوبتی یک ابزار مؤثر برای مطالعه جوانه زنی در شرایط واقعی و متغیر است (Saberali & Naser, 2018). برآورد پارامترهای این مدل ، این توانایی را ایجاد می کند که میزان جوانه زنی و سبزشدن گیاه را در شرایط مزرعه و با توجه به عوامل محدودکننده احتمالی تعیین کرد. همچنین امکان تخمین پتانسیل یک منطقه را برای زمان جوانه زنی و سبز شدن یک گونه گیاهی خاص پیش بینی کرده و امکان تخمین اثر گرمایش جهانی بر جوانه زنی گونه های مورد نظر نیز فراهم می شود. این مدل ها برای تخمین جمعیت و تراکم گونه های گیاهی در مطالعات اکولوژیکی نیز به کار می روند. تحقیقات زیادی در زمینه کاربرد مدل های زمان آبی گرمایی بر روی گونه های مختلف علف هرزی صورت گرفته است (Derakhshan & Gherekhloo, 2015; Tokasi *et al.,* 2017 ؛ Derakhshan *et al.,* 2014; Beheshtian Mesgaran *et al.,* 2013 ; Derakhshan *et al.,* 2013).

علف هرز جودره[2] با نام علمی *Hordeum spontaneum* Koch، گیاهی یک ساله زمستانه

[1] Hydrothermal time model

[2] Wild barley

گرامینه[۳] می باشد که با بذر تکثیر می یابد و از علف های هرز مهاجم، سمج و غالب مزارع گندم و جو است و در بیش از ۱۶ استان کشور علف‌هرزی مشکل‌زا است. تشخیص این علف هرز در مراحل اول رویش از گندم مشکل می‌باشد. از طرفی نیز توصیه های مدیریتی برای کنترل جودره در گندم بر اساس مراحل رشدی این علف هرز می باشد. همچنین تعیین زمان دقیق کاربرد علف کش های پس رویشی بر اساس فنولوژی تطبیقی جودره و گندم و بر اساس نیاز حرارتی آنها (درجه-روز رشد) می‌باشد که علاوه بر افزایش کارایی در مبارزه شیمیایی، باعث صرفه جویی در هزینه های مدیریت علف های هرز و کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه علف کش ها نیز می تواند شود (Baghestani *et al., 2007*; 2008). کاهوی وحشی با نام علمی *Lactuca serriola* L. علف هرزی یکساله زمستانه از خانواده کاسنی[۴] است. این علف هرز قادر است به سرعت در مناطق دست کاری شده به عنوان گونه پیشاهنگ گسترش یابد. تغییر اقلیم باعث افزایش تعداد محیط‌های مناسب این گونه شده است. این علف هرز در بسیاری از مزارع با شخم حفاظتی، باغات و تاکستان ها می تواند مشکل ساز شود (Lebeda *et al.*, 2009). بر اساس موارد بیان شده با توجه به اهمیت دو علف هرز زمستانه مهم جودره و کاهوی وحشی، این آزمایش با هدف پیش بینی زمان ظهور دو گونه علف هرز در شرایط مزرعه با استفاده از دما و رطوبت خاک با کاربرد مدل زمان آبی گرمایی طراحی و اجراء شد.

مواد و روش ها

بذور دو گونه علف هرز جودره و کاهوی وحشی از شهرستان مشهد (به ترتیب از مزارع گندم مزرعه نمونه آستان قدس رضوی، محوطه پردیس دانشگاه فردوسی مشهد) جمع آوری شد. برای شکست خواب کاهوی وحشی و جودره، چهار روز سرمادهی خیس در دمای ۵ درجه سانتی گراد اعمال شد (Kazerooni Rashed Mohassel *et al.,* Monfared, 2012 ; 2012).

آزمایش در محیط کنترل شده:

این آزمایش در سه دما و دو پتانسیل آبی به منظور بررسی جوانه‌زنی و سبزشدن دو گونه علف‌هرز انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. این آزمایش بر اساس رابطه بین جوانه‌زنی بذر در پتری دیش و سبزشدن گیاهچه در خاک در محیط کنترل شده طراحی شد. بذرها در پتری دیش جوانه دار شده و برای سبزشدن در جعبه‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۳۵×۵۰ سانتی‌متر که با خاک مزرعه پر شده بودند کشت شدند. خاک مزرعه (از مزرعه‌ای که آزمایشات مزرعه ای در آن انجام شد برداشته شد) پس از الک شدن با الک مش ۴ (اندازه سوراخ الک ۴/۷۵ میلی‌متر) در آون خشک و سپس در جعبه‌های پلاستیکی ریخته شد. ظرفیت زراعی خاک تعیین شد و بسته به تیمار تنش خشکی به جعبه‌ها آب اضافه گردید. تیمارهای خشکی شامل ظرفیت زراعی و ۷۰٪

---

۳ *Gramineae*
٤ *Asteraceae*

ظرفیت زراعی بود (منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده توسط صفحات فشاری تعیین و بر اساس آن پتانسیل آبی خاک در ظرفیت زراعی و ۷۰٪ ظرفیت زراعی به ترتیب ۰/۰۴۵ و ۰/۱۷۲ مگاپاسکال به دست آمد) و تیمارهای دمایی شامل دماهای متناوب ۱۰/۲۰، ۲۰/۳۰ و ۳۰/۴۰ درجه سانتی گراد (روز/شب) در نظر گرفته شد. پس از آماده‌سازی خاک جعبه‌ها و اضافه‌کردن مقدار آب مورد نیاز به آنها، ۴۸ ساعت قبل از کاشت در دمای مورد آزمایش قرار داده شدند. پس از آن بذرها در عمق ۱ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شدند. برای ثابت نگه داشتن رطوبت خاک، تمامی جعبه‌ها درون کیسه‌های پلاستیکی شفاف قرار گرفتند. شمارش جوانه‌زنی و سبزشدن به‌صورت روزانه و به مدت یک ماه ادامه یافت. بوته‌های سبز شده از خاک پس از هر شمارش از سطح خاک حذف شدند. روزانه و پس از شمارش بذرهای جوانه‌زده، جعبه‌ها وزن و در صورت نیاز به آنها آب اضافه می‌شد. هم زمان پتری دیش‌های حاوی بذر برای بررسی روند جوانه زنی نیز در همان ژرمیناتور (اتاقک رشد) قرار داده شدند. برای هر تیمار چهار گروه ۲۵ عددی بذر از هر گیاه انتخاب و بعد از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم یک درصد روی دو لایه کاغذ صافی واتمن در پتری‌دیش ۹ سانتی متری قرار داده شدند. تمام پتری دیش‌ها درون سینی پلاستیکی که کف آن دارای پارچه مرطوب بود چیده شدند و در داخل کیسه پلاستیکی شفاف قرار داده شدند تا تبخیر آب آنها حداقل باشد. شمارش جوانه زنی به‌صورت روزانه انجام و خروج ریشه‌چه از پوسته به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد و بذرهای جوانه‌دار پس از شمارش از پتری دیش‌ها حذف شدند. شمارش تا زمانی که جوانه‌زنی به مدت ۳ تا ۵ روز متوقف می‌شد ادامه و پس از آن پایان یافت.

آزمایش مزرعه ای:

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. فاکتورها شامل تاریخ کاشت (جهت ایجاد دماهای مختلف خاک) و فاصله آبیاری (جهت ایجاد پتانسیل های مختلف آب) بودند. کاشت در کرت هایی به مساحت ۱ متر مربع (که ۰/۵ متر از اطراف با کرت های مجاور فاصله داشت) در ۳ ردیف و به تعداد ۱۰۰ بذر در عمق ۰/۵ تا ۱ سانتی متری خاک انجام شد. برای گونه جودره دو تاریخ کاشت اول مهرماه و اول آبان ماه و برای کاهوی وحشی سه تاریخ کاشت اول اسفند ماه، اول فروردین و اول اردیبهشت ماه در نظر گرفته شد. سه فاصله آبیاری شامل سه روز یک بار (i)، پنج روز یک بار (ii) و هفت روز یک بار (iii) توسط سیستم آبیاری تحت فشار و با کنتور و حجم معین آب انجام شد. دیده بانی و داده‌برداری از مزرعه روزانه انجام شد و گیاهچه های قابل مشاهده در سطح خاک شمارش و حذف می شدند و شمارش به مدت ۳۰ روز انجام شد. در طول آزمایش، دما و پتانسیل رطوبتی خاک در ۳ کرت از هر دور آبیاری در طول آزمایش به‌صورت تصادفی توسط دستگاه Water Potential Meter و TDR[5]

[5] Time Domain Reflectometer

روزانه اندازه گیری شد.

تجزیه آماری:

برای داده‌های سبزشدن در اتاقک رشد و مزرعه در مقابل زمان گرمایی و زمان آبی‌گرمایی مدل رگرسیونی سیگموئیدی سه پارامتری (معادله ۱) برازش داده شد (Wang, 2005).

$$Y = \frac{a}{1+\exp(\frac{-(T-X0)}{b})}$$ معادله (۱)

Y= درصد سبزشدن تجمعی، A: حداکثر درصد سبزشدن برای Y، T: زمان گرمایی یا زمان آبی‌گرمایی، X_0: زمان تا ۵۰٪ سبزشدن، B: ضریب ثابت مدل

متوسط زمان سبزشدن با استفاده از معادله ۲ محاسبه گردید (Scott *et al.*, 1984)[۶].

$$MET = \frac{\sum T_i N_i}{\sum N_i}$$ معادله (۲)

Ti: شماره روزی که شمارش انجام شده است، Ni: تعداد بذر سبزشده در روز i

به منظور بررسی و مقایسه جوانه‌زنی و سبزشدن، ابتدا دماهای متناوب ۱۰/۲۰، ۲۰/۳۰ و ۳۰/۴۰ درجه سانتی گراد (روز/شب) با معادله (۳) به دمای ثابت ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد تبدیل شد. سپس زمان گرمایی توسط معادله ۳ برای همه پتانسیل‌ها و دماها محاسبه گردید.

Constant temperature= max temperature* hour day+ min temperature *hour night/24

درصد جوانه‌زنی و سبزشدن تجمعی در مقابل زمان گرمایی رسم شد و بعد مدل سیگموئیدی سه پارامتری (معادله ۱) بر آنها برازش داده شد و زمان گرمایی تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و سبزشدن و همچنین حداکثر درصد جوانه‌زنی و سبزشدن به دست آمد (Ghanbari, 2004 ; King & Oliver, 1994). برای محاسبه زمان گرمایی و زمان آبی گرمایی سبزشدن از معادله‌های ۴ و ۵ استفاده شد.

$$\theta_T = \sum_1^t (T - T_b)$$ معادله (۴)

$$\theta_{HT} = \sum_1^t (T - T_b)(\Psi - \Psi_b)$$ معادله (۵)

θ_T: زمان گرمایی، θ_{HT}: زمان آبی‌گرمایی، T: دما، T_b: دمای پایه ψ_b: پتانسیل پایه و t: زمان می‌باشد.

θ_T: زمان گرمایی، θ_{HT}: زمان آبی‌گرمایی، T: دما، T_b: دمای پایه ψ_b: پتانسیل پایه و t: زمان می‌باشد.

مقدار مگاپاسکال- درجه سانتی گراد- روز مورد نیاز برای سبزشدن گونه ها در طول فصل کاشت بر اساس دمای پایه و پتانسیل پایه که توسط این مدل در آزمایشگاه به دست آمده بود و همچنین با استفاده از رطوبت و دمای روزانه خاک محاسبه گردید و سپس درصد سبزشدن تجمعی در مقابل زمان آبی- گرمایی رسم شد و مدل سیگموئیدی سه پارامتری برآن برازش داده شد تا حداکثر درصد سبزشدن و همچنین مقدار مگاپاسکال- درجه سانتی گراد روز مورد نیاز برای ۵۰ درصد سبزشدن بذور برآورد گردد (Ghanbari, 2004). برای مقایسه اثر متقابل فاصله آبیاری و تاریخ کاشت از روش برش دهی استفاده شد (Akram Ghaderi *et al.*, 2008) به این گونه که مقایسه تیمارهای فاصله آبیاری در هر تاریخ کاشت به‌صورت جداگانه

۶ تمام صفات مذکور توسط برنامه Germination Calculate که توسط نویسنده دوم و دکتر محمد زارع مهرجردی با نرم افزار Excel تهیه شد محاسبه گردید.

انجام شد. با مدل های «زمان آبی گرمایی» و از دو متغیر دما و رطوبت برای پیش بینی سبزشدن استفاده شد:

معادله (۶)

$$\theta_H = \Psi - \Psi_b$$

$$\theta_T = T - T_b$$

$$if\ \Psi > \Psi_b\ then\ \theta_H = 1$$

$$else\ \theta_H = 0$$

$$\theta_{HT} = \sum \theta_T \times \theta_H$$

در رابطه بالا $\theta_T\theta_T$ = زمان گرمایی، $\theta_H\theta_H$ = زمان آبی، T= میانگین دمای روزانه خاک (یا هوا)، T_b = دمای پایه سبزشدن، $\Psi\Psi$ = میانگین روزانه پتانسیل آب در خاک، $\Psi_b\Psi_b$ = پتانسیل پایه سبزشدن، $\theta_{HT}\theta_{HT}$ =زمان آبی‌گرمایی می باشند. همان گونه که از رابطه های بالا پیداست در این مدل تجمع درجه حرارت تنها هنگامی انجام می پذیرد که پتانسیل خاک بیشتر از پتانسیل پایه سبزشدن گیاه باشد. این مدل ها فرآیند جوانه زنی را از سبزشدن جدا نمی کنند و رابطه زمان گرمایی و رطوبتی با درصد سبزشدن را با یک مدل رگرسیونی که معمولاً تابع سیگموئیدی است توصیف می کنند.

تجزیه واریانس داده‌های مزرعه و برازش مدل‌های زمان آبی و زمان آبی‌گرمایی با نرم افزار SAS 9.2 صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. و برای برازش بقیه مدل‌ها از نرم افزار Sigmaplot 11.0 استفاده شد. برای رسم برخی از نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد. قبل از آنالیز واریانس بر روی داده‌های درصد (جوانه زنی یا سبزشدن) تبدیل زاویه ای (Arc sinx) انجام شد.

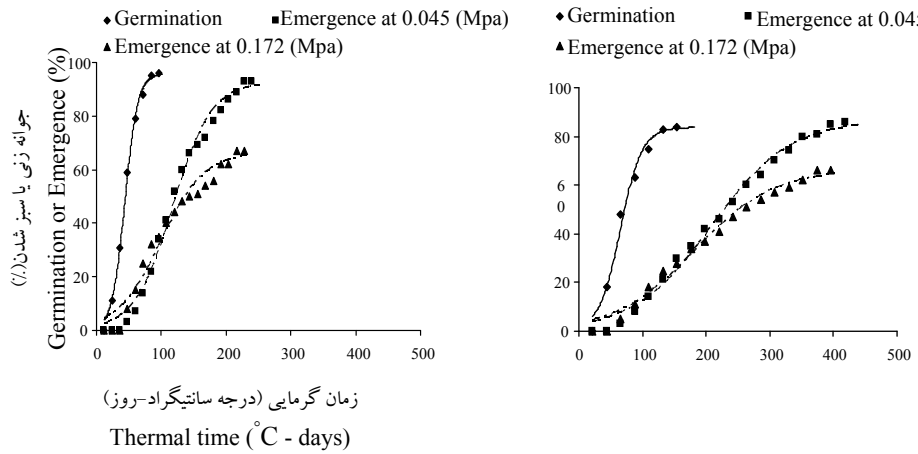
نتایج و بحث

اثر دما و پتانسیل آب بر جوانه زنی و سبزشدن و محاسبه زمان گرمایی در محیط کنترل شده

نتایج نشان داد که بذرهای جودره در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد جوانه زنی و سبزشدن داشتند ولی در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد قادر به جوانه‌زنی و سبزشدن نبودند (جدول۱). اختلاف جوانه‌زنی و سبزشدن در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد حدود ۳ درصد بود. حداکثر درصد جوانه زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد ۹۵/۹ و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد ۸۳/۷ درصد بود. در واقع با افزایش دما حداکثر درصد جوانه زنی کاهش یافت. در مطالعه ای دیگری نیز گزارش شده است که درصد جوانه زنی جودره در گستره دمایی بهینه ۹۳ درصد بود (Beheshtian Mesgaran *et al.*, 2013). درصد سبزشدن بذرهای جودره در هر دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد در خاک با ظرفیت زراعی (پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال) بیشتر از خاک با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال) بود. به طور کلی حداکثر درصد سبزشدن با افزایش دما و کاهش پتانسیل آب کاهش یافت. بیشترین و کمترین درصد سبز شدن بذور جودره به ترتیب در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال مشاهده شد که

به‌ترتیب ۹۲/۶ و ۶۶/۳ درصد بود. متوسط زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد جوانه زنی جودره در دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد به ترتیب ۴۳/۸ و ۶۵/۱ درجه سانتی گراد-روز بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دما بذور برای جوانه‌زنی به زمان گرمایی بالاتری نیاز داشتند. متوسط زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد سبزشدن در خاک با ظرفیت زراعی (۰/۰۴۵- مگاپاسکال) در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد به‌ترتیب ۱۱۸/۴ و ۲۰۹/۶ درجه سانتی گراد-روز و در خاک با پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد، به ترتیب ۹۹/۸ و ۱۸۲/۵ درجه سانتی گراد-روز بود. در واقع متوسط زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد جوانه زنی و سبزشدن با افزایش دما (دمای ۲۵ نسبت به ۱۵ درجه سانتی گراد) بیشتر بود. همچنین متوسط زمان گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد سبزشدن با کاهش پتانسیل آب (پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال نسبت به پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال) بیشتر بود. بیشترین و کمترین متوسط زمان گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد سبزشدن به ترتیب در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال (۲۰۹/۶ درجه سانتی گراد-روز) و دمای ۱۵ درجه سانتی گراد و پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال (۹۹/۸ درجه سانتی گراد-روز) مشاهده شد (جدول ۱ و شکل ۱).

بذور کاهوی وحشی در سه دمای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد جوانه‌زنی و سبزشدن داشتند (جدول۲). در دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد درصد سبزشدن در مقایسه با درصد جوانه‌زنی حدود یک تا دو درصد کمتر بود ولی در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد این اختلاف به ۲۸ درصد رسید (شکل 2a، b و c). حداکثر درصد جوانه زنی بذور کاهوی وحشی با



شکل ۱. روند تغییرات جوانه‌زنی (در پتری دیش) و سبزشدن (از خاک) بذرهای جودره برای پتانسیل‌های مختلف در دماهای ۱۵ (a) و ۲۵ (b) درجه سانتیگراد در اتاقک رشد.

Fig 1. The trend of changes for germination (in petri dish) and emergence (in soil) of *Hordeum spontaneum* seeds at different water potentials at growth chamber temperatures of 15 °C (a) and 25 °C (b)

افزایش دما کاهش یافت و به ترتیب در دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد ۹۶/۳، ۷۹/۹ و ۶۰/۹ درصد بود. به طورکلی مشاهده می‌شود که حداکثر درصد سبزشدن کاهوی وحشی با افزایش دما و کاهش پتانسیل آب کاهش یافت. بیشترین و کمترین حداکثر درصد سبزشدن به ترتیب در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال و دمای ۳۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال مشاهده شد که به ترتیب ۹۵/۵ ۲۰/۰ درصد بود. متوسط زمان گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد جوانه زنی کاهوی وحشی در دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد به ترتیب ۴۴/۶، ۳۱/۷ و ۳۲/۹ درجه سانتی گراد-روز بود. متوسط زمان گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد سبزشدن کاهوی وحشی در دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۰۴۵- مگاپاسکال (ظرفیت زراعی) به ترتیب ۶۶/۹، ۵۴/۸ و ۵۴/۴ درجه سانتی گراد-روز، برای پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) به ترتیب ۷۰/۰، ۵۲/۵ و ۴۹/۷ درجه سانتی گراد-روز بود. بیشترین و کمترین متوسط زمان گرمایی مورد نیاز سبز شدن به ترتیب در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال و دمای ۳۵ درجه سانتی گراد، پتانسیل ۰/۱۷۲- مگاپاسکال بود که به‌ترتیب ۷۰/۰ و ۴۹/۷ درجه سانتی گراد-روز بود.

اثر تاریخ کشت و فاصله آبیاری بر سبزشدن و محاسبه زمان آبی گرمایی در مزرعه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مزرعه ای جودره نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد سبزشدن و متوسط زمان سبزشدن معنی‌دار بود. اثر فاصله آبیاری بر درصد سبزشدن معنی‌دار نبود اما بر متوسط زمان سبزشدن معنی دار بود.

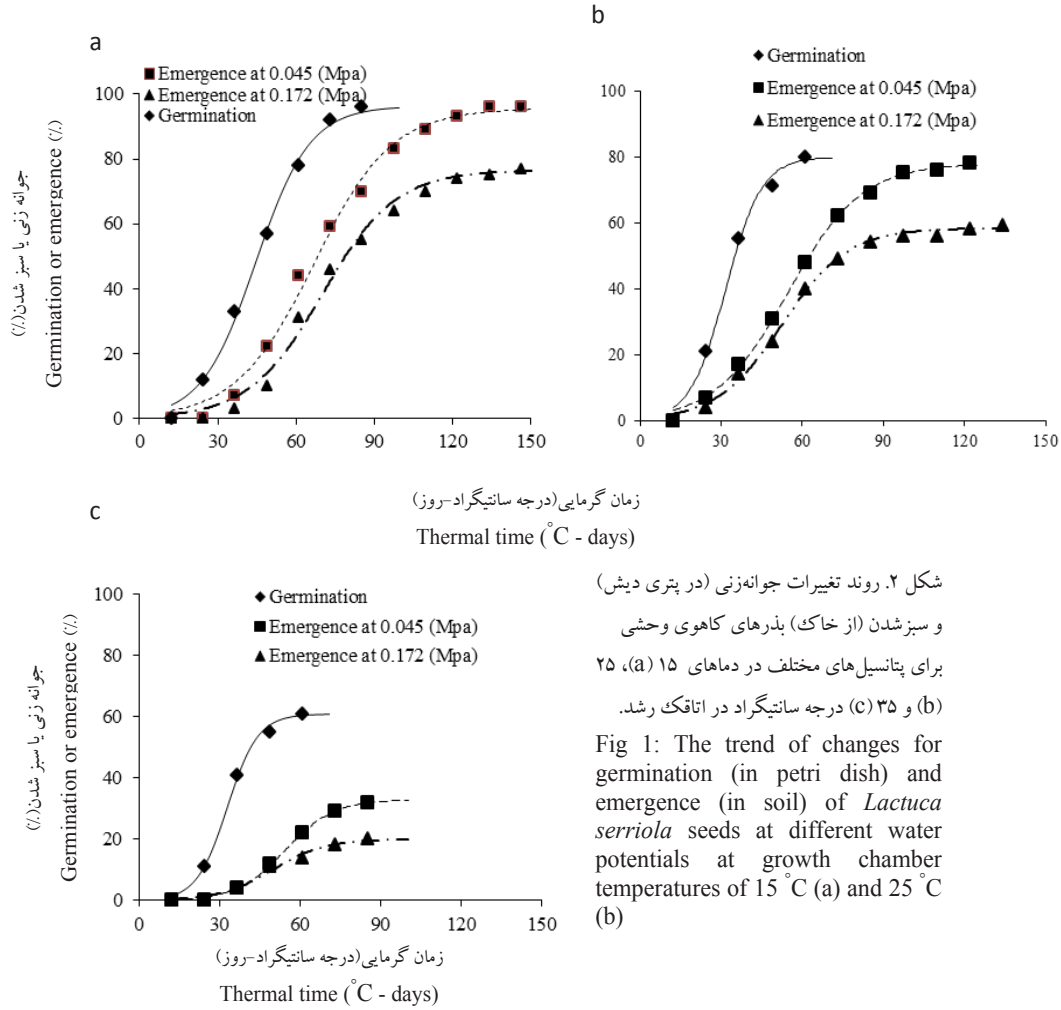
جدول ۱: ضرایب مدل سیگموئیدی برازش داده شده به داده‌های جوانه زنی و سبزشدن جودره در دما و پتانسیل‌های آبی مختلف

Table 1. Coefficients of the fitted sigmoidal model for germination and emergence data of *Hordeum spontaneum* at different temperatures and water potentials

درجه حرارت (سانتی-گراد) Temperature (°C)		پتانسیل آب (مگاپاسکال) Water potential (MPa)	حداکثر درصد جوانه زنی یا سبزشدن a (%)	ضریب ثابت تبدیل b	زمان گرمایی مورد نیاز X_0 (°C d)
15	جوانه زنی Germination	0	95.9±0.50	10.0±0.38	43.8±0.43
	سبزشدن Emergence	-0.045	92.6±0.89	29.6±1.5	118.4±1.74
		-0.172	66.5±1.02	33.4±2.7	99.8±3.0
25	جوانه زنی Germination	0	83.7±0.86	16.9±1.4	65.1±1.6
	سبزشدن Emergence	-0.045	86.6±0.74	61.6±2.6	209.6±2.8
		-0.172	66.3±0.67	61.5±3.26	182.5±3.3
35	جوانه زنی Germination	0	0.0	0.0	0.0
	سبزشدن Emergence	-0.045	0.0	0.0	0.0
		-0.172	0.0	0.0	0.0

a:حداکثر جوانه زنی یا سبز شدن (٪)، b: ضریب ثابت مدل وX_0: زمان گرمای مورد نیاز برای ۵۰٪ جوانه زنی یا سبزشدن (درجه سانتی‌گراد روز)

a: maximum germination or emergence (%), b: constant model coefficient, X_0: thermal time required for 50% germination or emergence (°C d)



شکل ۲. روند تغییرات جوانه‌زنی (در پتری دیش) و سبزشدن (از خاک) بذرهای کاهوی وحشی برای پتانسیل‌های مختلف در دماهای ۱۵ (a)، ۲۵ (b) و ۳۵ (c) درجه سانتیگراد در اتاقک رشد.

Fig 1: The trend of changes for germination (in petri dish) and emergence (in soil) of *Lactuca serriola* seeds at different water potentials at growth chamber temperatures of 15 °C (a) and 25 °C (b)

اختلاف فواصل آبیاری در هر تاریخ کاشت با هم معنی‌دار بود. درصد سبزشدن تحت تأثیر اثر متقابل تاریخ کاشت و فاصله آبیاری قرار نگرفت ولی متوسط زمان سبزشدن تحت تأثیر اثر متقابل قرار گرفت (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس داده‌های مزرعه ای گونه کاهوی وحشی نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر درصد سبزشدن و متوسط زمان سبزشدن معنی دار نبود. اثر فاصله آبیاری بر درصد سبزشدن و متوسط زمان سبزشدن معنی دار بود و در نهایت درصد سبزشدن و متوسط زمان سبزشدن تحت تأثیر اثر متقابل تاریخ کاشت و فاصله آبیاری قرار نگرفتند (جدول۳).

در گونه جودره در بررسی اثرمتقابل تاریخ کاشت و فاصله آبیاری مشاهده شد که در هر دو تاریخ کاشت با افزایش فاصله آبیاری متوسط زمان سبزشدن افزایش یافت (جدول۴). بیشترین و کمترین متوسط زمان سبزشدن این گونه به ترتیب ۱۸/۶ روز و ۱۰/۶ روز بود که در فاصله آبیاری هفت روز در آبان ماه و فاصله آبیاری سه روز در مهر ماه به دست آمد. به طور کلی در آبان ماه در همه فواصل آبیاری متوسط زمان سبزشدن طولانی تر از مهر ماه بود که می توان علت را سردتر شدن هوا و کاهش سرعت سبزشدن ماه آبان در مقایسه با ماه مهر نسبت داد. در بررسی اثر ساده تاریخ کاشت بر درصد

جدول ۲: ضرایب مدل سیگموئیدی برازش داده شده بر داده‌های جوانه‌زنی و سبزشدن کاهوی وحشی در دماها و پتانسیل‌های آبی

Table 2. Coefficients of the fitted sigmoidal model for germination and emergence data of *Lactuca serriola* at different temperatures and water potentials

درجه حرارت (سانتیگراد) Temperature (°C)		پتانسیل آب (مگاپاسکال) Water potential (MPa)	حداکثر درصد جوانه زنی یا سبزشدن a (%)	ضریب ثابت تبدیل b	زمان گرمایی مورد نیاز X_0 (°C d)
15	جوانه زنی Germination	0	96.3±0.55	10.4±0.44	44.6±0.50
	سبزشدن Emergence	-0.045	95.5±1.3	14.9±1.03	66.9±1.0
		-0.172	76.5±1.21	14.1±1.18	70.0±1.8
25	جوانه زنی Germination	0	79.9±0.48	6.6±0.39	31.7±0.45
	سبزشدن Emergence	-0.045	77.9±0.42	13.5±0.44	54.8±0.50
		-0.172	58.3±0.43	12.2±0.58	52.5±0.66
35	جوانه زنی Germination	0	60.9±0.27	5.7±0.26	32.9±0.31
	سبزشدن Emergence	-0.045	32.9±0.15	9.1±0.31	54.4±0.36
		-0.172	20.0±0.25	9.8±0.9	49.7±1.02

جدول ۳: تجزیه واریانس داده‌های درصد سبزشدن (E) و متوسط زمان سبزشدن (MET) دو گونه علف‌هرز (اعداد میانگین مربعات می‌باشد)

Table 3. Analysis of variance for emergence percentage (E) and mean emergence time (MET) of two weed species (mean squares)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	جودره *Hordeum spontaneum*		کاهوی وحشی *Lactuca serriola*	
		درصد سبز شدن (٪) E (%)	متوسط زمان سبز شدن MET (day)	درصد سبز شدن (٪) E (%)	متوسط زمان سبز شدن MET (day)
بلوک Block	2	72	0.4	14	0.96
تاریخ کاشت(A) Planting date (A)	2	20080**	707**	3 ns	4.7 ns
فاصله آبیاری(B) Irrigation interval (B)	2	11.6 ns	40.5**	212 926**	21.3**
اثرمتقابل A*B	4	25.6 ns	10.6**	189 ns	0.82 ns
خطا Error	16	28	0.18	81	1.6

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد و ns عدم معنی‌داری

** significant at 1% probability level and ns non-significant

سبزشدن جودره مشاهده شد که درصد سبز شدن بذور در آبان ماه بیشتر از مهر ماه بود. در بررسی اثر ساده فاصله آبیاری بر درصد سبزشدن نیز مشاهده شد که تغییرات درصد سبز شدن با افزایش فاصله آبیاری علی رغم تفاوت معنی دار تفاوت چندانی با هم نداشتند. این نتیجه با توجه به پتانسیل پایه جودره دور از انتظار نبود، زیرا در طول دوره جوانه‌زنی و سبزشدن جودره پتانسیل آب خاک در هر سه فاصله آبیاری کمتر از پتانسیل پایه این گونه نشد، در واقع جودره تنش رطوبتی زیاد را دریافت نکرد. اندک نوسانات درصد سبزشدن را می توان به بافت خاک و سفت شدن لایه سطحی خاک نسبت داد که سبزشدن در فاصله آبیاری هفت روز اندکی کمترشد.

در گونه کاهوی وحشی، درصد سبز شدن

و متوسط زمان سبزشدن تنها تحت تأثیر فاصله آبیاری قرار گرفت (جدول۴). متوسط زمان سبزشدن با افزایش فاصله آبیاری افزایش یافت. بیشترین متوسط زمان سبزشدن در فاصله آبیاری هفت روز مشاهده شد که به طور میانگین ۱۷/۸ روز بود و کمترین نیز در فاصله آبیاری سه روز برآورد شد که ۱۴/۸ روز بود. بیشترین درصد سبزشدن در فاصله آبیاری سه روز به دست آمد که به طور متوسط ۴۷/۷ درصد بود و کمترین نیز در فاصله آبیاری هفت روز بود که ۲۹/۲ درصد محاسبه گردید. گزارش شده است که کاهوی وحشی گیاهی متحمل به خشکی است که تأیید کننده این نتیجه می باشد (Lebeda *et al.*, 2007). با افزایش میانگین دمای فصل کاشت از اسفند تا اردیبهشت ماه درصد کاهش سبزشدن با افزایش فاصله آبیاری افزایش یافت. مثلاً در اسفند فاصله آبیاری هفت روز نسبت به فاصله آبیاری سه روز ۸ درصد کاهش یافت درحالی که در اردیبهشت ماه همین دو برنامه فاصله آبیاری ۵۸ درصد اختلاف در درصد سبزشدن داشتند.

مدل برازش داده شده بر درصد سبزشدن گونه جودره نشان داد حداکثر درصد سبزشدن ماه مهر و سه فاصله آبیاری (سه، پنج و هفت روز) به ترتیب ۷۲/۳، ۷۸/۴ و ۷۷/۸ درصد و ماه آبان به ترتیب ۱۱۲/۰، ۹۷/۶ و ۹۲/۶ درصد بود (جدول۵). زمان آبی گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد سبزشدن جودره در ماه مهر و سه فاصله آبیاری (سه، پنج و هفت روز) به ترتیب ۱۶۴/۷، ۲۷۱/۴ و ۳۸۴/۲ مگاپاسکال-سانتی گراد روز و در ماه آبان به ترتیب ۸۴/۶، ۱۸۱/۶ و ۲۰۸/۱ مگاپاسکال-سانتی گراد روز بود. مدل برازش داده شده بر درصد سبزشدن جودره در فاصله آبیاری سه روز آبان علی رغم ضریب تبیین بالا،

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرمتقابل تاریخ کاشت و فاصله آبیاری بر درصد سبزشدن (E) و متوسط زمان سبزشدن (MET) دو گونه علف‌هرز

Table 4: Mean comparison for interaction effect of planting date and irrigation interval on emergence percentage (E) and mean emergence time (MET) of the two weed species

تاریخ کاشت Planting date	فاصله آبیاری Irrigation intervals	جودره *Hordeum spontaneum*		کاهو وحشی *Lactuca serriola*	
		درصد سبز شدن (٪) E (%)	متوسط زمان سبز شدن MET (day)	درصد سبز شدن (٪) E (%)	متوسط زمان سبز شدن MET (day)
1	i	71.7 $	10.6 c	41.3 $	14.7 $
	ii	77.7	15.1 b	46.7	15.4
	iii	77.3	17.7 a	36.3	17.3
2	i	88.3	13.1 c	51.7	14.7
	ii	83.3	16.6 b	56.3	15.0
	iii	89.0	18.6 a	28.3	16.9
3	i	-	-	50.0	15.0
	ii	-	-	34.3	16.5
	iii	-	-	23.0	19.1

*در هر تاریخ کاشت و هر ستون، میانگینهای دارای حروف مشترک با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارد.

* at any planting date and column, the means with the same letter(s) do not differ significantly

$ اثرمتقابل معنی‌دار نبود.

$ the interaction effect was non-significant

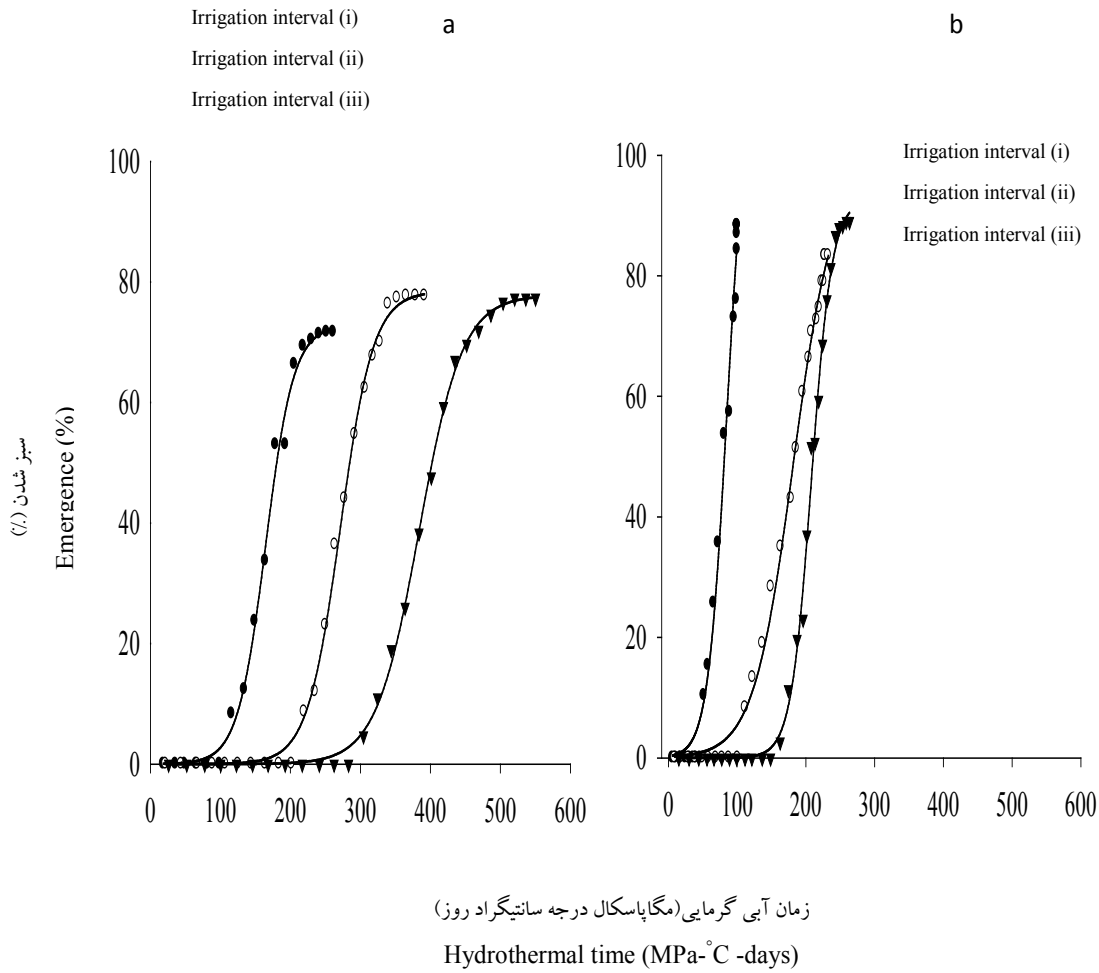
فاصله آبیاری i ، ii و iii : به‌ترتیب فاصله آبیاری سه، پنج و هفت روز

Irrigation intervals: 3-day irrigation interval (i), 5-day irrigation interval (ii) and 7-day irrigation interval (iii)

تاریخ کاشت ۱، ۲ و ۳: در جودره مهر و آبان (تاریخ کاشت سوم نداشت) و در کاهوی وحشی اسفند، فروردین و اردیبهشت بهترتیب.

The 1, 2 and 3 planting dates for *H. spontaneum* were in October and November (no third planting date) and for *L. serriola* were in March, April and May, respectively.

نتوانست برآورد خوبی داشته باشد (شکل۳ ب). با توجه به منحنی تغییرات دما و رطوبت خاک (شکل ۵) از روز ۱۷ آبان ماه دمای ثبت شده برای خاک در فاصله آبیاری سه روز با دمای پایه جوانه‌زنی جودره اختلاف زیادی نداشت و در واقع مقدار تغییرات زمان آبی‌گرمایی بسیار ناچیز بود. بدین گونه که از روز ۱۷ تا ۳۰ آبان ماه فقط ۵ مگاپاسکال-سانتی گراد-روز افزایش مشاهده شد. از ۱۷ تا ۲۰ آبان ماه ۴ درصد جوانه‌زنی وجود داشت که فقط ۲ مگاپاسکال-سانتی گراد روز زمان آبی‌گرمایی افزایش یافت و این روند باعث شد که در انتهای آزمایش داده‌های سبزشدن در مقابل زمان آبی‌گرمایی تقریباً به‌صورت خط راست باشد و مدل



شکل ۳. روند درصد سبزشدن بذرهای جودره در مقابل مقدار زمان آبی‌گرمایی در دو تاریخ کاشت مهر (a) و آبان (b) ماه و فاصله آبیاری i، ii و iii : به‌ترتیب ۳، ۵ و ۷ روز یکبار فاصله آبیاری در مزرعه. نقاط داده‌های مشاهده شده و خطوط مدل سیگموئیدی برازش داده شده است.

Fig 3. The trend of changes for *Hordeum spontaneum* emergence (%) as plotted against hydrothermal time at two planting dates of October (a) and November (b) and three irrigation intervals in the field: 3-day irrigation interval (i), 5-day irrigation interval (ii), 7-day irrigation interval (iii). The points indicate the observed data and the lines represent the fitted sigmoidal model.
fitted

سیگموئیدی حداکثر سبزشدن را ۱۱۲ درصد برآورد کند که پیش بینی مناسبی برای درصد سبزشدن در این تیمار نبود. در مطالعه‌ای مشابه بر روی شیرین بیان حداکثر سبزشدن در مواردی که درصد جوانه‌زنی مشاهده شده نزدیک ۱۰۰ درصد بود پیش بینی بیش از ۱۰۰ درصد گزارش شده است (Ghanbari, 2004). در بررسی درصد سبزشدن برآورد شده این گونه، اگر از داده های فاصله آبیاری سه روز تاریخ کاشت آبان ماه صرف نظر شود (برآورد نامناسب) حداکثر سبزشدن در دو تاریخ کاشت در فاصله آبیاری پنج روز اتفاق افتاد که در فاصله آبیاری هفت روز اندکی کاهش یافت. در کل کمترین درصد سبزشدن در فاصله آبیاری سه روز بود که این روند در تاریخ کاشت اول مشاهده شد (شکل ۳ a). روند تغییرات زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز برای سبزشدن ۵۰ درصد بذرهای جودره در سه سطح فاصله آبیاری نشان داد که با افزایش فاصله آبیاری زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز افزایش یافت (جدول ۵). در مقایسه دو تاریخ کاشت مهر و آبان نیز، زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد سبزشدن در تاریخ کاشت ماه مهر در همه فواصل آبیاری بیشتر از تاریخ کاشت آبان بود.

مدل سیگموئیدی برازش داده شده برای گونه کاهوی وحشی در تاریخ کشت های اسفند در فواصل آبیاری سه، پنج و هفت روز به ترتیب ۴۱/۲، ۴۶/۰، ۳۸/۰ درصد سبزشدن، در تاریخ کشت فروردین به ترتیب ۵۰/۸، ۵۶/۲ و ۲۷/۰ درصد و برای اردیبهشت نیز به ترتیب ۵۱/۱، ۳۵/۲ و ۲۱/۳ درصد را تخمین زد (جدول۵).

این نتایج نشان می‌دهد که با گرم‌تر شدن هوا درصد سبزشدن کاهوی وحشی در شرایطی که کمبود آب نباشد بیشتر می‌شود. اما در شرایط کاهش آب با گرم تر شدن هوا درصد سبزشدن کاهش می‌یابد (شکل ۴ a، b و c). پیش بینی مدل برای زمان آبی‌گرمایی سبزشدن ۵۰ درصد بذرهای کاهوی وحشی در تاریخ کاشت اول در فواصل آبیاری سه، پنج و هفت روز به ترتیب ۴۳/۳، ۹۸/۸ و ۱۴۳/۳ مگاپاسکال-سانتی گراد روز، در تاریخ کشت دوم به ترتیب ۵۱/۷، ۹۴/۲ و ۱۷۸/۰ مگاپاسکال-سانتی گراد روز و در تاریخ کشت سوم به ترتیب ۱۵۰/۰، ۱۷۹/۲ و ۱۵۸/۴ مگاپاسکال-سانتی گراد روز بود. با افزایش فاصله آبیاری در تاریخ کشت های اسفند و فروردین زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز ۵۰ درصد سبزشدن افزایش یافت، اما در اردیبهشت ماه بیشترین زمان آبی‌گرمایی در فاصله آبیاری پنج روز تخمین زده شد و بعد از آن دوباره کاهش یافت. این نتایج بیانگر این مطلب می باشد که در هر فاصله آبیاری هر چه دمای خاک بیشتر شود زمان آبی‌گرمایی نیز افزایش می‌یابد. البته در هر فاصله آبیاری افزایش دما به دلیل تاریخ کاشت‌های مختلف می‌باشد که این عامل بر پتانسیل خاک سه تاریخ کاشت نیز مؤثر است. به عنوان مثال میانگین دما و رطوبت خاک برای فاصله آبیاری سه روز در سه تاریخ کاشت به ترتیب ۸/۴ و ۰/۱۴۱-، ۹/۶ و ۰/۱۲-، ۱۶/۵ و ۰/۱۵- (درجه سانتی گراد و مگاپاسکال) بود که نمی‌توان رابطه مستقیم بین دما و رطوبت خاک را بیان کرد اما دما و رطوبت خاک بدون رابطه نیز نیستند.

جدول۵: ضرایب مدل سیگموئیدی برازش داده بردرصد سبزشدن دو گونه علف‌هرز در مقابل زمان آبی‌گرمایی در سه فاصله آبیاری و سه تاریخ کاشت در مزرعه

Table 5. Coefficients of the fitted sigmoidal model for emergence percentage data of two weed species in the field as plotted against hydrothermal time at three irrigation intervals and three planting dates

تاریخ کاشت Planting date	ضرایب مدل Model coefficients	جودره *Hordeum spontaneum* فاصله آبیاری (i) Irrigation interval (i)	فاصله آبیاری(ii) Irrigation interval (ii)	فاصله آبیاری(iii) Irrigation interval (iii)	کاهوی وحشی *Lactuca serriola* فاصله آبیاری (i) Irrigation interval (i)	فاصله آبیاری(ii) Irrigation interval (ii)	فاصله آبیاری(iii) Irrigation interval (iii)
1	A	72.8±1.30	78.4±0.85	77.8±0.54	41.2±0.81	46.0±1.08	38.0±1.41
	B	20.0±1.43	23.5±0.98	30.8±0.87	8.7±0.61	15.2±1.4	17.0±1.53
	X_0	164.7±1.67	271.4±1.16	384.2±1.02	43.3±0.0	98.8±1.7	143.3±2.12
	R^2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98
2	A	112.0±1.1	97.6±3.96	92.6±1.44	50.8±0.7	56.2±1.2	27.0±0.34
	B	13.9±1.68	28.9±1.80	14.8±0.74	7.5±0.64	15.5±1.3	19.5±1.16
	X_0	84.6±3.82	181.6±3.23	208.1±0.81	51.7±0.0	94.2±1.7	178.0±1.40
	R^2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
3	A	-	-	-	51.1±0.99	35.2±0.9	21.3±0.53
	B	-	-	-	15.0±0.6	14.8±0.3	10.3±1.19
	X_0	-	-	-	150.0±1.0	179.2±1.0	158.4±1.5
	R^2	-	-	-	0.99	0.99	0.99

A: حداکثر سبزشدن (٪)، B: ضریب ثابت مدل و X_0: زمان آبی گرمایی مورد نیاز برای ۵۰٪ سبزشدن (مگاپاسکال-سانتیگراد روز)

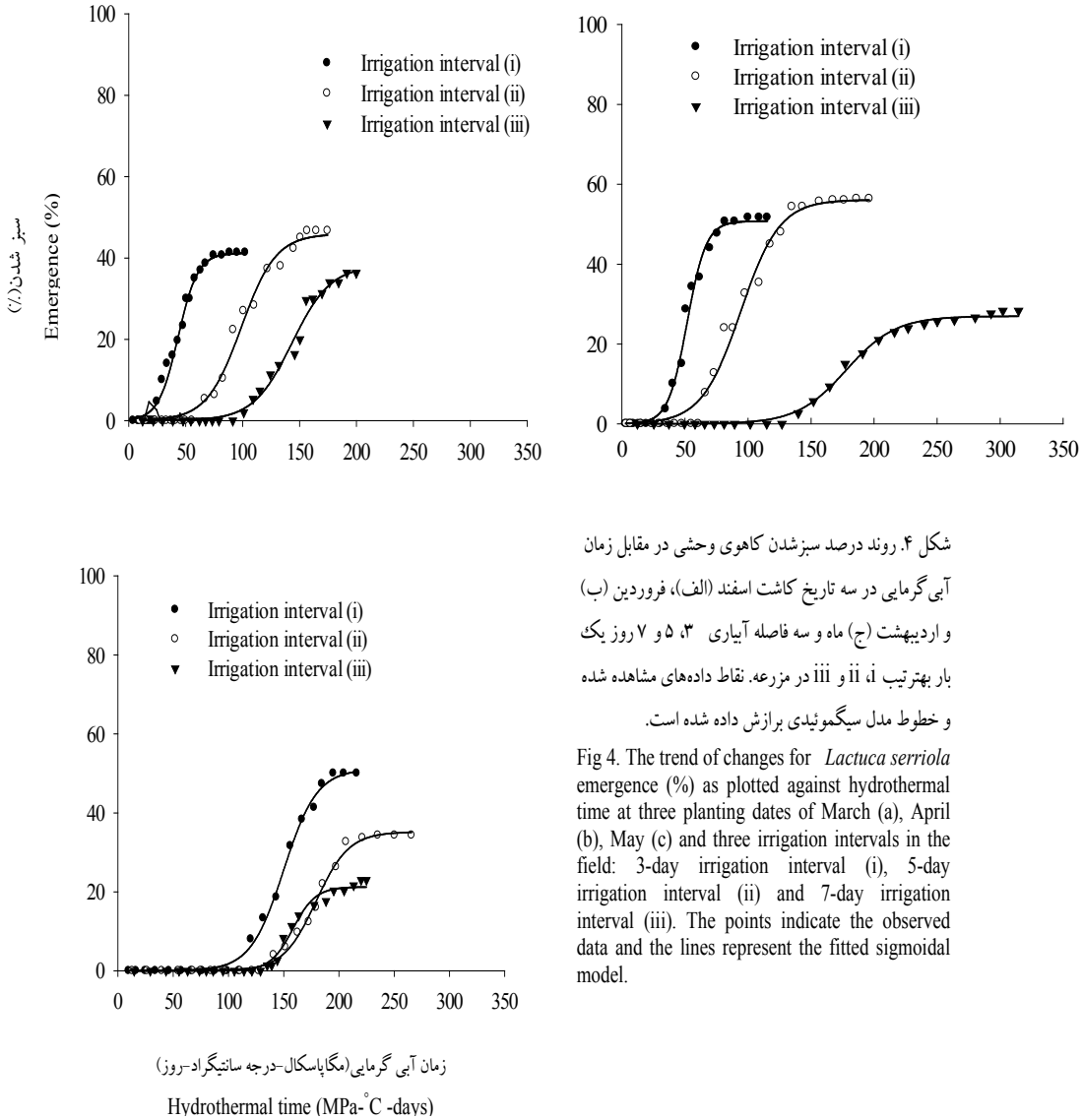
A: maximum emergence (%), B: constant model coefficient, X_0: thermal time required for 50% emergence ($^{\circ}$C-days-MPa)

فاصله آبیاری (i)، (ii) و (iii): به‌ترتیب فاصله آبیاری سه، پنج و هفت روز

Irrigation intervals: 3-day irrigation interval (i), 5-day irrigation interval (ii) and 7-day irrigation interval (iii)

تاریخ کاشت ۱، ۲ و ۳: در جودره مهر و آبان (تاریخ کاشت سوم نداشت) و در کاهوی وحشی اسفند، فروردین و اردیبهشت بهترتیب.

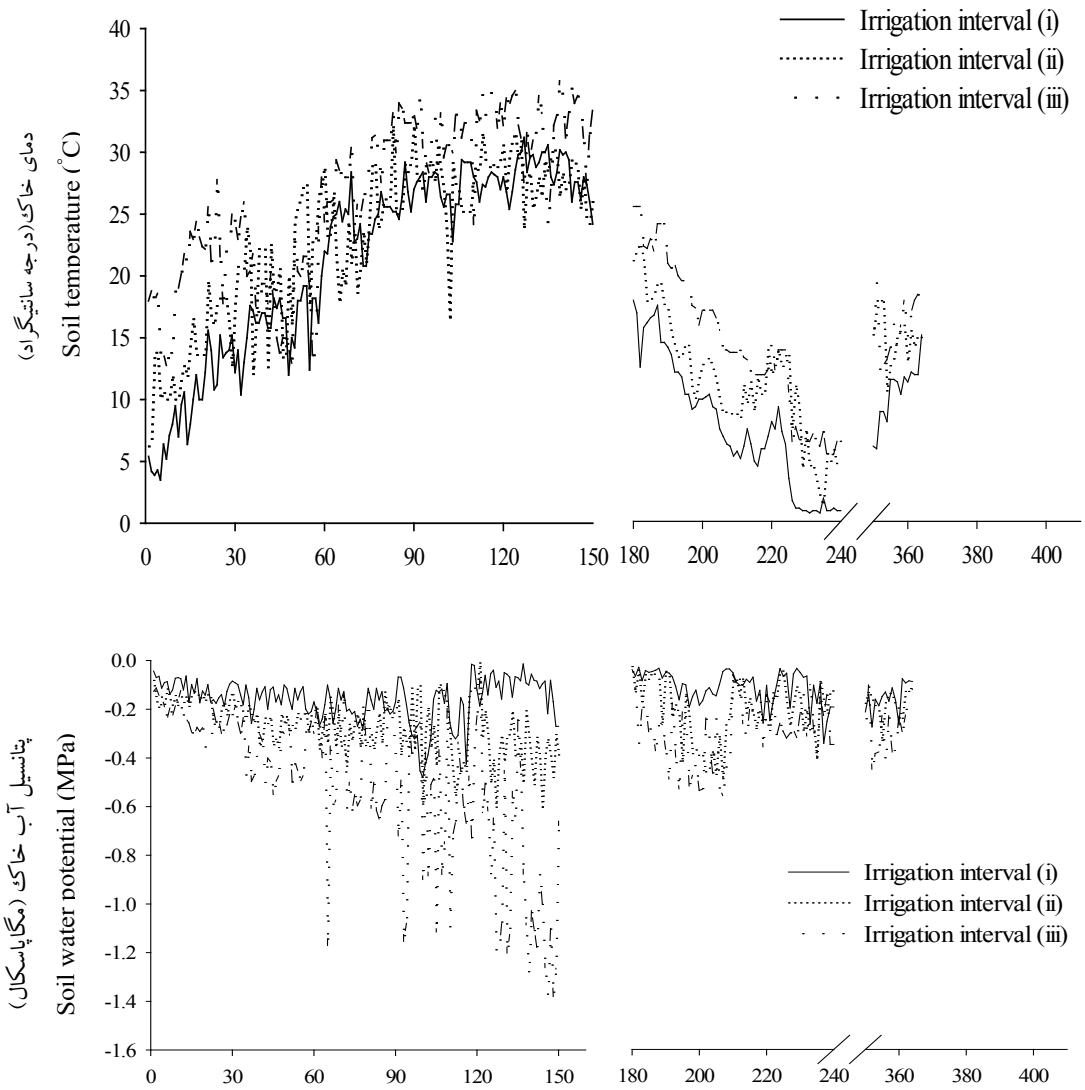
The planting dates 1, 2 and 3 for *H. spontaneum* were in October and November (no planting date 3) and for *L. serriola* were in March, April and May, respectively.



شکل ۴. روند درصد سبزشدن کاهوی وحشی در مقابل زمان آبی‌گرمایی در سه تاریخ کاشت اسفند (الف)، فروردین (ب) و اردیبهشت (ج) ماه و سه فاصله آبیاری ۳، ۵ و ۷ روز یک بار بهترتیب i، ii و iii در مزرعه. نقاط داده‌های مشاهده شده و خطوط مدل سیگموئیدی برازش داده شده است.

Fig 4. The trend of changes for *Lactuca serriola* emergence (%) as plotted against hydrothermal time at three planting dates of March (a), April (b), May (c) and three irrigation intervals in the field: 3-day irrigation interval (i), 5-day irrigation interval (ii) and 7-day irrigation interval (iii). The points indicate the observed data and the lines represent the fitted sigmoidal model.

با توجه به نتایج بیان شده مشاهده شد که زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز برای سبزشدن دو گونه مورد مطالعه متفاوت بود، با اینکه هر دو گونه یک ساله زمستانه بودند و فصل رویش آن ها تقریباً مشابه است. جودره نیاز به آبی-گرمایی بیشتری نسبت به کاهوی وحشی داشت. دمای بهینه سبزشدن جودره و کاهوی وحشی به ترتیب ۱۸-۱۳ و ۲۰-۱۸ درجه سانتی گراد در تمامی پتانسیل‌های آبی بود. میانگین دمای روزانه مهر ماه برای سبزشدن جودره مناسب بود اما در آبان ماه اکثر روزها دمای خاک کمتر از حد بهینه برای جودره بود که این میانگین دمای کم در تیمار فاصله آبیاری سه روز بیشتر مشهود بود. میانگین دمای روزانه خاک اسفند ماه در هر سه فاصله آبیاری و فروردین ماه، فاصله آبیاری سه و پنج روز کمتر از دمای بهینه کاهوی وحشی بود ولی در اردیبهشت ماه در هر سه فاصله آبیاری و فاصله آبیاری هفت روز ماه فروردین دمای خاک در محدوده دمای بهینه کاهوی وحشی بود. گزارش شده است که زمان جوانه‌زنی



شکل ۵. روند تغییرات دما و رطوبت خاک در سه فاصله آبیاری و تاریخ های کاشت مختلف (فروردین تا مرداد، مهر، آبان و اسفند ماه)

Fig 5. The trend of changes for soil temperature and moisture at three irrigation intervals (3-day irrigation interval (i), 5-day irrigation interval (ii) and 7-day irrigation interval (iii)) and different planting dates (April to August, October, November and March)

می‌تواند مهمترین دلیل تفاوت زمان سبزشدن گیاهچه باشد (Finch Savage & Phelps, 1993). یک رابطه خطی بین سرعت توسعه و دما یا پتانسیل آب وجود دارد که می‌تواند طول زمان بعد از جوانه‌زنی را تغییر دهد (Finch-Savage *et al.*, 2001). در این آزمایش مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی کاهوی وحشی بیشتر از درصد سبزشدن آن بود. همچنین در مقایسه سبزشدن از خاک و جوانه‌زنی از پتری دیش بذرها دو اکوتیپ علف نقره‌ای نیز بیان شده است که درصد جوانه‌زنی در همه تیمارها بیشتر از سبزشدن بود (Wang, 2005). اما در جودره درصد سبزشدن در خاک ۰/۰۴۵- مگاپاسکال از درصد جوانه‌زنی آن بیشتر بود. برای کمتر بودن درصد سبزشدن نسبت به جوانه‌زنی دلایل مختلفی ازجمله بافت خاک (Benvenuti, 2003)، اندازه بذر (Verhoeven *et al.*, 2004)، ذخیره بذر (Colbach *et al.*, 2006 ; Finch-Savage *et al.*, 2001)، عمق کاشت (Boyd & Van Acker, 2004) و عوامل بیولوژیک خاک (Wang, 2005) گزارش شده است. همچنین گزارش شده است که شرایط فیزیکی خاک برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهان بسیار تعیین کننده می‌باشند زیرا تعیین کننده رطوبت و هوای خاک می‌باشد. همچنین بیان شده است که خاک‌های که درصد رس بالایی دارند مقدار آب آنها در ظرفیت زراعی بالا است و همین امر موجب کاهش اکسیژن و دمای خاک می‌شود (Marvat *et al.*, 2005).

نتیجه گیری نهایی

زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی در هر دو گونه کمتر از زمان گرمایی مورد نیاز برای سبزشدن آنها بود. در منابع نیز مشابه این نتیجه گزارش شده است که زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی کمتر از زمان گرمایی مورد نیاز برای ۵۰ درصد سبزشدن می باشد (Wang, 2005). نتیجه قابل توجه دیگر بررسی این بود که زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز برای سبزشدن دو گونه مورد مطالعه با اینکه هر دو گونه یک ساله زمستانه می باشند و فصل رویش آن ها تقریباً مشابه است متفاوت بود. جودره نیاز به زمان آبی-گرمایی بیشتری نسبت به کاهوی وحشی برای سبزشدن داشت. در هر دو گونه با افزایش فاصله آبیاری زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز کاهش یافت و در نهایت اینکه در گونه جودره تاریخ کشت آبان نسبت به مهر در فاصله آبیاری مشابه نیاز به آبی-گرمایی کمتری بود و این برای کاهوی وحشی تقریباً برعکس بود. تاریخ کشت زودتر نیاز به آبی-گرمایی کمتری داشت. در این گونه نیز با افزایش فاصله آبیاری زمان آبی‌گرمایی مورد نیاز کاهش یافت.

References:

Akram Ghaderi, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H. R. 2008. Effect of temperature and water potential on germination of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo. convar. pepo var. Styriaca*), black cumin (*Nigella sativa*) and borago (*Borago officinalis*). *Journal of Agricultural Science Natural Resource*, 15(5), 157-170. (In Persian with English abstract).

Baghestani, M. A., Zand, E., Mesgaran, M. B., Veyssi, M., Pourazr, R., and Mohammadipour, M. 2008. Control of weed barley species in winter wheat with sulfosulfuron at different rates and times of application. *Weed Biology and Management*, 8: 181-190.

Baghestani, M. A., Zand, E., Soufizadeh, S., Jamali, M., Maighani, F., 2007. Evaluation of sulfosulfuron for broadleaved and grass weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Crop Protection*, 26: 1385-1389.

Beheshtian Mesgaran, M., Rahimian Mashhadi, H., Alizadeh, H., Ohadi, S., and Zare, A. 2013. Modeling the germination responses of wild barley (*Hordeum spontaneum*) and littleseed cannary grass (*Phalaris minor*) to temperature. *Iranian Journal of Weed Science*, 9: 105-118. (In Persian with English abstract).

Benvenuti, S. 2003. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*, 95: 191-198.

Boyd, N., and Van Acker, R. 2004. Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. *Weed Science*, 52: 589-596.

Chauhan, B. S., and Johnson, D. E. 2008. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Eclipta (*Eclipta prostrata*) in a tropical environment. *Weed Science*, 56 (3), 383-388.

Colbach, N. D., Durr, J. R. E., Chauvel, B., and Caneill, J. 2006. Modeling black grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence in interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. I. Construction. *European Journal Agronomy*, 24: 95-112.

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(1), 83-97. (In Persian with English abstract).

Derakhshan, A., and Gherekhloo, J., 2015. Comparison of hydrothermal time models to seed germination modeling of *Phalaris minor* on the basis of Normal, Weibull and Gumbel distributions. *Journal of Plant Production Research*, 22(1), 39-57. (In Persian with English abstract).

Derakhshan, A., Garzin, M., Ghorbanpoor, E., Sanchooli, O., and Kamkar, B. 2013. Factors affecting jungleric (*Echinochloa colonum* L.) seed germination and seedling emergence. *Weed Research Journal*, 5(1), 1-15.

Derakhshan, A., Gherekhloo, J., and Paravar, E. 2013. Estimation of cardinal temperatures and thermal time reqirement for *Cyperus difformis* seed germination. *Iranian Journal of Weed Science*, 9: 27-38. (In Persian with English abstract).

Finch-Savage, W. E., Phelps, K., Steckel, J. R. A., Whalley, W. R., and Rowse, H. R. 2001. Seed reserve-dependent growth responses to temperatuer and water potential in carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Experimental Botany*, 52: 2187-2197.

Finch-Savage, W., and Phelps, K. 1993. Onion (*Allium cepa* L.) seedling emergence patterns can be explained by the influence of soil temperature and water potential on seed germination. *Journal of Experimental Botany*, 44: 407-414.

Ghanbari, A. 2004. *Agroecophysiology of Glycyrrhiza glabra L.* PhD Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (In Persian with English Summary).

Guan, B. *et al.* 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal of Arid Environment*, 73 (1), 135-138.

Kazerooni Monfared, E. 2012. Modeling germination and emergence of five weed species in laboratory and field condition. PhD Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran (In Persian with English Summary).

Lebeda, A., Dolezalova, I., Kristkova, E., Dehmer, K. J., Astley, D., Van De Weil, C. C. M., and Van Treuren, R. 2007. Acquisition and ecological characterization of *Lactuca serriola* L. germplasm collected in the Czech Republic, Germany, the Netherlands and United Kingdom. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54: 555–562.

Lebeda, A., Kitner, M., Dziechciarkova, M., Dolezalova, I., Kristkova, E., and Lindhout, P. 2009. An insight into the genetic polymorphism among European populations of *Lactuca serriola* assessed by AFLP. *Biochemical Systematics and Ecology*, 37: 597-608.

Marwat, S. K., Rehman, F. U. R., and Khan, S. 2005. Germination of seeds of *Datura stramonium L. under different conditions (temperature & soil). Journal of Research, 21: 45-49.*

Rashed Mohassel, M. H., Kazerooni Monfared, E., and Alebrahim, M. T. 2012. Effects of some environment factors on wild lettuce (*Lactuca serriola*) germination. *Journal of Plant Protection*, 25(4), 341-350. (In Persian with English abstract).

Saberali, S. F., and Naser, M. 2018. Quantifying of germination response in dill (*Anethum graveolens* L.) to temperature and drought stress by hydrothermal time model. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50(1), 107-118. (In Persian with English abstract).

Scott, S. J., Jones, R. A., and Williams, W. A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science, 24: 1192-1199.*

Tokasi, S., Kazerooni Monfared, E., Rezvani, P., and Nasiri Mahalati, M. 2017. Modeling the field emergence pattern of three weed species in response to soil temperature and moisture. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 12(48), 1-11. (In Persian with English abstract).

Verhoeven, K. J. F., Biere, A., Nevo, E., and Van Damme, J. M. M. 2004. Can a genetic correlation with seed mass constrain adaptive evolution of seedling desiccation tolerance in wild barley? *International Journal of Plant Sciences*, 165: 281-288.

Wang, R. 2005. *Modeling seed germination and seedling emergence in Winterfat*

(Krascheninnikovia lanata (Pursh) A. D. J. Meeuse & Smit): physiological mechanisms and ecological relevance. PhD Dissertation, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 190 p.

Zhou, J., and Deckard, E. L. 2005. Factors affecting eastern black nightsho (*Solanum ptycanthum*) seed germination. Weed Science, 53 (5), 651-656.

Estimation of hydrothermal time required for emergence of two weed species Hordeum spontaneum Koch. and *Lactuca serriola* L.

Somayeh Tokasi[1*],Ebrahim Kazerooni Monfared[2],Parviz Rezvani Moghadam[4],Mehdi Nasiri Mahalati[5]

1. Research Assistant Prof., Plant Protection Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. . (Corresponding author)
2. Assistant Prof. of University of Applied Science and Technology, Gilan, Rasht, Iran
3. Prof. of Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4. Prof. of Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Received: February 2019 Accepted: August 2020 - DOI: 10.22092/aj.2019.125371.1386

Extended Abstract

Tokasi, S., Kazerooni Monfared, E., Rezvani Moghadam, P.,Nasiri Mahalati, M., Estimation of hydrothermal time required for emergence of two weed species Hordeum spontaneum Koch. and ***Lactuca serriola*** L.
Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 2, 2020 14-16: 94-114(in Persian)

Introduction:

Seed germination and emergence are the key events that determine the success of a weed species in an agro ecosystem. They are influenced by many environmental factors such as temperature, pH, light, salinity and moisture (Chauhan & Johnson, 2008). Temperature plays a major role in determining the periodicity of seed germination, emergence and the distributions of weed species (Guan *et al.,* 2009). Also, osmotic stress can reduce, delay or prevent germination (Zhou & Deckard, 2005). An understanding of weed development is needed to design effective weed management programs. A better understanding of the biology of seed germination and emergence could contribute to the development of weed management technologies to help counter those undesirable shifts in weed populations. The hydrothermal time models have been widely applied to describe the germination responses of seeds to temperature and water potential. This study was aimed to predict the time and maximum seedling emergence of two weed species, wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) and prickly lettuce (*Lactuca serriola* L.).

Email address of the corresponding author: stokasi@yahoo.com

Materials & Methods:

Different temperatures (15, 25 and 35˚C) and water potentials (-0.045 and -0.172 MPa) in full factorial experiments laid out in a completely randomized design with four replications were investigated in laboratory conditions. In the field, two planting dates (October and November) for *H. spontaneum* seeds and three planting dates of March, April and May for *L. serriola* and three irrigation intervals: once every 3 days (i), once every 5 days (ii) and once every 7 days (iii) for the two species as full factorial experiments laid out in a completely randomized block design with three replications were investigated. To express the trend of changes in the emergence process, hydrothermal time model was fitted and the base temperature and water potential were calculated. Then, MPa-˚C-days required for emergence was calculated using the base temperature and water potential and soil moisture and temperature.

Results & Discussion:

The results of the laboratory experiments showed that the maximum germination percentage for wild barley was 95.9 and 83.7 %, which occurred at 15 and 25˚C, respectively and for prickly lettuce was 96.3, 79.9 and 60.9 %, which occurred at 15, 25 and 35˚C, respectively. The highest and lowest emergence percentages of 92.6 and 66.3% in wild barley were recorded at 15˚C, -0.045 MPa and 25˚C, -0.172 MPa, respectively. These values for prickly lettuce were 95.5 and 20.0 %, which were recorded at 15˚C, -0.045 MPa and 35˚C, -0.172 MPa, respectively. Thermal time required for germination of wild barley at 15 and 25 ˚C was 43.8 and 65.1 ˚C-days, respectively and for prickly lettuce at 15, 25 and 35 ˚C was 44.6, 31.7 and 32.9 ˚C-days, respectively. The highest and lowest thermal time required for 50% emergence of wild barley were 209.6 and 99.8 °C-days, which occurred at 25 ˚C, -0.045 MPa and at 15˚C, -0.172 MPa, respectively and for prickly lettuce were 70.0 and 49.7 ˚C-days, which occurred at 15˚C, -0.172 MPa and at 35˚C, -0.172 MPa, respectively. The results of the field experiment showed that the highest emergence percentage for wild barley and prickly lettuce was 97.6 and 56.2% that occurred in November at the 3- day irrigation interval and in April at the 5-day irrigation interval, respectively. The lowest emergence percentage for wild barley

and prickly lettuce was 78.2 and 21.3% that occurred in October at the 3- day irrigation interval and in May at the 7-day irrigation interval, respectively. The longest hydrothermal time to achieve 50% emergence in wild barley was 384.2 ˚C-days-MPa in October at the 7-day irrigation interval and in prickly lettuce was 179.2 ˚ in May at the 5-day irrigation interval. The shortest hydrothermal time to achieve 50% emergence in wild barley was 84.6 °C-days-MPa in November at the 3-day irrigation interval and in prickly lettuce was 43.3 °C-days-MPa in March at the 3-day irrigation interval.

Keywords: Water potential, soil temperature, weeds, seed emergence, MPa-˚C-days

References:

Chauhan, B. S., and Johnson, D. E. 2008. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Eclipta (*Eclipta prostrata*) in a tropical environment. *Weed Science*, 56 (3), 383-388.

Guan, B. *et al.* 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal of Arid Environment*, 73 (1), 135-138.

Zhou, J., and Deckard, E. L. 2005. Factors affecting eastern black nightsho (*Solanum ptycanthum*) seed germination. *Weed Science*, 53 (5), 651-656.