Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 125-139

Study of Biological Aspect of Germination and Emergence in Morning Glory (*Ipomoea purpurea* L.)

I. Abbasi[1], F. Zaefarian[2*], M. Younesabadi[3]

Received: 12-8-2021
Revised: 03-11-2021
Accepted: 04-12-2021
Available Online: 20-06-2022

How to cite this article:
Abbasi, I., Zaefarian, F., & Younesabadi, M. (2022). Study of Biological Aspect of Germination and Emergence in Morning Glory (*Ipomoea purpurea* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(1): 125-139. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JPP.2021.71833.1043

Introduction

Weeds are among the worst limiting factors of the crop yield potential. *I. purpurea* belongs to *Convolvulaceae* family and is an annual broadleaf vine and a problem weed in many annual and perennial crops. This weed is becoming an increasing problem in soybean fields of Mazandaran province, Iran. Seed germination is one of the most important processes for weed success in agricultural ecosystems; because the first step is for a weed to compete in an ecological nich. Understanding the biology and germination pattern and emergence of common weeds in crops is an undeniable necessity in effective weed management systems. This process is regulated by several environmental factors such as light, salinity, pH and soil moisture. Among the factors affecting germination, temperature and light are the most important regulatory environmental factors. Temperature has significant effects on germination characteristics such as onset, rate and rate of germination, therefore it is the most critical factor that determines the success and failure of plant establishment. Salinity and drought are one of the most important environmental stresses that affect germination. Weed phenology is determined by the interaction between plant internal factors and external environmental signals such as temperature, day length and drought; phenological stages and their characteristics are very important for the design and implementation of weed management methods. A better understanding of the germination biology of *I. purpurea* would facilitate the development of better control strategies for this weed. Also, predict the weed phenological developments are useful research tools for advancing our knowledge of population dynamics or crop and weed competition; in this way, the study of phenology allows accurate estimation of weed competition time and its effect on crop yield. The aim of this study was to investigate the effect of temperature, salinity, and drought and to investigate the phenology of this weed based on the growing degree-day.

Materials and Methods

These experiments were conducted in the weed science laboratory of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. The treatments were carried out in a completely randomized design with four replications. The treatments including constant temperature with 8 levels: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, and 40 °C; salinity stress in 9 levels of control, 0.92, 1.84, 3.68, 7.36, 14.75, 29.5, 35 and 40 (dS m^{-1} chloride sodium), drought stress in 6 levels of control, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1 MPa. To study the phenology of *I. purpurea*, a field experiment was accomplished in a randomized complete block design.

Results and Discussion

The results showed that *I. purpurea* seeds started to germinate at 10 °C and the germination percentage increased with increasing temperature. No germination occurred at 40 ºC. To determine the cardinal

1 and 2- M.Sc Student of Weed Science and Associate Professor of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: fa.zaefarian@sanru.ac.ir)
3- Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, AREEO, Gorgan, Iran

temperatures beta, segmented and dent-like models were used. The dent-like model was the best model to predict the germination rate. Based on the dent-like model outputs, base, lower limit optimum, upper limit optimum and maximum temperatures of *I. purpurea* seed germination were 7.39, 23.54, 29.54, and 39.54 °C, respectively. Also, the salinity level of 31.33 dS m^{-1} causes a 50% reduction in germination percentage. In drought stress, the highest germination percentage (100%) was observed in the control treatment and the lowest germination percentage (97.5%) was observed in -0.4 MPa. In general, six phenological stages were recorded, including emergence, stem elongation, budding, flowering, fruiting, and seed maturation. The results showed that the shortest and longest growth stages of this weed in terms of time are emergence and stem elongation, respectively. It was observed that the *I. purpurea* is a weed that completes its phenological stages in 168 days by achieving 2378.01 growing degree-day. These results revealed that the best time to control of this weed is before the flowering stage.

Conclusion

Seed germination of this weed is in the temperature range of 10 to 35 °C and it seems that this weed germinates better at warmer temperatures. Chemical methods are among the most common methods in controlling weeds and other invasive species in the country, so the spread of these species in addition to direct effects can increase the use of chemical pesticides on farms and double the negative consequences of these species. Therefore, with full knowledge of the different stages of *I. purpurea* phenology, it is possible to plan for proper management. From a managerial point of view, the best time to use the herbicide is in the 3-4 leaf stage; however, in case of negligence at this stage, they should be checked before bud production so that its seeds do not enter the seed bank; because the seeds of this plant are considered as causes of pollution in the field.

Keywords: Cardinal temperature, Drought and salinity stress, Germination, Morning glory, Phenology

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۱۳۹-۱۲۵

بررسی جنبه‌های زیستی جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای نیلوفرپیچ (*Ipomoea purpurea* L.)

ایمان عباسی[۱]- فائزه زعفریان[۲*]- معصومه یونس آبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۳

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر دما، شوری و خشکی و همچنین مطالعه فنولوژی این علف هرز بر اساس درجه روز-رشد می‌باشد. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد، که عبارت بودند از: دمای کاردینال در هشت سطح شامل: ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، تنش شوری در نه سطح شاهد، ۰/۹۲-، ۱/۸۴-، ۳/۶۸-، ۷/۳۶-، ۱۴/۷۵-، ۲۹/۵-، ۳۵ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم و تنش خشکی در شش سطح شاهد، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال. برای بررسی فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل انجام شد. بذور از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد شروع به جوانه‌زنی کردند و با افزایش دما بر درصد جوانه‌زنی افزوده شد. با بررسی پارامترهای مختلف، مدل دندان مانند به‌عنوان مدل برتر انتخاب و دمای پایه، مطلوب فوقانی، مطلوب تحتانی و سقف به‌ترتیب ۷/۳۹، ۲۳/۵۴، ۲۹/۵۴ و ۳۹/۵۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. همچنین سطح شوری ۳۱/۳۳ دسی‌زیمنس سبب ۵۰ درصد کاهش درصد جوانه‌زنی در این گیاه می‌شود. در تنش خشکی بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد) در تیمار شاهد و کمترین درصد جوانه‌زنی (۹۷/۵ درصد) در تیمار ۰/۴- مگاپاسکال مشاهده شد. درمجموع شش مرحله فنولوژی ازجمله سبز شدن، ساقه رفتن، غنچه‌دهی، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی بذر ثبت شد. نتایج نشان داد که کوتاهترین و طولانی‌ترین مراحل رشدی این علف هرز ازنظر زمانی به ترتیب سبز شدن و ساقه‌دهی می‌باشد. همچنین مشخص شد که نیلوفرپیچ مراحل فنولوژیکی خود را طی ۱۶۸ روز و با کسب ۲۳۷۸/۰۱ درجه روز-رشد به پایان می‌رساند. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که بهترین زمان کنترل این علف هرز، قبل از شروع مرحله گلدهی است.

واژه‌های کلیدی: دمای کاردینال، تنش خشکی و شوری، جوانه‌زنی، فنولوژی، نیلوفرپیچ

مقدمه

نیلوفرپیچ با نام علمی *Ipomoea purpurea* L. از خانواده Convolvulaceae، گیاهی یک‌ساله‌ی علفی و بالارونده که به‌وسیله بذر تکثیر پیدا می‌کند (Bryson and Defelice, 2010). محققان گزارش کردند که تراکم ۸-۲ بوته در متر مربع نیلوفرپیچ می‌تواند باعث کاهش عملکرد سویا به‌میزان ۴۳ درصد شود. همچنین تراکم ۱۵ بوته در متر مربع این گیاه سبب کاهش ۳۳ درصدی عملکرد دانه پنبه می‌شود (Crowley and Buchan, 1978). علاوه‌بر کاهش قابل توجه عملکرد گیاه زراعی در تداخل با این علف هرز، نیلوفرپیچ از طریق اختلال در عملیات برداشت باعث ایجاد مشکلات زیادی برای کشاورزان می‌شود (Kiani *et al.*, 2015). ساوری‌نژاد و همکاران (Savari-Nejad *et al.*, 2010) بیان کردند از دلایل موفقیت و بقای این علف هرز، تولید بذر فراوان و سازگاری بالا با شرایط اقلیمی منطقه و عدم وجود علف‌کش مناسب جهت کنترل آن می‌باشد که در گسترش و غالبیت آن در مزارع سویا نقش بسزایی داشته است و شرایط را برای مهاجم شدن آن فراهم کرده است.

جوانه‌زنی بذر، از مهم‌ترین فرآیندها برای موفقیت علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد؛ چراکه اولین مرحله برای رقابت یک

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: (Email: fa.zaefarian@sanru.ac.ir
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
DOI: 10.22067/JPP.2021.71833.1043

علف هرز در یک آشیان اکولوژیک است (Kiani *et al.*, 2015). مطالعه بیولوژی و الگوی جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های هرز رایج در محصولات زراعی برای شناخت و مدیریت علف‌های هرز مؤثر می‌باشد (Shakarami *et al.*, 2011)؛ و این فرآیند به‌وسیله چندین عامل محیطی مانند نور، شوری، pH و رطوبت خاک تنظیم می‌شود (Koger *et al.*, 2004). در بین عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی دما و نور از مهم‌ترین عوامل محیطی تنظیم‌کننده است. دما، اثرات قابل‌توجهی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ازجمله شروع، میزان و سرعت جوانه‌زنی دارد، ازاین‌رو بحرانی‌ترین عاملی است که موفقیت و عدم موفقیت در استقرار گیاه را تعیین می‌کند (Elahifard *et al.*, 2013). آگاهی از دماهای کاردینال جوانه‌زنی، یکی از نیازمندی‌های اساسی در رسیدن به کنترل علف‌های هرز است، چراکه توانایی پیش‌بینی زمان خروج گیاهچه‌های علف‌های هرز می‌تواند در تعیین زمان مطلوب عملیات کنترل علف‌های هرز، توسعه کارایی روش‌های کنترل، کاهش استفاده از علف‌کش از طریق مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مؤثر باشد (Ghaderi Far *et al.*, 2012).

شوری و خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنش شوری از طریق کاهش سرعت جذب آب و یا افزایش خروج یون‌ها که ممکن است فعالیت‌های هورمونی و آنزیمی را تغییر دهد، باعث تأثیر بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر می‌شود؛ همچنین پتانسیل آب خاک می‌تواند نقش مهمی در جوانه‌زنی و کاهش آن ایفاء کند (Muscolo *et al.*, 2011). تنش خشکی نیز موجب اختلال در جذب آب می‌گردد، درنتیجه فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی داخل بذر به‌آرامی صورت خواهد گرفت که به‌دنبال آن مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر، افزایش و درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Mojab and Zamani, 2010). افغانی و اسلامی (Afghani and Islami, 2011) در بررسی اثر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی و ذخیره‌سازی بذر ازمک (*Cardaria draba* L.) اذعان داشتند که بیشینه (۹۳ درصد) و کمینه (۷۲ درصد) درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در تناوب دمایی ۱۵/۶ و ۳۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد (شب/روز) اتفاق افتاد. همچنین، شوری تأثیر منفی بسیار زیادی بر بذر ازمک داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین جوانه‌زنی (به میزان ۹۲ درصد) در غلظت صفر میلی‌مولار کلرید سدیم رخ داد و افزایش غلظت شوری جوانه‌زنی را کاهش داد؛ بطوریکه جوانه‌زنی در شوری ۳۲۰ میلی‌مولار متوقف شد. قادری‌فر و همکاران (Ghaderi Far *et al.*, 2012) در بررسی اثر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی *Plantago ovata* اعلام داشتند که با افزایش غلظت نمک، جوانه‌زنی کاهش یافت و مقدار شوری و پتانسیل اسمزی برای بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی به‌ترتیب ۳۲۸ میلی‌مول و ۱/۲۴- مگاپاسگال است.

فنولوژی علف هرز با تعامل بین عوامل داخلی گیاه با سیگنال‌های زیست‌محیطی خارجی مانند دما، طول روز و خشکی تعیین می‌شود؛ مراحل فنولوژیکی و ویژگی‌های آن‌ها، برای طراحی و اجرای روش‌های مدیریت علف‌های هرز بسیار مهم است (Dincer *et al.*, 2010). شناخت پدیده‌های ظهور علف‌های هرز در برنامه‌ریزی کنترلی مانند برنامه‌های کاربردی علف‌کش یا راهبردهای غیرشیمیایی مهم است (Bullied *et al.*, 2003). فنولوژی علف هرز، از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده نتیجه‌ی رقابت گیاه زراعی و علف هرز است؛ به‌این صورت که مطالعه فنولوژی، تخمین درستی از زمان رقابت علف هرز و اثری که بر عملکرد محصول زراعی دارد، میسر می‌کند (Aleebrahim *et al.*, 2009). زمان رسیدن به ظهور، رشد و تکثیر جنسی برای موفقیت علف‌های هرز مهاجم بسیار مهم است. فنولوژی گیاهی نیز به‌شدت توسط عوامل آب و هوایی کنترل می‌شود و درنتیجه، یکی از قابل اعتمادترین شاخص‌های زیستی تغییرات آب و هوایی است (Sohrabi *et al.*, 2016). آگاهی از زمان دقیق رویش علف هرز، مطابق شرایط آب و هوایی منطقه و هم‌چنین اطلاع از فواصل زمانی مراحل رشدی می‌تواند در کنترل هر چه بهتر این علف هرز مؤثر باشد؛ چراکه با در دست داشتن اطلاعات دقیق مراحل رشدی، می‌توان زمان کاشت محصولات هم‌خانواده‌ی این علف هرز که امکان رقابت با آن‌ها دارد را مدیریت کرد و از این طریق، از قدرت رقابت این علف هرز کاست (Cave *et al.*, 2013). همچنین کاربرد علف‌کش در بهترین مرحله از رشد علف هرز، از دیگر فواید دستیابی به اطلاعات دقیق فنولوژی علف هرز است زیرا یکی از مکانیسم‌های انتخابی عمل کردن علف‌کش‌ها، زمان کاربرد و توجه به مرحله فنولوژیکی علف هرز و محصول است. با توجه به مشکل‌ساز بودن علف هرز نیلوفرپیچ در مزارع مختلف استان مازندران و گسترش شدت آلودگی، اطلاعات جامع زیستی و بوم‌شناختی جوانه‌زنی این علف هرز در برنامه‌های مدیریتی ضروری است؛ لذا هدف این پژوهش، بررسی برخی از جنبه‌های اکولوژی جوانه‌زنی بذر این علف هرز شامل دما، شوری و خشکی و مطالعه فنولوژی این علف هرز بر اساس درجه روز–رشد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ، آزمایش‌هایی در آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. بذرهای موردنیاز در این پژوهش در تابستان سال قبل از مزارع سویا آلوده به علف هرز نیلوفرپیچ شهرستان ساری و پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بوته‌های نیلوفرپیچ جمع‌آوری شدند. بذور تا آغاز آزمایش، در شرایط خشک و تاریک و در پاکت‌های کاغذی و در دمای اتاق (۲۴±۱ °C) نگهداری شدند و پس از گذشت یک دوره‌ی پس‌رسی، مورد استفاده

قرار گرفت. برای جلوگیری از آلودگی احتمالی، تمامی ظروف در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. در راستای پرهیز از آلودگی‌های قارچی، بذرها با استفاده از محلول هیپوکلرید دو درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی شده و بعد از شش مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. آزمایش‌های آزمایشگاهی به‌شرح زیر در قالب طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار اجرا شد.

بررسی اثر دما بر جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال: به‌منظور بررسی اثر دما بر جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (دمای پایه، مطلوب و سقف برای جوانه‌زنی) نیلوفرپیچ، بذرها در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد داخل دستگاه ژرمیناتور (مدل Labtech)، با تناوب ۱۶/۸ ساعت (تاریکی/روشنایی) و رطوبت ۶۵ درصد قرار گرفتند. برای انجام آزمون جوانه‌زنی در هر دما، چهار تکرار ۲۵ تایی از بذرها شمارش و روی یک لایه کاغذ صافی واتمن در پتری‌دیش‌هایی به قطر نه سانتی‌متر قرار گرفتند. شمارش بذرها روزانه (هر ۱۲ ساعت) صورت گرفت و تا ۳ روز بعد از متوقف شدن جوانه‌زنی ادامه یافت. معیار بذرهای جوانه‌زده خروج ریشه‌چه، به‌اندازه دو میلی‌متر بود (Singh *et al.*, 2012). در کلیه تیمارهای دمایی منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان (سرعت) ترسیم و زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی از طریق درون‌یابی برآورد گردید. همچنین معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی از برنامه Germin استفاده شد (Tamartash *et al.*, 2010).

معادله (۱)
$$R_{50}=\frac{1}{D_{50}}$$

در این معادله R_{50} سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت)، D_{50} (زمانی که جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر مقدار خود می‌رسد) می‌باشد. برای بررسی واکنش جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال مدل‌های رگرسیون غیرخطی تابع دندان مانند، دوتکه‌ای و بتا–۵ پارامتره برازش داده شد.

معادله تابع دندان مانند (Dent- like) به‌صورت زیر است (معادله ۲):

معادله (۲)
$$f(T)=(T-T_b)/(T_{o1}-T_b) \text{ if } T_b< T\leq T_{o1}$$
$$f(T)=(T_c-T)/(T_c-T_{o2}) \text{ if } T_{o2}< T\leq T_c$$
$$f(T)=1 \text{ if } T_{o1}< T\leq T_{o2}$$
$$f(T)=0 \text{ if } T\leq T_b \text{ or } T\geq T_c$$

معادله تابع دوتکه‌ای (Segmented) به‌صورت زیر است (معادله ۳):

معادله (۳)
$$f(T)=(T-T_b)/(T_o-T_b) \text{ if } T_b< T\leq T_o$$
$$f(T)=1-(T-T_o)/(T_c-T_o)] \text{ if } T_o< T\leq T_c$$
$$f(T)=0 \text{ if } T\leq T_b \text{ or } T\geq T_c$$

معادله تابع بتا ۵–پارامتره (Beta 5-parameters) به‌صورت زیر است (معادله ۴):

معادله (۴)
$$f(T)=(((T_c-T)/(T_c-T_o))*((T-T_b)/(T_o-T_b)))^{a} \quad a=(To-Tb)/(Tc-To)$$

که در این معادله‌ها، T_b دمای پایه، To_1 دمای مطلوب تحتانی، To_2 دمای مطلوب فوقانی، T_c دمای سقف و $f(T)$ تابع دمایی سرعت جوانه‌زنی هستند. برای ارزیابی برازش مدل‌ها از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد.

اثر سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بذر: سطوح مختلف شوری با استفاده از نمک NaCl به‌روش وانت هوف (Van't Hoff , 1887) مورد بررسی قرار گرفت. سطوح شوری مورد مطالعه شامل ۰، ۰/۹۲، ۱/۸۴، ۳/۶۸، ۷/۳۶، ۱۴/۷۵، ۲۹/۵، ۳۵ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم بودند. همچنین سطوح مختلف تنش خشکی شامل محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی ۰، ۰/۲–، ۰/۴–، ۰/۶–، ۰/۸– و ۱– مگاپاسکال بودند. پتانسیل مختلف آب بر اساس فرمول میچل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) و با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ تهیه شدند. این آزمایش‌ها در چهار تکرار ۲۵ بذری انجام شد، سپس پتری‌دیش‌ها داخل ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد که دمای بهینه جوانه‌زنی بذر می‌باشد (بر اساس آزمون تعیین دمای کاردینال)؛ قرار گرفتند. شمارش بذرها روزانه انجام شد و بذور جوانه‌زده از داخل پتری‌دیش‌ها حذف گردید. به‌منظور ارزیابی اثر تنش شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ، از مدل لجستیک سه پارامتره (معادله ۵) استفاده شد.

معادله (۵)
$$Y=\frac{G_{max}}{1+\left(\frac{X}{X_{50}}\right)^{b}}$$

که در این معادله Y درصد جوانه‌زنی، G_{max} حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_{50} مقدار متغیر لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری و خشکی و b نشانگر شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش سطوح مختلف شوری و خشکی می‌باشد.

بررسی مورفولوژی و فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ بر اساس درجه روز–رشد: به‌منظور تعیین مورفولوژی و فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ، آزمایش مزرعه‌ای در فصل زراعی سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقات زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، اجرا شد. اطلاعات دمای شبانه‌روز منطقه از خرداد ماه تا آبان ماه ۱۳۹۴ (از زمان سبز شدن تا رسیدگی) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ساری گرفته شد (جدول ۱). این آزمایش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار در کرت‌هایی با ابعاد ۱×۱ متر مربع انجام شد که فاصله کرت‌ها از هم ۰/۵ متر تعیین گردید. جهت تعیین مورفولوژی و فنولوژی به‌ترتیب ۲۴ و شش کرت انتخاب شد. ۱۰ بذر

از نیلوفرپیچ در ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۴ در هر کرت کاشته شد. برای تعیین مورفولوژی در طی هشت مرحله و هر مرحله از سه کرت نمونه‌برداری انجام شد. اولین نمونه‌گیری ۴۵ روز بعد از کاشت (۳۰ تیر ماه) و نمونه‌گیری‌های بعدی هر ۱۵ روز انجام شد و تا ۱۲ آبان ۱۳۹۴ ادامه داشت. در هر مرحله بوته‌های علف هرز نیلوفرپیچ به‌طور کامل برداشت‌شده و صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد غنچه، تعداد گل، تعداد کپسول و وزن خشک مورد ارزیابی قرار گرفت.

لازم به ذکر است که برای شمارش گل‌های بازشده، گل‌های روی بوته هر ۱۵ روز شمارش و از مجموع گل‌های شمارش‌شده در ۱۵ روز قبل، کسر می‌شدند. در پایان رشد، هنگام جمع‌آوری بوته‌ها، ابتدا میوه‌های موجود در بوته‌ها شمارش و از گیاه جدا و سپس بذور درون میوه‌ها شمرده شدند. از هر بوته ۱۰ میوه به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد بذر آن شمارش شد.

جدول ۱- پارامترهای درجه حرارت، بارندگی و رطوبت نسبی در فصل رشد علف هرز نیلوفرپیچ

Table 1- Parameters of temperature, rainfall and relative humidity in the growing season of morning glory

اطلاعات Information	ماه‌های سال ۱۳۹۴ Months of 2015						
	تیر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October	آذر November	دی December
میانگین دمای حداقل Average of minimum temperature	10.2	13.6	19.2	21.4	16.6	12.5	7.3
میانگین دمای حداکثر Average of maximum temperature	19.8	24.6	27.7	30.9	27.3	22.3	16.2
میانگین دما Average of temperature	14.91	19.1	24	26.2	21.9	17.4	11.7
مجموع بارندگی Total rainfall (mm)	31.5	32.6	8.9	10.4	55.2	118.6	110.9
متوسط رطوبت نسبی Average of relative humidity (٪)	78	74	74	71	76	80	82

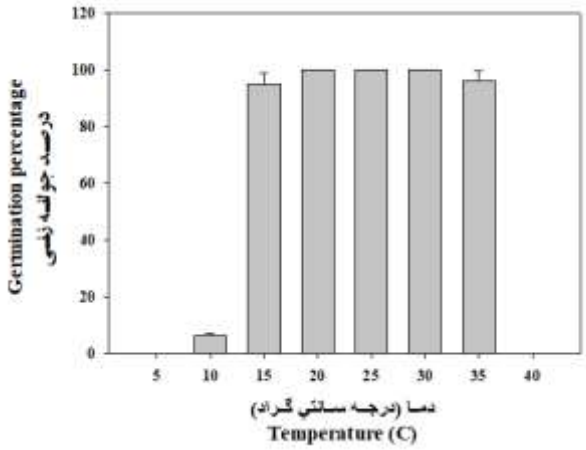
به‌منظور ثبت مراحل فنولوژی، از زمان کشت بذر و ظهور گیاه در سطح خاک تا پایان دوره‌ی رشد گیاه، بوته‌های علف هرز نیلوفرپیچ هفته‌ای دو بار مورد بررسی قرار گرفتند. این مراحل عبارت‌اند از: ۱- سبز شدن (ظهور اندام‌های هوایی)، ۲- ساقه‌دهی، ۳- غنچه‌دهی، ۴- گلدهی، ۵- میوه‌دهی و ۶- رسیدگی. از آنجا که همه گیاهان کاشته شده در یک زمان وارد فاز جدیدی از رشد نمی‌شوند، کرت‌ها دو بار در هفته بازدید شدند. تمام بوته‌های موجود در هر کرت، معیار سنجش بودند و هنگامی که ۲۵ و ۷۵ درصد گیاهان مربوط به هر کرت وارد مرحله‌ای از رشد شدند آن زمان به ترتیب شروع و پایان هر مرحله در نظر گرفته شد (Aleebrahim *et al.*, 2009). طی ثبت مراحل فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ، به محض ورود به مرحله فنولوژی مورد نظر، زمان و درجه روز-رشد ثبت شد و با استفاده از اطلاعات هواشناسی و همچنین تاریخ ثبت مراحل رشدی، میزان دمای تجمعی لازم برای طی کردن مراحل فنولوژیکی بر اساس درجه روز- رشد (GDD) محاسبه شد (معادله ۶):

$$GDD = \sum_{i=1}^{n} \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - Tb \qquad \text{معادله (۶)}$$

در این معادله GDD درجه روز-رشد تجمعی، T_{min} و T_{max} به ترتیب دماهای حداقل و حداکثر، T_b صفر فیزیولوژیکی یا دمای پایه جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ (متوسط دمایی که اولین اندام هوایی ظاهر شد) می‌باشد. در پژوهش حاضر، دمای پایه جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ ۷/۳۴ درجه سانتی‌گراد (طبق نتایج آزمون تعیین دمای کاردینال) در نظر گرفته شد. جهت تحلیل نتایج حاصل، مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Sigma plot v.13 صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر دما بر درصد جوانه‌زنی و دمای کاردینال: درصد جوانه‌زنی نیلوفرپیچ با افزایش دما، افزایش یافت. بیشترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در تیمارهای ۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز جوانه‌زنی صورت نگرفت (شکل ۱).



شکل ۱- اثر دما بر درصد جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ

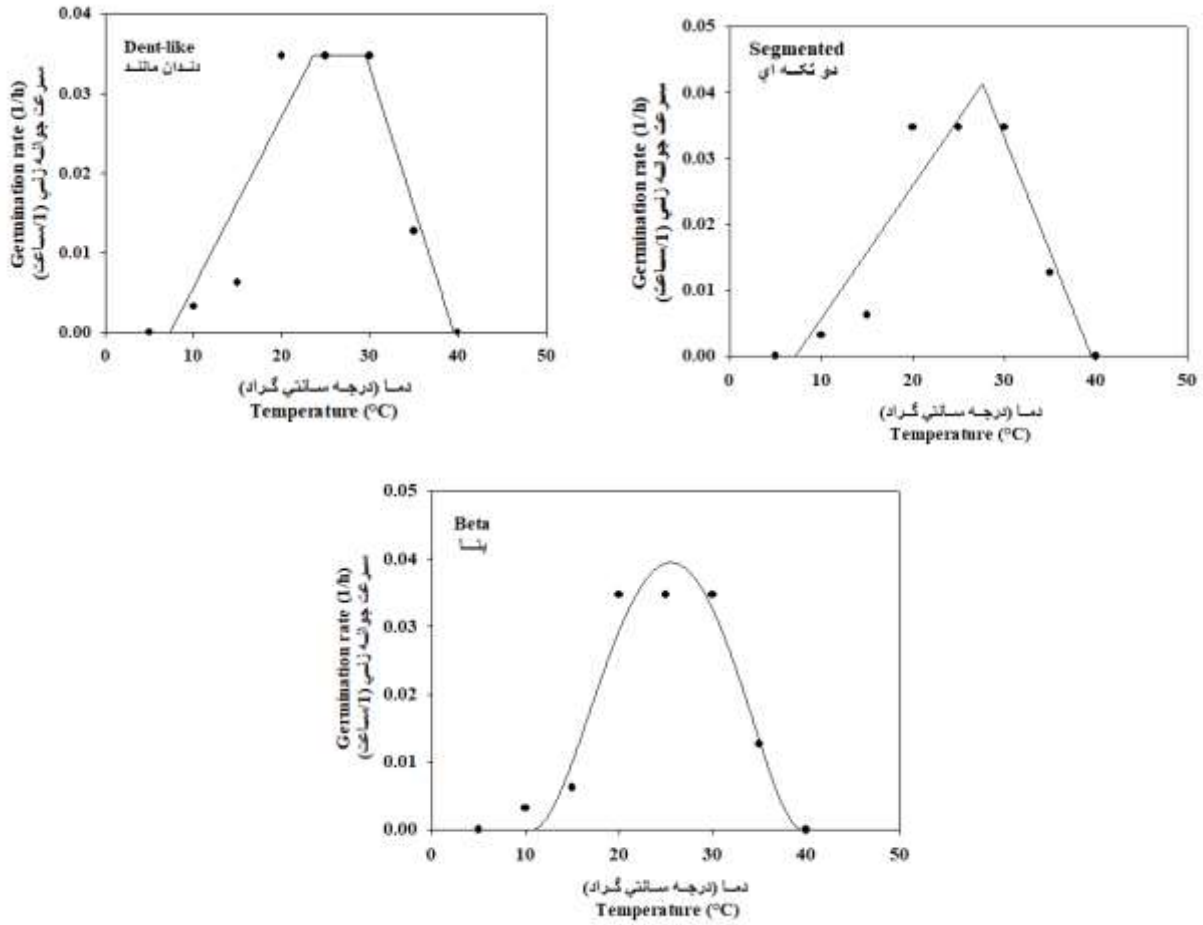
Figure 1- The effect of temperature on germination percentage of morning glory

پاسخ سرعت جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ به دما با استفاده از مدل دندان مانند، دوتکه‌ای و بتا توصیف شد (شکل ۲). با توجه به نتایج حاصل از برازش مدل‌های مورداستفاده برای بررسی دماهای کاردینال جوانه‌زنی نیلوفرپیچ مدل‌های دندان مانند، بتا و دوتکه‌ای بر اساس بالاترین مقدار R^2 به‌ترتیب با ۰/۹۲، ۰/۸۹ و ۰/۸۶ بهترین برازش را نشان دادند (جدول ۲). در این مطالعه مقادیر دماهای کاردینال (دماهای پایه، مطلوب تحتانی، مطلوب فوقانی و سقف) برآورد شده از مدل دندان مانند، برای جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ به‌ترتیب معادل ۷/۳۴، ۲۳/۵۴، ۲۹/۵۴ و ۳۹/۵۴ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس مدل دوتکه‌ای برازش داده شده دماهای پایه، مطلوب و سقف به‌ترتیب ۷/۱۸، ۲۷/۶۴ و ۳۹/۵۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و بر اساس مدل رگرسیونی بتا ۵ پارامتره به ترتیب ۱۰/۴۶، ۲۵/۵۵ و ۳۹/۵۲ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲). کمترین دمای پایه جوانه‌زنی بر اساس مدل دندان مانند و دوتکه‌ای برآورد شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که از بین مدل‌های رگرسیون غیرخطی استفاده‌شده، مدل دندان مانند نسبت به دو مدل دوتکه‌ای و بتا بر اساس صحت بالاتر (R^2= ۰/۹۲) و خطای کمتر (RMSE= ۰/۰۴۳) از دقت بیشتری در توصیف سرعت جوانه‌زنی نیلوفرپیچ نسبت به دما برخوردار است (جدول ۲). در بین مدل‌های بررسی‌شده، از مدل دندان مانند به‌دلیل برازش و دقت بالا برای پارامترهای برآورد شده دماهای کاردینال می‌توان در تهیه و ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی زمان ظهور گیاهچه در مزرعه استفاده کرد.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش سه مدل رگرسیونی بر سرعت جوانه‌زنی نیلوفرپیچ

Tabel 2- Estimated parameters from the fit of three regression models on the germination rate of morning glory

مدل Model	دمای پایه Base temperature (˚C)	دمای مطلوب تحتانی Lower optimum temperature (˚C)	دمای مطلوب فوقانی Upper optimum temperature (˚C)	دمای سقف Ceiling temperature (˚C)	تعداد ساعت بیولوژیک Biological hours	A	R^2	RMSE
Dent like	7.34 (2.63)	23.54 (5.79)	29.54 (3.32)	39.54 (2.07)	28.76 (3.87)	-	0.92	0.043
Segmented	7.18 (2.40)	27.64 (1.98)	-	39.54 (1.80)	24.17 (3.08)	-	0.86	0.098
Beta (5-parameters)	10.46 (1.70)	25.55 (1.44)	-	39.52 (2.29)	25.51 (2.44)	1.99 (0.34)	0.89	0.161



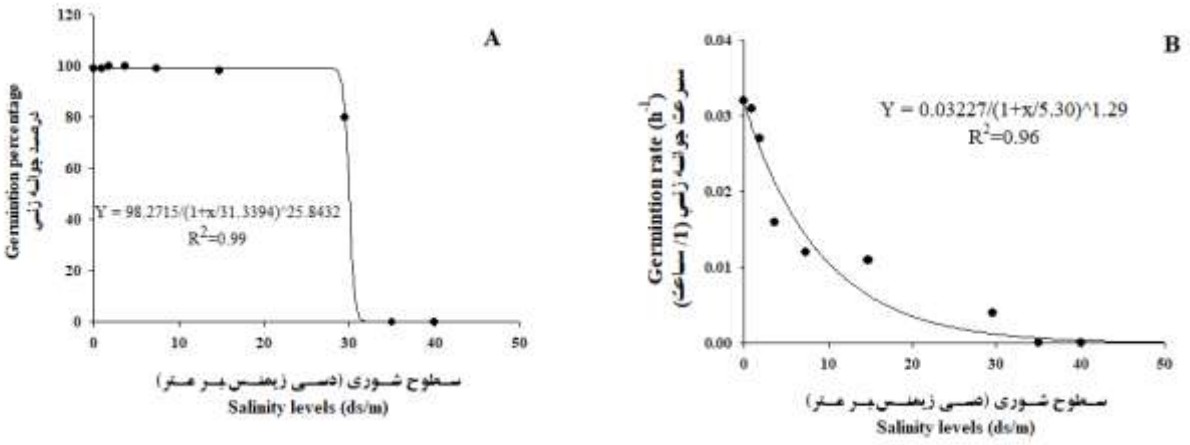
شکل ۲- سرعت جوانه‌زنی نیلوفرپیچ در دماهای مختلف با استفاده از مدل دندان مانند، دوتکه‌ای و بتا- ۵ پارامتره

Figure 2- Germination rate of morning glory using Dent-like, Segmented and Beta models

دما مهم‌ترین نیروی محرکه مؤثر بر سرعت نمو گیاه زراعی است. اثرات دما بر نمو گیاه، مبنایی برای مدل‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی است. دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی مهم‌ترین پارامترهای مدل‌های پویایی علف‌های هرز می‌باشند. این مدل‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی اثرات طولانی‌مدت سامانه‌های زراعی و راهبردهای مدیریتی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرند (Ghaderi Far *et al.*, 2012). از دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی در دماهای غیرمطلوب می‌توان به کاهش و یا ممانعت از فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه کاهش سرعت فرآیندهای زیستی لازم برای جوانه‌زنی در این دماها اشاره کرد (Gorgani *et al.*, 2017). همچنین، کاهش کارایی سوخت‌وساز بذرها از دیگر عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش شده است (Thygerson *et al.*, 2002). برادفورد (Bradford, 2002) نیز بیان داشت که در دماهای بالاتر از مطلوب تاخوردگی پروتئین‌ها، اختلال در غشاءها و اثرات متقابل با خشکی وجود دارد. از طرفی افزایش دما علاوه بر اثرات یادشده می‌تواند زوال بذر را نیز به‌دنبال داشته باشد. به‌نحوی‌که عملاً جوانه‌زنی بذور نیلوفرپیچ در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید. در مطالعه‌ای دیگر دمای پایه، مطلوب و بیشینه جوانه‌زنی گونه‌ای از نیلوفرپیچ (*Ipomoea* spp.) را به‌ترتیب ۹، ۳۰ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند (Kiani *et al.*, 2015). حال آن‌که در تحقیقی دیگر دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی گونه *I. triloba* به‌ترتیب ۹، ۲۷ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. همچنین، در آزمایشی که برای تعیین دماهای کاردینال بر جوانه‌زنی نیلوفر وحشی *I. purpurea* انجام شده بود؛ مشخص شد که دمای پایه، بهینه و سقف به‌ترتیب ۸/۳، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Singh *et al.*, 2012). سارانی (Sarani *et al.*, 2019) نشان دادند مدل دندانه‌ای نسبت به مدل خطوط متقاطع و بتا از دقت بیشتری در توصیف سرعت جوانه‌زنی نیلوفرپیچ گونه *I. nil* نسبت به دما برخوردار بود، و دمای پایه، بهینه اول و بهینه دوم و حداکثر را ۱۰/۹، ۲۲/۳۰،

۲۹/۷۸، ۳۹/۹۲ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند.

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر جوانه‌زنی: بررسی تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی نیلوفرپیچ در برابر سطوح مختلف شوری با استفاده از مدل سه پارامتره لجستیک نشان داد که غلظتی از نمک NaCl که باعث کاهش ۵۰ درصدی درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود به‌ترتیب ۳۱/۳۳ و ۵/۳۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده شد و با افزایش سطوح شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی در نیلوفرپیچ کاهش یافت (شکل ۳، A-B). نکته قابل‌توجه این است که سرعت جوانه‌زنی حساسیت بیشتری به سطوح مختلف شوری نسبت به درصد جوانه‌زنی نشان داد (شکل ۳). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و بالطبع کاهش جذب آب توسط بذر و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Zeinali *et al.*, 2002). علت کم شدن درصد جوانه‌زنی در تنش شوری، فشار اسمزی محلول است که باعث بهم خوردن تعادل یونی می‌شود و درنتیجه روی کنش‌ها و واکنش زیستی بذر تأثیر می‌گذارد؛ درنتیجه، فعالیت آنزیم‌های موجود در بذر و یا آنزیم‌هایی که جهت رشد ساخته می‌شوند، متوقف شده؛ لذا انرژی لازم برای جوانه‌زنی و سایر فعالیت‌های رشد فراهم نمی‌شود (Bajji *et al.*, 2002). در اکثر تحقیقاتی که روی جوانه‌زنی گیاهان انجام شده است با افزایش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن گیاهچه کاهش می‌یابد (Tamartash *et al.*, 2010; Tavili *et al.*, 2015). گرگانی و همکاران (Gorgani *et al.*, 2017) نشان دادند که گیاه نیلوفرپیچ گونه *I. hederaceae* از توانایی زیادی در تحمل شوری خاک برخوردار بود؛ به‌نحوی‌که شوری ۱/۶۴- مگاپاسکال فقط می‌تواند باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی این گیاه گردد. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2012) بیان داشتند که جوانه‌زنی *I. purpurea* در تیمار شاهد ۹۰ درصد بود، درحالی‌که در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در دمای بهینه جوانه‌زنی به کمتر از ۴۰ درصد کاهش یافت و در غلظت ۲۵۰ میلی‌مولار جوانه‌زنی متوقف شد. مطالعه اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی علف هرز تاج‌ریزی برگ نقره‌ای (*Solanum elaeagnifolium*) نشان داد این علف هرز گیاهی حساس به شوری است. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد بود و میزان جوانه‌زنی به ۵ درصد در غلظت ۱۶۰ میلی مولار کاهش یافت (Stanton *et al.*, 2012). همچنین شاکرمی و همکاران (Shakarami *et al.*, 2011) بیان داشتند که افزایش تنش شوری باعث افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی و کاهش دیگر صفات مورد بررسی ازجمله درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود که با نتایج این تحقیق همسو بود.

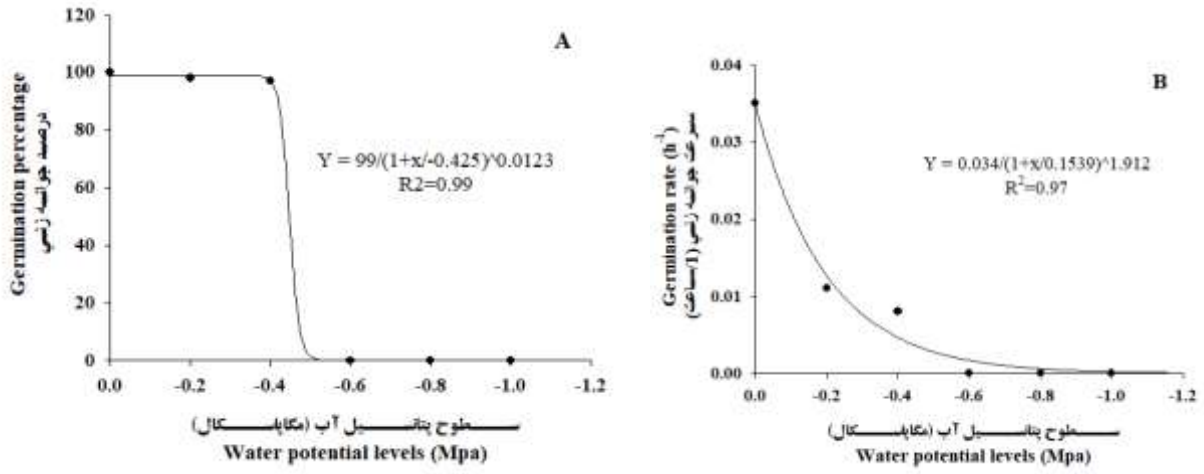


شکل ۳- اثر تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی (A) و سرعت جوانه‌زنی (B) علف هرز نیلوفرپیچ

Figure 3- Effect of salinity stress effect on germination percentage (A) and rate (B) of weed morning glory

اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر جوانه‌زنی: برای توصیف تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی علف هرز نیلوفرپیچ در برابر پتانسیل‌های مختلف آب از مدل لجستیک سه پارامتره استفاده شد (شکل ۴). نتایج نشان داد که نیلوفرپیچ حساسیت قابل‌توجهی به پتانسیل‌های پایین آب دارد. در این گیاه پتانسیل آب ۰/۴۲- مگاپاسکال باعث کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی گردید. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۰/۶- مگاپاسکال، درصد جوانه‌زنی این گیاه از ۱۰۰ درصد به صفر رسید. در پتانسیل‌های ۰/۶-، ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل ۴-A). سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل صفر معادل ۰/۳۴ بذر در ساعت بود، اما پتانسیل آب به میزان

۰/۱۵- مگاپاسگال باعث کاهش ۵۰ درصدی سرعت جوانه‌زنی گردید (شکل B-۴). با کاهش پتانسیل آب از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است. زیرا هر چه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود. کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به‌کندی صورت گیرد؛ فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی صورت خواهد گرفت؛ درنتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و ازاین‌رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (Marchner, 1995). نتایج این آزمایش بیانگر این مطلب می‌باشد که این گونه علف هرز در شرایط رطوبتی مناسب درصد جوانه‌زنی بالایی دارد؛ اما با کاهش رطوبت قابل دسترس و افزایش پتانسیل آب، جوانه‌زنی آن کاهش پیدا می‌کند و از پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال به بعد دیگر جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد. بنابراین می‌توان گفت رطوبت خاک شرایط را برای جوانه‌زنی بذر علف هرز نیلوفرپیچ مساعد می‌کند. از آنجاکه این گیاه نسبت به خشکی حساس بوده و مناطقی با خاک‌های مرطوب را می‌پسندد؛ از این‌رو می‌توان با کشت گیاهان زراعی مقاوم به خشکی در تناوب، جوانه‌زنی و رقابت این علف هرز را به‌ویژه در مراحل اولیه رشد محدود کرد. درصد جوانه‌زنی بذرهای *I. triloba* با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۰/۶- مگاپاسکال، از ۹۰ به ۶ درصد کاهش یافت و در پتانسیل آب ۰/۸- کاملاً متوقف شد که نشان‌دهنده این است که محیط‌های مرطوب برای جوانه‌زنی این علف‌هرز مناسب است (Siahmargoei *et al.*, 2016). قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2012) اظهار داشتند که با افزایش میزان تنش خشکی به‌طور غیرخطی از درصد جوانه‌زنی بذرهای سس (*Cuscuta approximate*) کاسته شد؛ به‌نحوی‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش (۷۶/۲۵ درصد) و کمترین آن (برابر صفر) مربوط به پتانسیل ۱۵- بار بود. به عبارتی کاهش ۱۰۰ درصدی در جوانه‌زنی بذر سس از شرایط عدم تنش تا پتانسیل ۱۵- بار مشاهده شد. درواقع جوانه‌زنی با افزایش تعداد سلول‌های ریشه‌چه و خروج آن از بذر اتفاق می‌افتد که با یک افزایش سریع در جذب آب همراه است و فشار لازم درون‌سلولی را برای طویل شدن سلول‌های ریشه‌چه فراهم می‌کند. لذا در شرایط تنش رطوبتی و کاهش آماس سلولی درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Fooladi *et al.*, 2016).



شکل ۴- درصد جوانه زنی (A) **سرعت جوانه زنی** (B) **علف هرز نیلوفرپیچ در پتانسیل های مختلف آب**

Figure 4- Germination percentage (A) and rate (B) of morning glory in different water potential

بررسی فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ بر اساس درجه روز - رشد

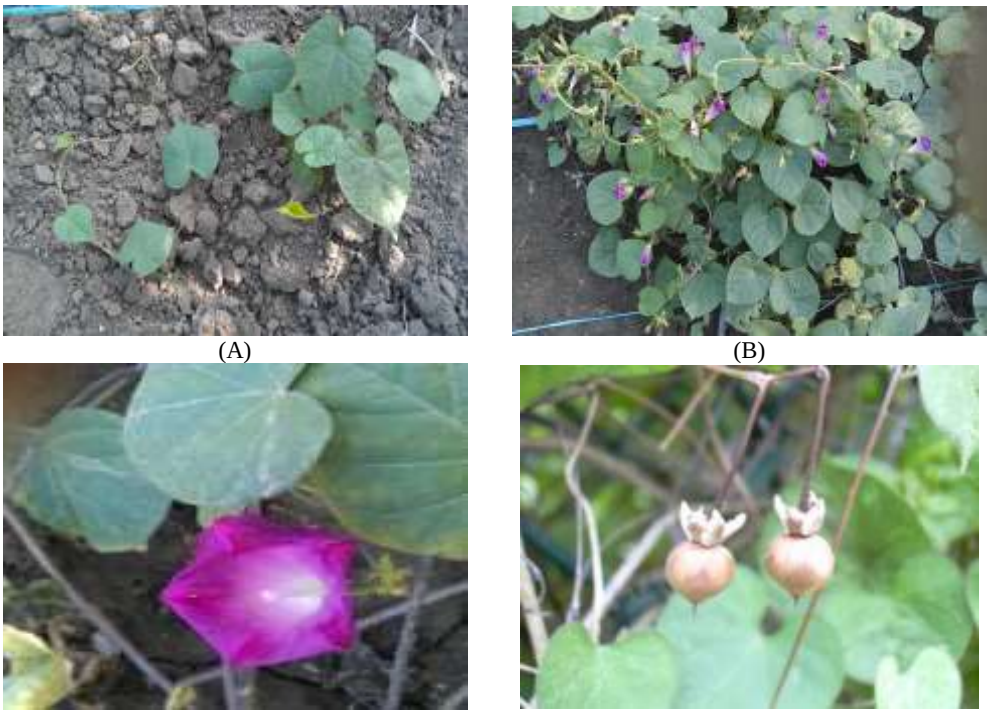
علف هرز نیلوفرپیچ گیاهی است علفی و رونده که ساقه آن گرد و به رنگ سبز روشن است که کم‌وبیش با کرک‌های ریزی پوشیده شده است. برگ‌ها متناوب و قلبی شکل می‌باشند. ساقه گل‌دهنده از محور برگ‌ها گسترش‌یافته است و کاملاً کوتاه است؛ هر ساقه حدود دو الی سه گل تولید می‌کند. گل‌های آن درشت و قیفی شکل است که در این‌گونه رنگ آن صورتی می‌باشد. هر گل تبدیل به کپسول سه خانه‌ای می‌شود که حاوی سه الی چهار بذر می‌باشد (شکل ۵).

مراحل فنولوژی: در مجموع شش مرحله فنولوژی برای علف هرز نیلوفرپیچ ثبت شد (جدول ۳). مراحل رشدی به مراحل سبز شدن،

ساقه‌دهی، غنچه‌دهی، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی بذر تقسیم شد. در جدول ۳، طول دوره مراحل فنولوژی این‌گونه علف هرز، بر اساس تعداد روز و درجه روز–رشد نشان داده شده است. با توجه به این جدول دوره‌ی زندگی علف هرز نیلوفرپیچ در شرایط مورد مطالعه طی ۱۶۷ روز از زمان کاشت بذر تا پایان رسیدگی بذر با کسب ۲۳۷۸/۰۱ درجه روز–رشد پایان می‌یابد. بذرها در اواسط خردادماه کشت شدند و طول دوره ظهور گیاهچه هفت روز، که بین صفر تا ۷۷/۹۷ درجه روز –رشد بود، به‌طول انجامید و در ۱۳ تیرماه وارد مرحله ساقه‌دهی شدند و تا پایان مرحله ساقه‌دهی به‌میزان ۲۱۳۱/۳۳ درجه روز – رشد کسب کردند. این گیاه در اواخر مهرماه وارد فاز میوه‌دهی شد و در طول این مرحله میزان ۲۱۲/۰۳ درجه روز–رشد کسب نمود. نتایج این بررسی نشان داد، طولانی‌ترین مرحله رشدی در علف هرز نیلوفرپیچ، مربوط به مرحله ساقه‌دهی و رشد برگ‌ها می‌باشد که ۱۳۷ روز به‌طول انجامید (جدول ۳).

صفات مورفولوژیک نیلوفرپیچ در درجه روز–رشد مختلف

ارتفاع: با توجه به جدول ۴ با افزایش درجه روز–رشد ارتفاع علف هرز نیلوفرپیچ افزایش یافت. بیشترین طول ساقه (۱۲۸/۶ سانتی‌متر) در محدوده ۱۹۸۷/۷۵ تا ۲۱۷۰/۶۵ درجه روز–رشد در اواخر شهریورماه به‌دست آمد. کمترین طول ساقه گیاه (۱۶/۳ سانتی‌متر) هم در اواخر تیرماه در فاصله درجه روز – رشد ۴۷۹/۷۵ تا ۷۰۱/۳۵ بود (جدول ۴).



(A) (B) (C) (D)

شکل ۵- مراحل رشدی گیاه نیلوفرپیچ A) ساقه‌دهی، B) غنچه‌دهی، C) گلدهی D) میوه دهی

Figure 5- Growth stages of morning glory A) Stem elongation B) flowering, C) fruit, D) seed maturity

جدول ۳- رابطه مراحل فنولوژی با درجه روز – رشد و طول دوره‌ی آن‌ها بر مبنای صفر فیزیولوژیکی (۷/۳۹ درجه سانتی‌گراد) علف هرز نیلوفرپیچ

Table 3- The relationship between phenological stages with growing degree day and growth period according based temperature (7.39 °C) of weed morning glory

مرحله فنولوژی Phonological stage	طول دوره (روز) Growth period	درجه روز – رشد Growth degree day
سبز شدن Emerging	7	77.97
ساقه‌دهی Stem elongation	137	2131.33
غنچه‌دهی Blooming	59	1056.4
گلدهی Flowering period	67	1134.18
میوه‌دهی Fructify	27	212.03
رسیدگی بذر Seed maturity	28	168.19

تعداد برگ: تعداد برگ‌های تولیدشده در علف هرز نیلوفرپیچ طی دوره رشد نشان داد که بالاترین تعداد برگ (۵۶/۶) در فاصله زمانی ۱۷۶۸/۴۵ تا ۱۹۸۷/۷۵ درجه روز–رشد مشاهده شد (جدول ۴). از نظر تقویم زمانی، این دوره همزمان با ماه شهریور بود. کمترین تعداد برگ (۱۶/۳) در درجه روز–رشد ۴۷۹/۷۵ تا ۷۰۱/۳۵ تولید شد (جدول ۴). بعد از رسیدن به بیشترین تعداد برگ باگذشت زمان تعداد برگ روند کاهشی پیدا کرد؛ که احتمالاً علت آن نزدیک شدن پایان دورهٔ رشدی، کاهش برگ و خزان گیاه باشد که مواد غذایی صرف رسیدگی بذر می‌شود.

سطح برگ: سطح برگ در علف هرز نیلوفرپیچ در حد فاصل ۱۷۶۸/۴۵ تا ۱۹۸۷/۷۵ بیشترین مقدار (۲۳۲۸/۳ سانتی‌متر مربع) را به‌خود اختصاص داد و کمترین سطح برگ (۵۲۲/۶ سانتی‌متر مربع) بین درجه روز–رشد ۴۷۹/۷۵ تا ۷۰۱/۳۵ بود (جدول ۴). علت روند صعودی سطح برگ را این‌طور می‌توان توصیف کرد که هرچه از زمان سبز شدن گیاه می‌گذرد بر تعداد برگ گیاه افزوده می‌شود؛ درنتیجه سطح برگ این گیاه هم افزایش پیدا می‌کند. بعد از گذر از بیشترین مقدار سطح برگ، باگذشت زمان، سطح برگ هم کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن ریزش برگ است (جدول ۴).

تعداد غنچه: تولید غنچه در این علف هرز به‌مدت ۵۹ روز طول کشید (جدول ۳) و در حدفاصل ۹۶۶/۲۵ تا ۲۱۷۰/۶۵ درجه روز – رشد اتفاق افتاد (جدول ۴). تعداد غنچه در فاصله ۱۷۶۸/۴۵ تا ۱۹۸۷/۷۵ درجه روز – رشد یعنی در اواخر شهریور ماه به ۱۰ عدد رسید؛ و سپس سیر نزولی نشان داد و در اواخر فصل رشد تعداد غنچه کاهش پیدا کرد (جدول ۴). علت این روند نزولی را می‌توان به تولید گل و بذر در گل‌های مختلف نسبت داد.

تعداد گل: گلدهی در علف‌هرز نیلوفرپیچ طی مدت ۶۷ روز به‌طول انجامید (جدول ۳)؛ که شروع آن در فواصل ۹۶۶/۲۵ تا ۱۲۳۰/۳ درجه روز – رشد اتفاق افتاد (جدول ۴). بیشترین تعداد گل بین ۱۷۶۸/۴۵ تا ۱۹۸۷/۷۵ درجه روز – رشد در اواسط مهرماه و کمترین تعداد گل بین ۹۶۶/۲۵ تا ۱۲۳۰/۳ درجه روز – رشد در اواخر مرداد ماه تولید شد (جدول ۴). در اواخر دوره‌ی رشد، گلدهی کاهش یافت؛ چراکه تعدادی از گل‌ها به میوه تبدیل شدند.

تعداد کپسول: میانگین تعداد کپسول تولید شده در هر بوته نیلوفرپیچ در حدفاصل ۲۱۷۰/۶۵ تا ۲۳۷۸/۰۱ به بیشترین مقدار خود (۲/۶ کپسول در هر بوته) رسید که در آخرین مرحله از نمونه‌گیری بود (جدول ۴). تشکیل کپسول از اواخر مهر ماه شروع شد و اغلب گل‌ها به میوه تبدیل شده بودند و بسیاری از آن‌ها نیز خشک شده و از بین رفته بودند. رسیدگی بذر از ۱۰ روز بعد از تشکیل کپسول صورت گرفت و به‌طور میانگین در هر کپسول بین سه تا چهار بذر وجود داشت و وزن هزار دانه آن‌هم ۱۱ گرم بود.

وزن خشک: با توجه به نتایج، میزان وزن خشک این گیاه در اوایل رشد کم بود؛ ولی با افزایش طول دورهٔ رویشی، وزن خشک روند افزایشی پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن خشک گیاه (۱۰۴/۸ گرم در بوته) در فواصل ۲۱۷۰/۶۵ تا ۲۳۷۸/۰۱ درجه روز–رشد و کمترین میزان وزن خشک گیاه (۴/۳ گرم در بوته) در فواصل ۴۷۹/۷۵ تا ۷۰۱/۳۵ درجه روز–رشد حاصل شد (جدول ۴). بیشترین میزان وزن خشک گیاه از نظر بازه زمانی بین ۲۷ مهرماه تا ۱۲ آبان ماه بود.

جدول ۴- تغییرات صفات مورفولوژیک علف هرز نیلوفرپیچ در دامنه درجه روز – رشد مختلف

Table 4- Changes in morphological traits of weed morning glory in growing degree day

درجه روز رشد GDD	ارتفاع Height (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	سطح برگ Leaves area (cm^2)	تعداد غنچه در بوته Number of bud per plant	تعداد گل در بوته Number of per flower plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsule per plant	زیست توده Biomass (g per plant)
479.75-701.35	16.3	16.3	522.6	0	0	0	4.3
701.35-966.25	26	34.3	1238.6	0	0	0	12.5
966.25-1230.3	38.1	41	1517	2	0.6	0	17.9
1230.3-1521.1	51	43	1741.3	4	6	0	35.9
1521.1-1768.45	63.6	51.3	2079.3	7	13.6	0	53.7
1768.45-1987.75	96.8	56.6	2328.3	10	17.3	0	72.1
1987.75-2170.65	128.6	41.6	1485.3	2	14	0	91.84
2170.65-2378.01	128	36.3	1146.6	0	4	2.6	104.8

نتایج این بررسی نشان داد دوره‌ی زندگی این علف هرز با جوانه‌زنی در فصل بهار شروع و با تولید بذر در اواخر آبان ماه همان سال خاتمه می‌یابد. دوره‌ی رشد آن ۱۶۷ روز به‌طول انجامید. با توجه به تیپ رشد این گیاه که رشد نامحدود است، مرحله غنچه‌دهی و گلدهی آن متغیر است؛ مرحله غنچه‌دهی از اواخر مرداد ماه تا اوایل مهر ماه و شروع مرحله گلدهی با چند روز تأخیر در همان اواخر مرداد

ماه است و تا مهرماه به‌طول می‌انجامد. زمان میوه‌دهی هم متغیر است، به‌طورکلی تا آبان ماه میوه‌دهی کامل انجام شد. زمان رسیدگی بذر این علف هرز از اواخر مهر ماه شروع و تا اواسط آبان ماه ادامه می‌یابد. طول مراحل رویشی، این علف هرز زیاد است که به تولید شاخ و برگ اختصاص داده می‌شود. تولید شاخ و برگ زیاد و رشد نسبی بالا در مرحله رویشی، باعث افزایش رقابت این علف هرز با گیاه زراعی می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه گلستان و مازندران از نظر میزان درجه حرارت و بارندگی سالیانه می‌توان به این نتیجه رسید که این منطقه می‌تواند به‌عنوان یکی از رویشگاه‌های این علف هرز مهاجم مطرح باشد. گونه‌های مهاجم می‌توانند آشیان بوم‌شناختی خالی در بوم‌نظام‌های کشاورزی و طبیعی را اشغال کنند و علاوه‌بر پیامدهای زیست‌محیطی که به منطقه جدید وارد می‌کنند، هزینه‌های اضافی نیز برای کشاورزان به‌بار می‌آورند.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان داد جوانه‌زنی بذرهای نیلوفرپیچ از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد آغاز و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد متوقف شد. ازاین‌رو می‌توان این گیاه را در گروه گرمادوست قرار داد. جوانه‌زنی بذر این علف هرز در محدودهٔ دمایی ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد است و به‌نظر می‌رسد که این علف هرز در دماهای گرم‌تر جوانه‌زنی بهتری دارد. احتمالاً از اواسط بهار بعد از گرمی هوا و همچنین فراهمی آب زمان مناسبی برای جوانه‌زنی و رقابت این علف هرز ایجاد می‌شود. بر اساس مدل دندان مانند دماهای پایه، مطلوب تحتانی، فوقانی و سقف ۷/۳۴، ۲۳/۵۴، ۲۹/۵۴ و ۳۹/۵۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. بر اساس مدل سه پارامتری لجستیک، غلظت نمک و پتانسل آب مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی بذر این علف هرز، به‌ترتیب ۳۱/۳۳ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۱۵- مگاپاسکال برآورد گردید. تنش شوری و خشکی باعث کاهش جوانه‌زنی این علف هرز گردید؛ اما در خاک‌های با شوری و خشکی متوسط احتمال جوانه‌زنی بخشی از بذور وجود دارد. با توجه به اینکه روش‌های شیمیایی ازجمله متداول‌ترین روش‌ها در کنترل علف‌های هرز و دیگر گونه‌های مهاجم در کشور می‌باشند، لذا گسترش این‌گونه‌ها علاوه بر تأثیرات مستقیم می‌تواند منجر به افزایش کاربرد سموم شیمیایی در مزارع و باغات شود و پیامدهای منفی این‌گونه‌ها را دوچندان کند. بنابراین، با شناخت کامل از مراحل مختلف فنولوژی علف هرز نیلوفرپیچ می‌توان نسبت به برنامه‌ریزی جهت اعمال مدیریت صحیح اقدام نمود. از دیدگاه مدیریتی، زمان مناسب استفاده از علف‌کش در مرحله سه تا چهار برگی می‌باشد؛ ولی در صورت سهل‌انگاری در این مرحله، باید قبل از تولید غنچه، کنترل شوند تا بذر آن وارد بانک بذر نشود؛ چراکه بذر این گیاه از عوامل ایجاد آلودگی در مزرعه محسوب می‌شود.

منابع

1. Afghani, F., & Islami, S.V. (2011). Effect of environmental conditions on germination and storage of pipperweed seeds (*Cardia draba* L.). *Iranian Journal of Crop Science 42*(2): 274-265. (In Persian)
2. Aleebrahim, M.T., Meighany, F., Rashed mohasel, M.H., & Baghestani, M.A. (2009). Study of phenology in Russian knapweed (*Acroptilon repens*) based on growing day degree. *Entomology and Phytopathology 77*(2): 119-136.
3. Bajji, M., Kinet, J.M., & Lutts, S. (2002). Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (*Chenopodiacea*e). *Canadian Journal of Botany 80*: 297-304.
4. Bradford, K.J. (2002). Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science 50:* 248-260.
5. Bryson, C.T., & Defelice, M.S. (2010). *Weeds of the Midwestern United States and Central Canada, Athens*. GA: university of Georgia press. 195 pp.
6. Bullied, W.J., Marginet, A.M., & Van Acker, R.C. (2003). Conventional- and conservation-tillage systems influence emergence periodicity of annual weed species in canola. *Weed Science 51*(6): 886-897.
7. Cave, R.L., Hammer, G.L., McLean, G., Birch, C.J., Erwin, J.E., & Johnston, M.E. (2013). Modelling temperature, photoperiod and vernalization responses of *Brunonia australis* (Goodeniaceae) and *Calandrinia* sp. (*Portulacaceae*) to predict flowering time. *Annals of Botany 111*(4): 629-639.
8. Crowley, R.H., & Buchan, G.H. (1978). Competition of four morning glory (*Ipomoea spp*.) species with cotton (*Gossypium hiesutum*). *Weed Science 26*: 484-488.
9. Derakhshan, A., Gherekhloo, J., & Paravar, E. (2013). Estimation of cardinal temperatures and thermal time requirement for (*Cyperus difformis*) seed germination. *Iranian Journal of Crop Science 9*(1): 27-38. (In Persian)
10. Dincer, I., Midilli, A., Hepbasli, A., & Karakoc, T.H. (2010). *Global warming: Engineering solutions. Green Energy and Technology*. Boston, MA. 625 pp.
11. Elahifard, E., Mijani, S., Khair-andish, S., Kazeroni-monfared, E., & Tokasi, S. (2013). Investigation of dormancy and the effect of some environmental factor on seed germination of *Echinochloa colona* (L.) Link. *Journal of*

Plant Protection 27(3): 342-350.
12. Fooladi, S., Goldani, M., Ghorbani, R., & Kafi, M. (2016). Effect of different levels of drought, salinity and freezing on the germination traits of different seeds of Turnip weed (*Rapistrum rugosum* L.). *Weed Research, 8*(2): 41-57.
13. Ghaderi Far, F., Alimagham, S.M., Kameli, A.M., & Jamali, M. (2012). Isabgol (*Plantago ovate* Forsk) seed germination and emergence as affected by environmental factors and planting depth. *International Journal of Plant Production 2*: 185-194.
14. Ghanbari, A., Afshari, M., & Mijani, S. (2012). Effects of drought and salinity stresses on germination Characteristics of dodder (*Cuscuta campestris*). *Iranian Journal of Crops Research, 10*(2): 311-320. (In Persian)
15. Gorgani, M., Siahmarguee, A., Ghaderifar, F., & Gherekhloo, J. (2017). Locating areas prone to infection with Ivy-leaved morning glory (*Ipomoea hederaceae* Jacq) in germination stage: a new entrant's weed in arable lands of Golestan Province. *Weed Research Journal 8*(2): 35-51. (In Persian)
16. Guma, I.R., Padron-Mederos, M.A., Santos-Guerra, A., & Reyes-Betancort, J.A. (2010). Effect of temperature and salinity on germination of *Salsola vermiculata* L. (Chenopodiaceae) from Canary Islands. *Journal of Arid Environments 74*: 708-711.
17. Jafarzadeh, N., Pirzad, A., Hadi, H., Bagestani, M.A., & Maleki, R. (2016). Survey of germination and phenology of dodder (*Cuscuta campestris*) in sugar beet (*Beta vulgaris*) fields. *Iranian Journal of Weed Science, 11*(2):129-143. (In Persian).
18. Khalili, N., Soltani, A., Zeinali, E., & Ghaderi, F. (2014). Evaluation of nonlinear regression models to quantify barley germination rate response to temperature and water potential. *European Journal of Clinical Pharmacology 7*(4): 23-40.
19. Kiani, A., Siahmarguee, A., & Soltani, E. (2015). Effects of temperature, salinity, and planting depth on seed germination and emergence of tall morning glory (*Ipomoea spp*.). *Journal of Plant Protection 29*(3): 437-448.
20. Koger, C.H., Reddy, K.N., & Poston, D.H. (2004). Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). *Weed Science 52*: 989-995.
21. Marchner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second reprint. Academic Press 4: 6-73.
22. Michel, B.E., & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology 51*: 914-916.
23. Minbashi, Moeini, M., Rahimian, H., Baghestani Meybody, M.A., Mohammad Alizadeh, H., Kheyrkhah Zarkesh, M.M., Nazer Kakhaki, S.H., & Diehji, A. (2008). Using phenology of weeds in the wheat fields for improvement chemical control and reducing herbicide application. *Journal of Environmental Science, 5*(4): 77-94
24. Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Shahdi, A. (2014). Response of germination of two species of two *Echinochloa* weed species to temperature and period of light with emphasis on invasion capability in newly arrived species. *Iranian Journal of Crop Science 45*(4): 639-648. (In Persian)
25. Mojab, M., & Zamani, GH.R. (2010). Effects of salinity and drought caused by different concentrations of sodium chloride and PEG 6000 on seed germination and seedling growth of this hoary weed (*Cardaria draba*). *Journal of Plant Protection 24*(2): 151-158. (In Persian)
26. Muscolo, A., Sidari, M., Panuccio, M.R., Santonoceto, C., Orsini, F., & De Pascale, S. (2011). Plant responses in saline and semiarid environments: an overview. *European Journal of Plant Science Biotechnology 5*: 1-11.
27. Romo, J.T., & Eddleman, L.E. (1995). Use of degree days in multiple-temperature experiment. *Journal of Range Management 48*(5): 410-416.
28. Sarani, H., Izadi, E., Ghanbari, A., & Rahemi, A. (2019). Effect of temperature and light on germination characteristics of Japanese morning glory (*Ipomoea nil*): determination of cardinal temperatures of germination. *Iranian Journal of Seed Research 6*(1): 115-127. (In Persian)
29. Savari-Nejad, A.R., Habibian, L., & Yunes-Abadi, M. (2010). The introduction of new invasive weeds of wild melon, morning glory and two spurge species in soybean fields in Golestan province. *The First National Conference on Advances in the production of plant oils*. 26-27 May. Bojnourd, Iran. (In Persian)
30. Shakarami, B., Dianati-Tilaki, G.H., Tabari, M., & Behtari, B. (2011). The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding Genetic Research 18*(2): 318-328. (In Persian)
31. Siahmargoei, A., Nazarian, Z., & Ghaderifar, F. (2016). Germination response study of tall Morningglory (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.), an invasive weed, to temperature and water potential. *Journal of Weed Research 8*(1): 59-71. (In Persian)
32. Singh, M., Ramirez, A.H.M., Shiv, D.S., & Amit, J. (2012). Factors affecting the germination of tall Morning glory (*Ipomoea purpurea*). *Journal of Weed Science 60*(1): 64-68.
33. Sohrabi, S., Gherekhloo, J., Kamkar, B., Ghanbari, A., & Rashed Mohassel, M.H. (2016). The phenology and seed production of *Cucumis melo* as an invasive weed in northern Iran. *Australian Journal of Botany 64*(3): 227- 234.
34. Soltani, A., & Madah, V. (2009). *Simple Applied programs for Education and Research in Agriculture*. Niac Press. 80 pp.

35. Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seeding growth of chickpea as affected salinity and seed size. *Seed Science and Technology 30*: 51-60.
36. Stanton, R., Wu, H., & Lemerle, D. (2012). Factors affects sliver leaf nightshade (*Solanum alaeagnifolium*). *Weed Science 60*(1): 42-47.
37. Tamartash, R., Shokrian, F., & Kargar, M. (2010). Effects of salinity and drought stress on *Trifolium alexanderium* L. seed germination properties. *Rangeland 4*: 288-297.
38. Tavili, A., Ghanbari, N., & Yazdanshenas, H. (2015). The effect of drought and salinity stress on seed germination characteristic and seedling growth of *Salsola crassa* under laboratory and greenhouse conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Research 2*: 15-25. (In Persian)
39. Thygerson, T., Harris, J.M., Smith, B.N., Hansen, L.D., Pendleton, R.L., & Booth, D.T. (2002). Metabolic response to temperature for six populations of winterfat (*Eurotia lanata*). *Thermochimica Acta 394*: 211-217.
40. Van't Hoff, J.H. (1887). The role of osmotic pressure in the analogy between solution and gases. *Zeitschrift für Physikalische Chemie 1*: 481-508.
41. Zeinali, E., Soltani, A., & Galeshi, S. (2002). Response of germination components to salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science 33*: 137-145. (In Persian)