Iranian Journal of Weed Science
Vol 19, No 1, 2023 (69-89)
DOI: 10.22034/ijws.2023.129111

مجله دانش علف‌های هرز
دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۱، ۱۴۰۲ (ص ۶۹-۸۹)

Germination and emergence response of white morning glory (*Ipomoea lacunose* L.) to some environmental factors

Somayeh Dehghan[1], Asieh Siahmarguee[2*], Farshid Ghaderifar[3], Majid Azimmohseni[4]

1,2,3. Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Department of Statistics, Golestan University, Gorgan, Iran.
(Received: January 2, 2023 - Accepted: May 18, 2023)

ABSTRACT

White morning glory (*Ipomoea lacunose* L.) is one of the weeds that have recently spread in the fields of Golestan province and has become a serious challenge for farmers. In this study, the effect of different environmental conditions, including constant temperature, alternating temperature, water stress, salinity, high temperature, and burial depth on the germination and emergence of three seed populations of this plant collected in 2018, 2019, and 2020 (at the time of the experiment, these seeds were after-ripped 15, 3, and 0 months, respectively) were investigated. All experiments were conducted based on a completely randomized design with three replications. The results showed that the response of germination to the studied environmental factors was different in seed populations. Germination percentage started at 10°C and increased with increasing temperature. Although the germination percentage was significant at 40°C, it was completely stopped at 45°C. Alternating temperature compared to constant temperature increased the germination in the range of low temperatures; however, there was no difference with the constant temperature in the high-temperature range. The water potential required to reduce 50% of germination in the seeds of 2018, 2019, and 2020 was -0.83, -0.82, and -0.43 MPa, respectively. The tolerance of this species to salt stress was much higher than to water stress, and the increase of salinity up to the potential of -1.1 to -1.4 MPa reduced its maximum germination by 50%. Increasing the high temperature to 80 and 100 °C stimulated the germination, and no seeds survived at 120°C. In the populations of 2018 and 2020, the emergence percentage of seeds increased with the increase of burial depth; so that it reached its maximum value at a depth of 3 cm. By increasing the burial depth, the percentage of seedlings emergence of these populations decreased and stopped at a depth of 9 cm. The seedlings emergence of 2019 population also happened with the same process (but in smaller numbers), but no seedlings emergence occurred at a depth of 5 cm. In general, the results of this study showed that the reaction of white morning glory germination to environmental factors is different. Knowing the germination response of this species against the mentioned factors can help predict the germination and emergence of this plant to design suitable management strategies.

Keywords: Ecological requirements of germination, invasive plant, weed.

پاسخ جوانه‌زنی و رویش گیاهچه علف هرز نیلوفر سفید (*Ipomoea lacunose* L.) به برخی عوامل محیطی

سمیه دهقان[۱]، آسیه سیاهمرگویی[۲*]، فرشید قادری‌فر[۳]، مجید عظیم‌محسنی[۴]

۳،۲،۱. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، ۴. دانشیار، گروه آمار، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۲۸)

چکیده

نیلوفر سفید (***Ipomoea lacunose* L.**) یکی از علف‌های هرزی است که به تازگی در مزارع استان گلستان گسترش یافته و به یک چالش جدی برای کشاورزان تبدیل شده است. در این مطالعه، اثر شرایط محیطی مختلف از جمله دمای ثابت، دمای متناوب، تنش آبی، شوری، دمای بالا و عمق دفن بذر بر جوانه‌زنی و رویش سه جمعیت این گیاه که در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ جمع‌آوری شده بودند، انجام شد (در زمان انجام آزمایش، این بذرها به‌ترتیب ۱۵، سه و صفر ماه پس‌رس شده بودند). همه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که واکنش جوانه‌زنی به عوامل محیطی مورد بررسی در جمعیت‌های مختلف بذر متفاوت بود. درصد جوانه‌زنی از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد آغاز و با افزایش دما بر مقدار آن افزوده شد. اگرچه درصد جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قابل توجه بود، اما در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به طور کامل متوقف شد. دمای متناوب در مقایسه با دمای ثابت، در محدوده دماهای پایین، جوانه‌زنی این گیاه را افزایش داد؛ اما در محدوده دمای بالا تفاوتی با دمای ثابت نداشت. پتانسیل آب مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی در جمعیتهای ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به‌ترتیب ۰/۸۳-، ۰/۸۲- و ۰/۴۳- مگاپاسکال بود. تحمل این گونه به تنش شوری بسیار بیشتر از تنش آبی بود؛ به‌طوری‌که افزایش شوری تا پتانسیل ۱/۱- تا ۱/۴- مگاپاسکال باعث کاهش ۵۰ درصدی حداکثر جوانه‌زنی آن شد. افزایش دمای بالا تا ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب تحریک جوانه‌زنی شد؛ اما هیچ بذری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد زنده نماند. در بذرهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ با افزایش عمق دفن، درصد رویش بذرها افزایش یافت؛ به‌نحوی‌که در عمق سه سانتیمتر به حداکثر مقدار خود رسید. از این پس با افزایش عمق دفن، درصد رویش گیاهچه کاهش و در عمق نه سانتی‌متر متوقف شد. رویش گیاهچه جمعیت ۱۳۹۸ نیز با همین روند (اما به تعداد کمتری) اتفاق افتاد، ولی در عمق پنج سانتی‌متر هیچ گیاهچه‌ای سبز نشد. به‌طور کلی، نتایج بررسی حاضر نشان داد که نیلوفر سفید به سطوح مختلف دمای ثابت و متناوب، پتانسیل آب، شوری، دمای بالا و عمق کاشت واکنش متفاوتی نشان می‌دهد. اطلاع از پاسخ جوانه‌زنی این گونه در برابر عوامل مذکور می‌تواند در پیش‌بینی جوانه‌زنی نیلوفر سفید در راستای طراحی راهکارهای مدیریتی مناسب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: علف هرز، گیاه مهاجم، نیازمندی‌های اکولوژیک جوانه‌زنی.

*** Corresponding author E-mail: siahmrguee@gau.ac.ir**

مقدمه

تیره پیچکیان (**Convolvulaceae**) یکی از بزرگترین خانواده‌های گیاهی با ۵۹ جنس و ۱۶۰۰ گونه می‌باشد. جنس ***Ipomoea*** با ۶۰۰ گونه، بزرگترین جنس گیاهی در این خانواده بوده و بیشتر در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان می‌روید. گونه‌های مختلف نیلوفر را می‌توان در اراضی کشاورزی، چمنزارها، حاشیه جاده‌ها و زمین‌های متروکه مشاهده کرد (**Jones *et al.*, 2021**). تعدادی از گونه‌های این جنس از علف‌های هرز مهم اراضی زراعی به شمار می‌آیند. ساقه‌های انعطاف-پذیر و قوی این گیاه همراه با تیپ رویشی بالارونده، به این گیاه امکان می‌دهد که دسترسی به نور را توسط گیاه زراعی به شدت محدود و راندمان برداشت و عملکرد را کاهش دهد (**Culpepper *et al.*, 2001; Oliveria & Newsworthy, 2006; Pangnoncelli *et al.*, 2017**). این در حالی است که با توجه به تولید بذر فراوان و سازگاری بالا با شرایط اقلیمی و همچنین عدم وجود علف‌کش مناسب جهت کنترل این گونه ها، شرایط برای تهاجم گسترده این گونه ها فراهم شده است (**Jones *et al.*, 2021**).

یکی از گونه‌هایی که به تازگی در برخی مزارع سویا و باغات میوه در استان گلستان رویت شده است، نیلوفر سفید با نام علمی ***Ipomoea lacunose* (L.)** می‌باشد. نیلوفر سفید بومی ایالات متحده آمریکا و کانادا است و در انواع زیستگاه‌ها از جمله دشت‌ها، سواحل رودخانه‌ها، سواحل دریاچه‌ها و کنار جاده‌ها و همچنین در مزارع و علفزارهای کشت‌شده و متروکه قابل مشاهده است **(CABI, 2022)**. استفاده از گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش گلایفوسیت در چند دهه اخیر در جهان گسترش قابل توجهی یافته است (**USDA, 2005**). اگرچه گلایفوسیت یک علف‌کش غیر انتخابی با طیف وسیع است؛ اما نیلوفر سفید تا حدودی نسبت به آن تحمل نشان داده است و این امر سبب شده است که در دنیا و در مزارع تحت کشت محصولات مقاوم به گلایفوسیت، این علف هرز به چالش بسیار جدی تبدیل شود (**Oliveira & Norsworthy, 2006; Culpepper *et al.*, 2001**). ازاین‌رو نیلوفر سفید یکی از از ده علف هرز خطرناک در مزارع برنج، سویا، ذرت و پنبه در ایالات می‌سی‌سی‌پی، میسوری، آرکانزاس و لوئیزیانا محسوب می‌شود (**Anonymous, 2001**). این گیاه قدرت رقابت بسیار بالایی دارد؛ به‌نحوی‌که که در تراکم‌های بالا خسارت آن بر عملکرد دانه سویا و پنبه به‌ترتیب ۸۰ و ۴۳ درصد برآورد شده است (**Oliveira & Norsworthy, 2006; Crowley & Buchanan, 1978**).

هر بوته از این گیاه در شرایط مساعد قادر به تولید بیش از ۱۰۰۰۰ بذر می‌باشد. بذرهای این گیاه خواب فیزیکی داشته و می توانند تا ۳۹ سال در خاک پایدار باقی بمانند (**Toole & Brown, 1946; Suwanketnikom & Julakasewee, 2004**). با توجه به این که آلودگی به این علف هرز از طریق بذر صورت می‌گیرد، بنابراین شناخت بوم‌شناسی

جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه بسیار ضروری می‌باشد. تحقیقات مختلفی در زمینه بوم‌شناسی جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف نیلوفر در جهان انجام شده است. سووانکتنیکوم و جولاکازویی (**Suwanketnikom & Julakasewee, 2004**) درصد جوانه‌زنی گونه ***Ipomoea obscura* (L.) Ker. Gawl.** را در دمای ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد بالای ۹۰ درصد ثبت کردند. در مطالعه‌ای دیگر روی نیلوفر سفید (***Ipomoea lacunose* L.**) مشاهده شد که جوانه‌زنی در بذرهای این گیاه در دامنه دمایی ۷/۵ تا ۵۲/۵ درجه سانتیگراد رخ داد؛ اما حداکثر درصد جوانه‌زنی در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد مشاهده شد (**Oliveira & Norsworthy, 2006**). نظریان و همکاران (**Nazariyan *et al.*, 2017**) دریافتند که جوانه‌زنی نیلوفر وحشی (***Ipomoea purpurea* L.**) از دمای ۱۰ درجه سانتیگراد آغاز و در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه به حداکثر رسید؛ این در حالی بود که در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد هیچ بذری جوانه نزد. در گونه نیلوفر پیچ (***Ipomoea hederacea* Jacq.**) هیچ بذری در دماهای ۱۰ و ۴۰ درجه سانتیگراد جوانه نزده و حداکثر درصد جوانه‌زنی نیز در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد رخ داد (**Siahmarguee *et al.*, 2020**). هاردکستل (**Hardcastle, 1987**) نیز گزارش کرد که حداکثر درصد جوانه‌زنی نیلوفر قرمز (***Ipomoea coccinea***) در دماهای ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد به میزان ۷۴درصد رخ داد.

نتایج تحقیقات مختلف حاکی از آن است در بعضی از گونه‌های نیلوفر، حداکثر درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر دمای متناوب قرار می‌گیرد. نتایج تحقیق سیاهمرگویی و همکاران (**Siahmarguee *et al.*, 2020**) نشان داد که جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ (***Ipomoea hederacea***) تحت تأثیر مثبت دماهای متناوب قرار گرفت و از ۷۸ درصد در شرایط دماهای ثابت به ۹۴ درصد در شرایط دمای متناوب رسید؛ اما در گونه نیلوفر وحشی (***Ipomoea purpurea***) حداکثر درصد جوانه‌زنی در شرایط دمای متناوب تفاوت قابل توجهی با دمای ثابت نداشت (**Siahmarguee *et al.*, 2022**). سارانی و همکاران (**Sarani *et al.*, 2019**) گزارش کردند که در ***Ipomoea nill***، حداکثر درصد جوانه‌زنی در دمای ثابت (۹۸ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) تفاوت قابل توجهی با دمای متناوب (۹۵ درصد در دمای ۲۰:۳۰ درجه سانتیگراد) نداشت.

گونه‌های مختلف جنس نیلوفر در مرحله جوانه‌زنی، تحمل متفاوتی در برابر تنش پتانسیل آب و شوری دارند. تانویر و همکاران (**Tanveer *et al.*, 2020**) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی ***Ipomoea eriocarpa*** در تیمار شاهد ۷۵ درصد بود؛ با کاهش پتانسیل آب به ۰/۸- مگاپاسکال جوانه‌زنی به میزان ۳۴ درصد کاهش یافت و در پتانسیل ۱- مگاپاسکال به صفر رسید. نامبردگان اظهار داشتند که در این گونه با افزایش غلظت نمک کلرور سدیم از ۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار، درصد

جوانه‌زنی از ۷۷/۵ به ۲۷/۵ درصد کاهش یافت. سینگ و همکاران (**Sing *et al.*, 2012**) دریافتند که درصد جوانه‌زنی ***Ipomoea purpurea*** با افزایش سطح تنش پتانسیل آب به ۰/۳- مگاپاسکال از ۹۲ درصد به کمتر از ۱۵ درصد رسید. نامبردگان گزارش کردند که در این گونه درصد جوانه‌زنی با افزایش غلظت نمک کلرور کلسیم به ۵۰ میلی‌مولار از ۸۸ درصد به کمتر از ۴۰ درصد رسید، با این وجود در غلظت ۲۰۰ میلی مولار هم ۱۵ درصد از بذرها قادر به جوانه‌زنی بودند.

درصد رویش ***Ipomoea purpurea*** در عمق صفر تا دو سانتیمتر به‌ترتیب ۸۳ و ۹۴ درصد بود. با افزایش عمق دفن درصد رویش کاهش یافت؛ به‌نحوی‌که در عمق ۱۰ سانتیمتر به ۵۰ درصد حداکثر درصد رویش، کاهش یافت (**Sing *et al.*, 2012**). تانویر و همکاران (**Tanveer *et al.*, 2020**) گزارش کردند که عمق دفن مناسب برای رویش ***Ipomoea eriocarpa*** بین دو تا شش سانتی‌متر بوده و افزایش عمق دفن باعث کاهش درصد رویش این گونه می‌شود؛ به‌نحوی‌که درصد رویش این گونه در اعماق هشت و ۱۰ سانتی‌متر به ۳۷/۵ و ۱۲/۵ درصد کاهش می‌یابد. چائوهان و آبوقو (**Chauhan & Abugho, 2012**) دریافتند که درصد رویش ***Ipomoea triloba*** در سطح ۹۶ درصد بود؛ اما با افزایش عمق دفن در خاک، درصد رویش کاهش و در عمق شش سانتیمتر به صفر رسید؛ در این مطالعه عمق دفن مورد نیاز برای مهار ۵۰ درصدی حداکثر رویش، ۲/۸سانتی‌متر برآورد شد.

در سال‌های اخیر مطالعاتی در زمینه بوم‌شناسی جوانه‌زنی گونه‌های مختلف نیلوفر از جمله نیلوفر وحشی (***Ipomoea purpurea***)، نیلوفر پیچ (***Ipomoea hederacea***) و ***Ipomoea nill*** در ایران انجام شده است (**Nazariyan *et al.*, 2016; Sarani *et al.*, 2019; Siahmarguee *et al.*, 2020; Siahmarguee *et al.*, 2022**). اما مطالعه‌ای در زمینه بوم‌شناسی جوانه‌زنی نیلوفر سفید انجام نشده است. برای درک بهتر تهدیدات زراعی-اکولوژیکی به‌وجودآمده توسط این گونه علف‌های هرز نورویش و مشکل‌ساز، کسب اطلاعات مربوط به جوانه‌زنی بذر آن در پاسخ به شرایط محیطی ضروری است. از این‌رو، هدف از این مطالعه بررسی جوانه‌زنی و رویش نیلوفر سفید در پاسخ به برخی عوامل اکولوژیکی شامل دما، شوری، تنش آبی، و عمق دفن بذر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

الف) جمع‌آوری بذر

بذرهای نیلوفر سفید از مزارع تحت کشت سویای اطراف شهرستان کردکوی-استان گلستان با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و پنج دقیقه و ۳۴/۵۰ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۲/۲۰ ثانیه و ۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا در اواخر آبان‌ماه سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ جمع‌آوری و تا شروع آزمایش در دمای اتاق (**۲۵ ^{o}c~**) نگهداری شدند. وزن هزار دانه بذرها ۷/۱۵ ± ۴۴/۷۴ گرم بود. لازم

به ذکر است که آزمایش‌های بذرهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ همزمان با هم در بهمن‌ماه ۱۳۹۸ انجام شد. بنابراین در زمان انجام این آزمایش‌ها، از زمان جمع‌آوری بذرهای سال ۱۳۹۷ تقریبا ۱۵ ماه و از زمان جمع-آوری بذرهای سال ۱۳۹۸ تقریبا سه ماه گذشته بود. همچنین آزمایش‌های مربوط به بذرهای ۱۳۹۹، بلافاصله بعد از جمع‌آوری بذرها در آبان ۱۳۹۹ انجام شد. از این‌رو در این مطالعه اثر تیمارهای مختلف بر بذرهایی با سطوح مختلف پس‌رسی انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر، آزمایشگاه علف هرز و گلخانه رو باز دانشکده تولید گیاهی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام گرفت.

در زمان شروع آزمایش، درصد جوانه‌زنی بذرهای نیلوفر سفید کمتر از ۱۰ درصد بود. از این رو نسبت به حذف خواب بذر اقدام شد. با توجه به اینکه بذرهای نیلوفر خواب فیزیکی دارند (**Gehan Jayasuriya *et al.*, 2007**)، برای رفع خواب از تیمار خراش‌دهی با سولفوریک‌اسید غلیظ استفاده شد. جهت تعیین مناسب‌ترین زمان قرارگیری در سولفوریک‌اسید غلیظ جهت رفع خواب، تیمارهای مختلفی اعمال و در نهایت تیمار قرارگیری در سولفوریک‌اسید غلیظ به مدت ۲۲ دقیقه به عنوان تیمار مناسب انتخاب شد (نتایج نشان داده نشده است). از این‌رو بذرهای مورد نظر قبل از اعمال تیمارهای مختلف به مدت ۲۲ دقیقه در سولفوریک-اسید ۹۸ درصد غوطه‌ور و پس از شستشوی کامل در معرض تیمارهای مختلف قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در آزمایش‌های دمای ثابت و متناوب، و همچنین تنش آبی و شوری از بذرهای بدون خواب استفاده شد و در آزمایش‌های دمای بالا و عمق دفن از بذرهای دارای خواب استفاده شد.

ب) بررسی اثر دماهای ثابت و متناوب بر جوانه‌زنی

به منظور بررسی اثر دمای ثابت بر جوانه‌زنی جمعیت‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹، تیمارهای دمای ثابت در هشت سطح ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ درجه سانتی‌گراد اعمال شد. در ادامه، تیمارهای مختلف دمای متناوب روی بذرهای جمع‌آوری‌شده در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در هشت سطح (۱۲/۵ : ۷/۵، ۱۰:۱۵، ۱۲/۵ :۲۰، ۱۵:۲۵، ۲۰:۳۰، ۲۵: ۳۷/۵، ۳۰: ۴۲/۵ و ۳۵:۴۵ درجه‌سانتی‌گراد) (**Singh *et al.*, 2012**) و بذرهای جمع‌آوری‌شده از سال ۱۳۹۹ در شش سطح (۱۰:۱۵، ۱۰:۲۰، ۱۵:۲۵، ۲۰:۲۵، ۲۰:۳۰ و ۲۵:۳۵ درجه سانتیگراد) در نظر گرفته شد. در مورد انتخاب دماهای متناوب، علاوه بر دامنه دمایی که گیاه مورد نظر در محیط تجربه خواهد کرد، دماها به نحوی انتخاب شد که میانگین دمای متناوب با دمای ثابت قابل قیاس باشد (میسین و همکاران، ۲۰۱۷). لازم به ذکر است زمان قرارگیری در هر کدام از تیمارهای دمای متناوب، ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد. در هر تکرار ۲۵ عدد

بذر سالم از هر گونه روی یک کاغذ صافی درون پتری‌دیش به قطر نه سانتی‌متر قرار گرفته و با آب مقطر مرطوب شدند. پس از آن با توجه به تیمارهای دمایی، در انکوباتورهایی با دقت ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی قرار گرفتند (**Singh *et al.*, 2012**). شمارش تعداد بذور جوانه زده روزانه بیش از یک بار تا زمان ثابت‌ماندن جوانه زنی برای سه روز متوالی انجام گرفت و معیار تشخیص جوانه‌زنی بذور خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر یا بیشتر بود (**Soltani *et al.*, 2002**). لازم به ذکر است در طی آزمایش در صورت نیاز به پتری‌دیش‌ها آب مقطر اضافه شد.

در کلیه تیمارها ابتدا منحنی پیشرفت جوانه‌زنی نسبت به زمان (ساعت) ترسیم شد. جهت توجیه روند تغییرات مربوط به درصد جوانه‌زنی در مقابل زمان برای هر دما و در نهایت تعیین سرعت جوانه‌زنی از معادله لجستیک سه پارامتره (معادله ۱) استفاده شد (**Ghaderifar *et al.*, 2012**؛ **Akbari-Gelvardi *et al.*, 2021**).

معادله ۱)

$$Y = {G_{max}}/{\left(1 + exp\left(b(t - D_{50})\right)\right)}$$

که در این معادله **G_{max}**: حداکثر درصد جوانه‌زنی، **D_{50}**: زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، **b**: ضریب معادله و **t**: زمان می‌باشد.

لازم به ذکر است به‌دلیل متفاوت‌بودن مقادیر حداکثر درصد جوانه‌زنی نهایی در تیمارهای مختلف، جهت تعیین سرعت جوانه‌زنی از عکس زمان تا ۵۰ درصد جمعیت بذری (**D_{50}pop**) در هر دما استفاده شد (**Soltani *et al.*, 2015**) (معادله ۲).

$$popR_{50} = {1}/{D_{50pop}}$$ معادله ۲)

در این رابطه، **R_{50pop}**: سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت) و **D_{50pop}**: زمان مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد جمعیت بذری را نشان می‌دهد.

جهت تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی معادله دوتکه‌ای به داده‌های سرعت جوانه‌زنی در مقابل دماهای مختلف برازش داده شد (معادله ۳).

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

در این معادلات **T** دمای آزمایش، **T_b** دمای پایه، **To** دمای مطلوب، **T_c** دمای سقف بر حسب درجه سانتی‌گراد است.

همچنین با معکوس‌کردن شیب خط در بالا و پایین دمای مطلوب، زمان حرارتی پایین و بالای دمای مطلوب محاسبه شد.

ج) بررسی اثر تنش آب و شوری بر جوانه‌زنی

تیمارهای مورد بررسی شامل پتانسیل آب در هفت سطح شامل صفر (آب مقطر)، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال بود. تیمارهای مختلف تنش آبی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ به روش میچل و کافمن (**Michel & Kaufmann, 1973**) تهیه شدند.

برای تهیه تیمارهای مختلف شوری از نمک **NaCl** استفاده شد. پتانسیل های مختلف شوری شامل صفر (آب مقطر)، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹-، ۱/۲-، ۱/۵- و

۱/۸- مگاپاسکال (**Michel & Radcliffe, 1995**) تهیه شدند.

در هر دو آزمایش ۲۵ عدد بذر از هر جمعیت بذری روی کاغذصافی واتمن درون پتری‌دیش‌های نه سانتی‌متری قرار گرفته و پس از اضافه‌کردن محلول‌های مورد نظر در انکوباتور با دمای مطلوب (۳۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. شمارش بذرهای جوانه‌زده مشابه دستورالعمل ارائه‌شده در آزمایش اول انجام گرفت.

همچنین به منظور ارزیابی تنش آبی و شوری در کاهش درصد جوانه‌زنی نیلوفر سفید از مدل لجستیک سه‌پارامتری (معادله ۴) استفاده شد.

معادله ۴)

$$A = {A_{max}} \Big/ \left[1 + exp^{\left(-\frac{(x-x_{50})}{b}\right)}\right]$$

در این تابع **A**: درصد جوانه‌زنی، **Amax**: حداکثر درصد جوانه‌زنی، **X_{50}**: مقدار متغیر لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر درصد جوانه‌زنی و **b**: نشانگر شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول یا نمک کلرور سدیم می‌باشد (**Ghaderifar *et al.*, 2012** ؛ **Akbari-Gelvardi *et al.*, 2021**).

د) بررسی اثر دماهای بالا بر جوانه‌زنی

برای شبیه‌سازی اثر دماهای بالای ناشی از آتش‌سوزی، ۷۵ عدد بذر از هر جمعیت (به‌استثنای جمعیت [۱] ۱۳۹۸) انتخاب و درون فویل آلومینیومی پیچیده و به مدت پنج دقیقه در دماهای ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه‌سانتی‌گراد درون آون قرار گرفتند. بعد از اعمال تیمارهای مختلف، سه تکرار ۲۵ تایی از بذور تیمار شده آماده و بعد از اضافه‌کردن آب مقطر به هر کدام از آنها، درون انکوباتور با دمای مطلوب (۳۰ درجه‌سانتی‌گراد) قرار گرفتند. شمارش بذرهای جوانه‌زده تا ثابت‌شدن جوانه‌زنی برای سه روز متوالی مانند آزمایش‌های قبل انجام گرفت. در پایان آزمایش نیز زنده‌مانی بذور جوانه‌نزده نیز با استفاده از تست فشار مورد بررسی قرار گرفت؛ در این روش بذرهایی که در مقابل فشار پنس مقاومت نشان دادند به عنوان بذرهای زنده در نظر گرفته شدند (**Boguzas *et al.*, 2004**).

س) اثر عمق دفن بر سبزشدن گیاهچه

جهت بررسی پاسخ رویش بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید، بذرها در اعماق صفر، یک، دو، سه، پنج، هفت، نه، ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۷ سانتی‌متر، درون گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند (در هر گلدان ۲۵ بذر کاشته شد). کاشت بذرها در تاریخ ۱۷ خرداد ۱۴۰۰ انجام شد. خاک مورد استفاده بافت سیلتی- لومی داشته و اسیدیته و درصد ماده آلی آن نیز به‌ترتیب ۷/۶۱ و ۱/۸۱ درصد بود. گلدان‌ها در فضای باز قرار گرفتند و در صورت نیاز (خشک‌شدن سطح گلدان) آبیاری شدند. شمارش گیاهچه‌های سبزشده روزانه تا ۶۰

[۱]- به‌دلیل کمبود بذر، این آزمایش روی بذرهای جمع‌آوری‌شده در سال ۱۳۹۸ انجام نشد.

روز انجام شد (بذر سبزشده به بذری اطلاق شد که قسمتی از گیاهچه آن در سطح خاک مشاهده شد). به منظور ارزیابی پاسخ درصد رویش نیلوفر سفید به عمق دفن از معادله (۵) استفاده شد.

معادله ۵)

$$Y = E_{max}\exp\left(-0.5\left({}^{(X-A)}/_{B}\right)\text{^}2\right)$$

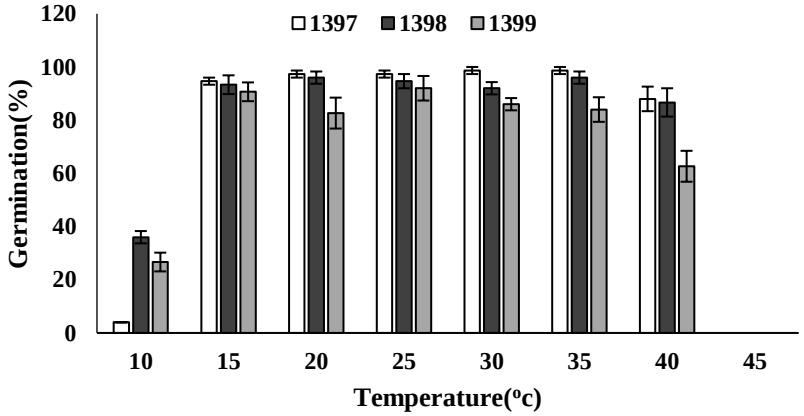
در این تابع **Y** درصد جوانه‌زنی، **E_{max}**: حداکثر درصد رویش، **A**: عمقی که حداکثر رویش در آن رخ می‌دهد و **B**: ضریب معادله می‌باشد (**Nejadhasan *et al.*, 2017**).

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار **SAS 9.1** صورت گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزارهای **Sigma plot 12.5** و **Excel** استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی نیلوفر سفید از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد آغاز و با افزایش دما، بر مقدار آن افزوده شد؛ اگرچه در محدوده دمایی ۱۵ تا ۳۵ درجه - سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی این گونه تقریبا ثابت بود؛ اما با افزایش دما به ۴۰ درجه سانتی‌گراد از مقدار آن کاسته و در نهایت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل متوقف شد (شکل ۱). در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمترین درصد جوانه‌زنی در بذرهای سال ۱۳۹۷ به میزان چهار درصد مشاهده شد. این درحالی بود که در این دما، درصد جوانه‌زنی بذرهای ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به‌ترتیب ۳۶ و ۲۶/۶۶ درصد بود. در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، برعکس دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی بذرهای جمعیت ۱۳۹۷ بیشتر از دو جمعیت دیگر بود.



شکل ۱- اثر دماهای ثابت بر جوانه‌زنی بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

* میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 1. The effect of constant temperatures on seed germination of different population of white morningglory

***Bars indicate the standard error of mean.**

سرعت جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید متفاوت بود (شکل ۲). بیشترین سرعت جوانه‌زنی در

بذرهای ۱۳۹۷ و کمترین آن در بذرهای ۱۳۹۹ مشاهده شد. علاوه‌براین حداکثر سرعت جوانه‌زنی در بذرهای ۱۳۹۷ در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در بذرهای ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (شکل ۲).

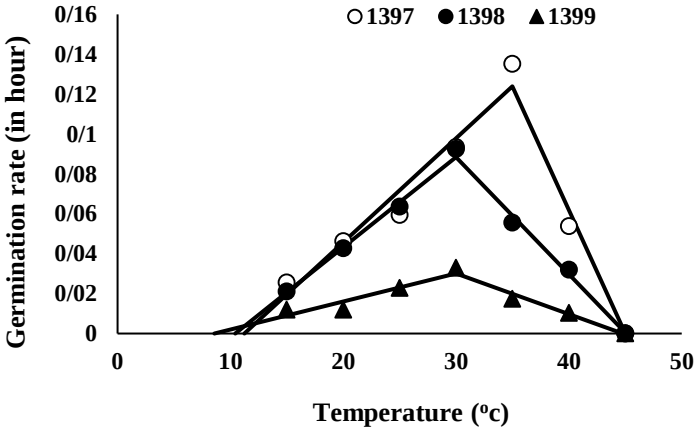
جهت برآورد دماهای کاردینال جوانه‌زنی نیلوفر سفید از معادله دو تکه‌ای استفاده شد. دمای پایه جوانه‌زنی جمعیت‌های مورد مطالعه از ۸/۵۸ تا ۱۱/۲۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. دمای مطلوب جوانه‌زنی این گیاه در سال ۱۳۹۷ معادل ۳۵ درجه سانتی‌گراد و در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ معادل ۳۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. دمای سقف جوانه‌زنی این گیاه نیز ۴۵~ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد (جدول ۱). مقدار عددی دو شاخص ترمال تایم تا زیر دمای مطلوب و ترمال تایم تا بالای دمای مطلوب در بذرهای جمع آوری شده از سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ کمتر از بذرهای ۱۳۹۹ بود (جدول ۱).

مهم‌ترین علف‌های هرز مهم مزارع سویا در استان گلستان شامل گاوپنبه (***Abutilon theophrasti***)، تاج‌خروس ایستاده (***Amaranthus retrpfelexus***)، اویارسلام (***Cyperus* sp**)، سوروف (***Echinochloa crus-galli***)، عروسک-پشت‌پرده (***Physalis alkekengi***)، قیاق (***Sorghum halepense***) و فرفیون خوابیده (***Euphorbia maculata***)، نیلوفر پیچ (***Ipomoea hederaceae***)، نیلوفر وحشی (***Ipomoea purpurea***) و کنجدشیطانی (***Cleome viscosa***) می‌باشد. دمای پایه جوانه‌زنی این گونه‌ها به‌ترتیب ۵، ۱۲، ۵، ۱۰/۴، ۸/۰۶، ۱۰/۱، ۱۹/۸، ۱۱/۲۰، ۷ و ۱۵/۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (**Loddo *et al.*, 2017; Webster, 2003; Poortousi *et al.*, 2009; Asgarpour, 2013; Drakhshan & Gherekhloo, 2014; Siahmarguee *et al.*, 2020& 2022**).

مقایسه دمای پایه نیلوفر سفید با این گونه‌ها نشان داد که بجز گاوپنبه، اویارسلام، فرفیون خوابیده و کنجد شیطانی، در سایر گونه‌ها، دمای پایه جوانه‌زنی بسیار نزدیک به نیلوفر سفید می‌باشد. این امر نشان داد که این علف‌هرز می‌تواند از توانایی رقابتی مناسبی با سایر گونه‌ها در اشغال آشیانه‌های اکولوژیک موجود در زمین برخوردار باشد؛ از این رو می‌تواند به‌عنوان یک گونه خسارت‌زا معرفی شود.

نکته قابل توجه در این تحقیق بالابودن سرعت جوانه‌زنی و پایین‌بودن مقدار شاخص زمان حرارتی تا زیر دمای مطلوب و بالای دمای مطلوب بذرهای جمعیت‌های حاصل از سال ۱۳۹۷ نسبت به سایر سال‌ها می باشد. محققان بیان داشتند که بذرهای این گونه دارای خواب فیزیکی هستند و تیمارهای خراش‌دهی سبب رفع خواب آنها می‌شود (**Gehan Jayasuriya *et al.*, 2007**). همانطور که مشاهده می‌شود با وجود اینکه قبل از انجام آزمایش، خواب فیزیکی هر سه جمعیت رفع شده بود، اما بذرهای سال ۱۳۹۷ دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتری می‌باشند. بیولی و همکاران (**Bewley *et al.*, 2013**) بیان داشتند که در طی رفع خواب

بذرهای دارای خواب فیزیولوژیک، سرعت جوانه-زنی افزایش می‌یابد. نظر به اینکه بذرهای سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ پس‌رس شده بودند؛ می توان گفت که پس-رسی نیز باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای این گیاه شده است و از این رو می‌توان بیان داشت که بذرهای این گونه دارای خواب دوگانه (فیزیکوفیزیولوژیک) می‌باشند و این اولین گزارش در مورد خواب دوگانه این گونه می‌باشد.



شکل ۲- سرعت جوانه‌زنی بذر برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

*بذرهای جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ از مناطق آلوده جمع‌آوری شده‌اند.

Figure 2. Germination rate for 50% of seed population germination of different populations of white morning-glory
*** The seeds of different white morning-glory populations were collected from contaminated areas in 2018, 2019 and 2020.**

جدول ۱- دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

Table 1. Germination cardinal temperatures of different populations of white morning-glory.

	1397	1398	1399
Tb (°C)	11.24 ± 2.19	10.43 ± 1.02	8.58 ± 3.60
To (°C)	35 ± 1.61	30 ± 0.71	30 ± 1.96
Tc (°C)	44.85 ± 0.87	45.07 ± 0.56	44.77 ± 1.62
Fo (h)	8.07 ± 0.57	11.31 ± 0.34	33.23 ± 3.2
R^2	0.96	0.99	0.93
Thermal time below the optimum temperature	188.67	212.766	666.66
Thermal time above the optimum temperature	74.07	166.66	476.19

بذرهای جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ از مناطق آلوده جمع‌آوری شده‌اند. ****Tb**: دمای پایه جوانه‌زنی؛ **To**: دمای مطلوب جوانه‌زنی؛ **Tc**: دمای سقف جوانه‌زنی می‌باشند. ** اعداد داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

*** The seeds of different white morning-glory populations were collected from contaminated areas in 2018, 2019 and 2020.**
****Tb: germination base temperature; To: optimal germination temperature; Tc: ceiling germination temperature.**
*****The numbers in the parentheses indicate the standard error (SE).**

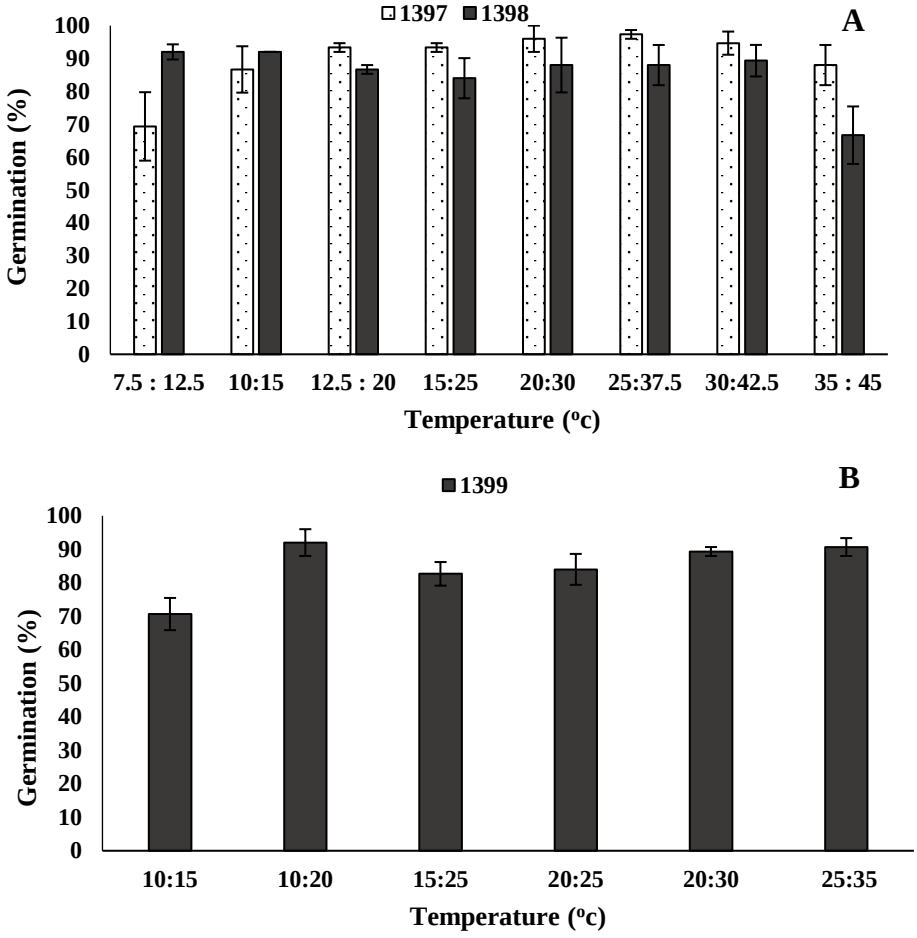
اثر دماهای متناوب بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفر سفید

درصد جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید در دماهای متناوب در شکل ۳ نشان داده شده است.

در جمعیت ۱۳۹۷ کمترین و بیشترین درصد جوانه‌زنی نیلوفر سفید در دمای متناوب ۱۲/۵ :۷/۵ و ۳۷/۵ :۲۵ به‌ترتیب به میزان ۶۹/۳۳ و ۹۷/۳۳ درصد مشاهده شد. اما در جمعیت ۱۳۹۸ درصد جوانه‌زنی در متناوب ۱۲/۵: ۷/۵ و ۱۰:۱۵ در حداکثر مقدار خود (۹۲ درصد) بود و با افزایش محدوده دمای متناوب، درصد جوانه‌زنی به میزان اندکی کاهش یافت. در این گروه از بذرها کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای متناوب ۳۵:۴۵ به میزان ۶۶/۶۶ درصد مشاهده شد. در جمعیت ۱۳۹۹ نیز بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای متناوب ۱۰:۲۰ و ۱۰:۱۵ درجه سانتی‌گراد به میزان ۹۲ و ۷۰/۶۶ درصد مشاهده شد. مقایسه نتایج مربوط به درصد جوانه‌زنی نیلوفر سفید در شرایط دمای ثابت و متناوب حاکی از آن است که در محدوده دماهای بالا، درصد جوانه‌زنی این گونه تحت تاثیر دمای ثابت و متناوب قرار نمی‌گیرد؛ اما در محدوده دماهای پایین، درصد جوانه‌زنی این گونه در شرایط دمای متناوب افزایش می‌یابد. مطالعات نشان می‌دهد که گونه‌هایی که جوانه‌زنی آن‌ها در شرایط نوسانات دما افزایش می‌یابد، احتمالاً در فضاهای خالی داخل زمین و یا در حاشیه مزارع جایی که پوشش گیاه زراعی اندک است، تظاهر و تمرکز بیشتری خواهند داشت. برعکس، گونه‌هایی که از درصد جوانه‌زنی بالاتری در شرایط دمای ثابت برخوردارند، قادر خواهند بود در زیر سایه‌انداز گیاه زراعی نیز جوانه زده و به مرحله استقرار برسند (**Bittencourt & Bonome, 2016**). از این‌رو به نظر می‌رسد این گیاه محدودیت چندانی از نظر جوانه‌زنی در فضاهای خالی یا اشغال‌شده توسط سایر گونه‌ها نداشته باشد.

اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفر سفید

مدل سیگموئیدی سه‌پارامتره برازش‌شده به این داده‌ها نشان داد که تفاوت چندانی در روند جوانه‌زنی جمعیت‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (پس‌رس‌شده) وجود نداشت. در هر دو جمعیت مذکور درصد جوانه‌زنی تا پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال قابل توجه بود؛ اما در پتانسیل‌های منفی‌تر درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما بذرهای ۱۳۹۹ (بذرهای تازه) نسبت به تغییر پتانسیل آب حساسیت بیشتری نشان داده و با کاهش پتانسیل آب، جوانه‌زنی آن‌ها کاهش یافت. مقادیر X_{50} که نشان‌دهنده مقدار پتانسیل آب مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد در جمعیت‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به‌ترتیب ۰/۸۳-، ۰/۸۲- و ۰/۴۳- مگاپاسکال بود (شکل ۴). نتایج این بخش نیز موید این مطلب است که در بذرهای پس‌رس‌شده، آستانه تحمل به تنش آبی بیشتر از بذرهای تازه است. باتولا و بنچ‌آرنولد (**Batlla & Benech-Arnold, 2004**) در بذرهای پیچک‌بند (***Polygonum convolvulus***) بیان داشتند که بذرهای که خواب آنها رفع شده بودند نسبت به بذرهای دارای خواب پتانسیل آب پایین‌تری برای جوانه‌زنی دارند؛ ایشان از تغییرات این شاخص برای نشان‌دادن وضعیت خواب بذرهای این گیاه استفاده کردند.



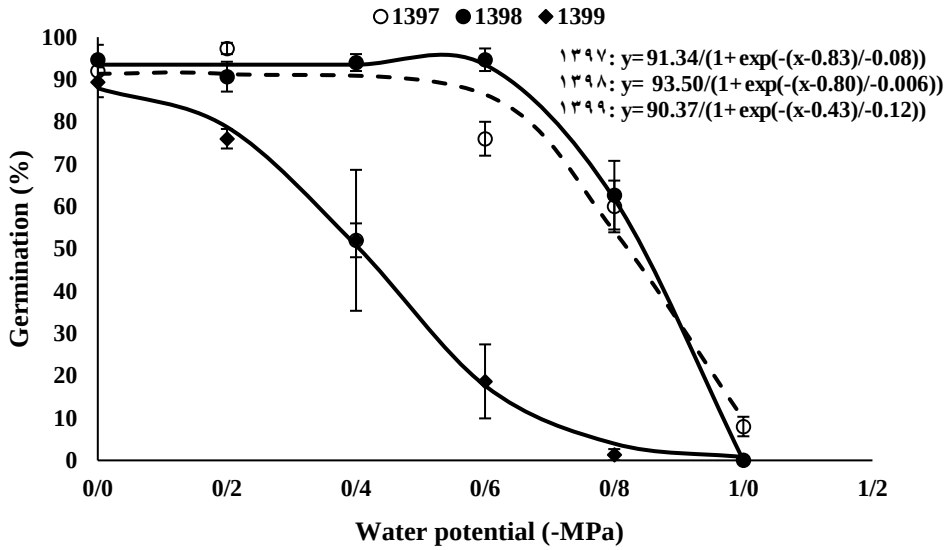
شکل ۳- اثر دماهای متناوب بر جوانه‌زنی بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید (جمعیت‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ (الف) و جمعیت ۱۳۹۹ (ب)). * میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 4. The effect of alternating temperatures on seed germination of different populations of white morning-glory (populations of 2018 and 2019 (a); populations of 2020 (b)).
***Bars indicate the standard error of mean.**

اثر شوری بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفر سفید

درصد جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید در محدوده وسیعی از غلظت‌های نمک کلرید سدیم رخ داد. جوانه‌زنی این گیاه تا غلظت ۱- مگاپاسکال شوری تقریبا بالا بود؛ و کاهش ۵۰ درصدی مقدار حداکثر جوانه‌زنی در در جمعیت‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ در پتانسیل شوری ۱/۴- مگاپاسکال و در جمعیت ۱۳۹۸ در پتانسیل شوری ۱/۱- مگاپاسکال رخ داد (شکل ۵).

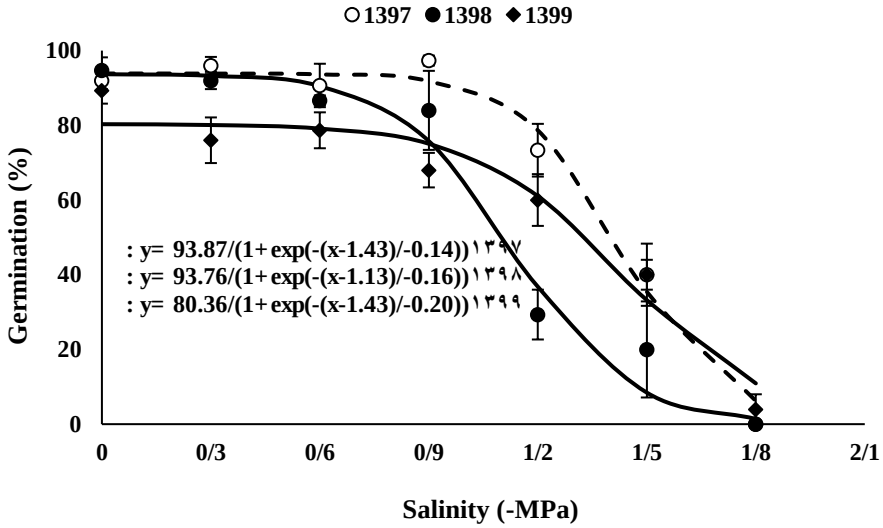
مقایسه پاسخ جوانه‌زنی این گیاه نسبت به تنش شوری در مقایسه با تنش آبی نشان داد که نیلوفر سفید می‌تواند طیف وسیع‌تری از پتانسیل‌های شوری را نسبت به پتانسیل آبی تحمل کند. بنابراین احتمالاً در اراضی با خاک شور قدرت رقابت بیشتری با گیاه زراعی خواهد داشت.



شکل ۴- اثر پتانسیل‌های مختلف آب بر جوانه‌زنی بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

*جمعیت ۱۳۹۷ در پتانسیل ۰/۴- مگاپاسکال پاسخ طبیعی از خود نشان نداد؛ بنابراین در برازش مدل مورد استفاده قرار نگرفت. ** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 5. The effect of different water potentials on seed germination of different populations of white morning-glory. *The population of 2018 did not show a normal response in the potential of -0.4 MPa, Therefore, it was not used in fitting the model. **Bars indicate the standard error of mean.



شکل ۵- اثر پتانسیل‌های مختلف شوری بر جوانه‌زنی بذر جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

* میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 6. The effect of different salinity potentials on seed germination of different populations of white morning-glory. *Bars indicate the standard error of mean.

اثر دماهای بالا بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفر سفید

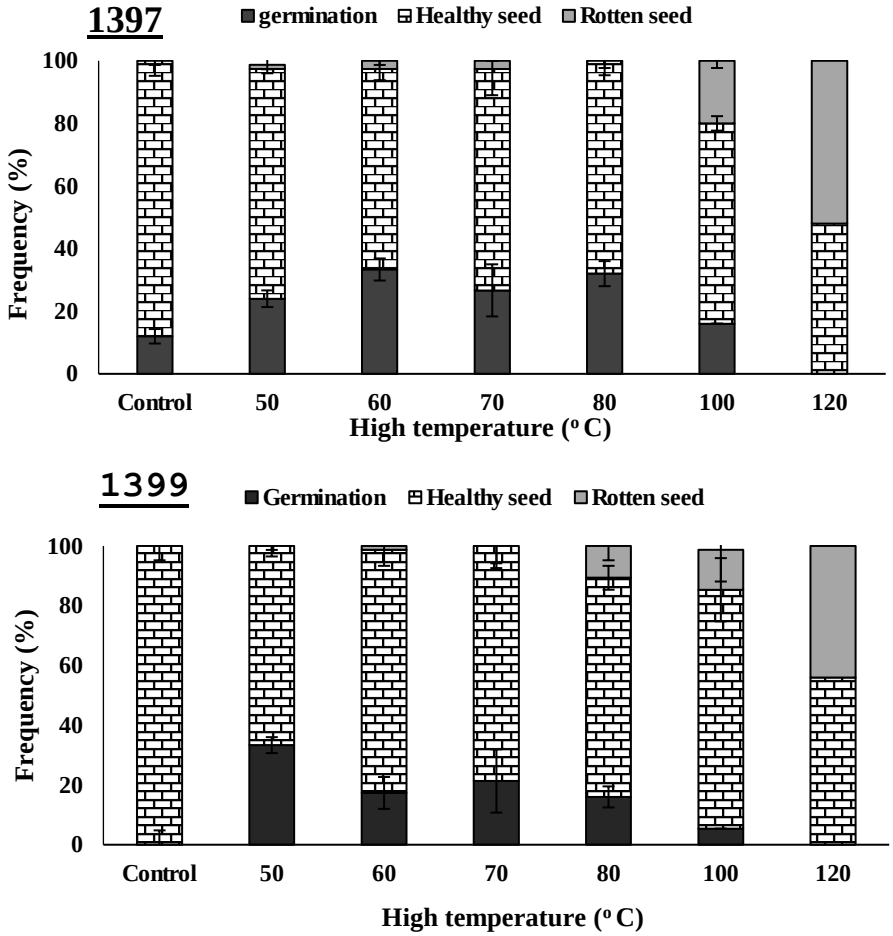
با افزایش دمای بالا درصد جوانه‌زنی جمعیت‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ کاهش یافت. اگرچه بذرهای نیلوفر مقاومت بالایی به تحمل دماهای بالا داشتند؛ اما افزایش دما به ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش درصد بذرهای سالم و افزایش قابل توجه درصد بذرهای مرده شد؛ با این‌حال درصد قابل توجهی از بذرها (تقریبا ۵۰ درصد از بذرها) همچنان سالم باقی ماندند (شکل ۶). با توجه به اینکه حداکثر دمای خاک در زمان آتش‌سوزی برای چند لحظه بین ۷۳ درجه سانتی‌گراد تا ۲۶۴ درجه سانتی‌گراد در سطح زمین متغیر بوده و در لایه‌های عمیق‌تر خاک (یک سانتی‌متر و پنج سانتی‌متر) افزایش دما ناچیز است (**Ruprecht *et al.*, 2013**)، می‌توان گفت گرمای حاصل از آتش‌زدن بقایا نمی‌تواند به‌طور کامل بانک بذر این گونه در خاک را از بین ببرد.

همچنین مقایسه تیمارهای مختلف دمای بالا با تیمار شاهد (درصد جوانه‌زنی بذرهای خواب‌شکنی‌نشده در دمای مطلوب) نشان می‌دهد که دماهای بالا تا حدودی باعث رفع خواب و تحریک جوانه‌زنی بذرهای نیلوفر سفید می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که شوک حرارتی سبب رفع خواب فیزیکی بذر می شود (**Baskin & Baskin, 2000; Pérez-Sánchez *et al.*, 2011**). در این راستا لونا (**Luna, 2020**) با تاکید بر نقش شوک حرارتی در رفع خواب فیزیکی بذر، گزارش کرد که شوک حرارتی جوانه‌زنی بذر ۱۲ گونه گیاهی در خانواده **Cistaceae** که دارای خواب فیزیکی بودند را افزایش داد.

همان‌گونه که در نتایج این قسمت مشهود است مدت زمان پس‌رسی نیز منجر به بروز پاسخ‌های متفاوت در برابر این پارامتر مدیریتی می‌شود. به‌نحوی‌که درصد جوانه‌زنی در بذرهای سال ۱۳۹۹ در مقایسه با بذرهای ۱۳۹۷، در دماهای ۶۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد کاهش یافته است. در تایید این امر فرانزس و قیرماندی (**Franzese & Ghermandi, 2011**) گزارش کردند که جوانه‌زنی بذرهای جوان ساق-ترشک (***Rumex acetosella* L.**) با افزایش دما کاهش یافت. ایشان اظهار داشتند که بذرهای جوان در مقایسه با بذرهای مسن‌تر، واکنش بیشتری به آتش نشان می‌دهند، احتمالاً به این دلیل که تخریب فیزیکی را تجربه نکرده‌اند و بیشتر پذیرای محرک‌های محیطی هستند.

با توجه به اینکه بانک بذر خاک شامل مجموعه‌ای از بذرهای گونه‌های مختلف با سن‌های مختلف است، پیش بینی اثر آتش‌سوزی بر رفتار بانک بذر نیز بسیار مشکل خواهد بود. تاکنون مطالعات مختلف در این زمینه انجام و هر کدام دارای نتایج متفاوتی بوده است. بازیار (**Bazyar, 2012**) اظهار داشت آتش‌زدن بقایای گیاهی نه تنها باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی می‌شود بلکه موجب جوانه‌زنی بیشتر برخی علف‌های هرز نیز می‌شود. زینتی و همکاران (**Zinati *et al.*, Accepted for publication**) با مطالعه اثر دماهای بالا بر جوانه‌زنی بذر پنج گونه تاج خروس دریافتند که اگرچه افزایش دما تا ۱۱۰ سانتی‌گراد سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و افزایش درصد بذرهای مرده گونه‌های مختلف تاج‌خروس

شد؛ اما قسمت زیادی از بذرها زنده مانده و دچار خواب شدند. بنابراین به نظر می‌رسد دماهای بالا، اگرچه باعث کاهش آلودگی مزارع به نیلوفر سفید می‌شود، اما تاثیر قابل توجهی در تخلیه بانک بذر این گونه ندارد.



شکل ۶- اثر دماهای بالا بر درصد جوانه‌زنی، درصد بذرهای سالم و فاسد جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

*به دلیل کمبود بذر، این آزمایش روی جمعیت ۱۳۹۸ انجام نشد. ** در این آزمایش از بذرهای خواب‌شکنی‌نشده استفاده شد. *** تیمار شاهد بیانگر درصد جوانه‌زنی بذرهای خواب‌شکنی‌نشده در دمای مطلوب است. **** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 7. The effect of high temperatures on percentage of germination, percentage of healthy and rotten seeds of different populations of white morning-glory.

*** Due to the lack of seeds, this experiment was not performed on the population of 2019. ** Dormant seeds were used in this experiment. *** The control treatment shows the germination percentage of dormant seeds at the optimum temperature.**

******Bars indicate the standard error of mean.**

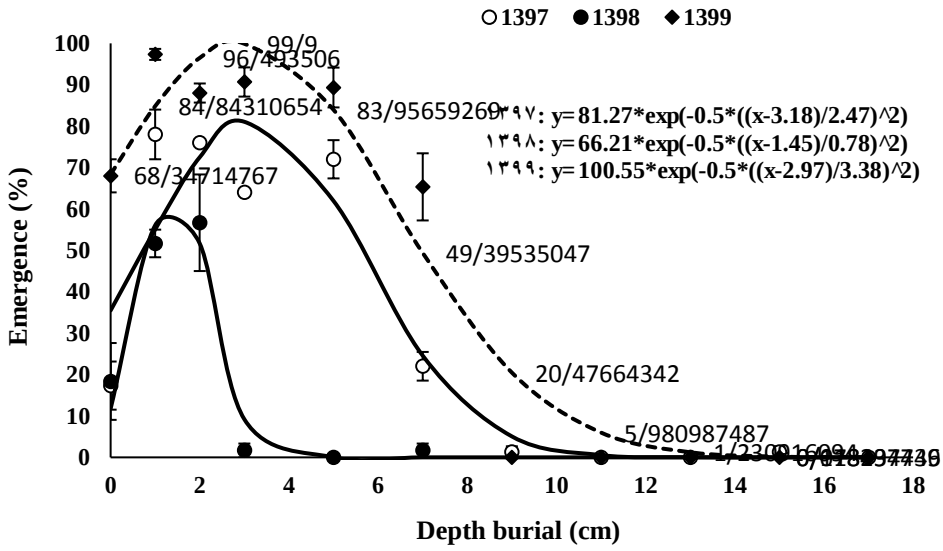
اثر عمق دفن بر رویش گیاهچه نیلوفر سفید

رویش گیاهچه نیلوفر سفید تحت تأثیر عمق‌های مختلف دفن قرار گرفت (شکل ۷) همانگونه‌که ملاحظه می‌شود با وجود آنکه درصد رویش گیاهچه در بذرهای ۱۳۹۹ (تازه) بیشتر از بذرهای ۱۳۹۸ (یکسال پس‌رس‌شده) بود؛ اما پاسخ درصد رویش گیاهچه به عمق دفن در دو سال از روند مشابهی تبعیت کرد. رویش گیاهچه نیلوفر سفید از عمق صفر

سانتی‌متر (سطح خاک) شروع شد؛ به‌نحوی‌که، در بذرهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۹ به‌ترتیب ۱۷/۳۳ و ۶۸ درصد از بذرها رویش یافتند. با افزایش عمق دفن درصد رویش بذرها افزایش یافت؛ به‌نحوی‌که، در عمق سه سانتیمتر به حداکثر مقدار خود رسید. از این پس با افزایش عمق دفن درصد رویش گیاهچه کاهش یافت و در عمق نه سانتی‌متر متوقف شد. رویش گیاهچه در سال ۱۳۹۸ با همین روند اما به تعداد و درصد کمتری اتفاق افتاد و در عمق‌های بیشتر از پنج سانتی‌متر، هیچ گیاهچه‌ای سبز نشد. بذرهای نیلوفر سفید درشت بوده و وزن هزاردانه آن ۳۰/۷۶۸ گرم می‌باشد؛ بنابراین برای شروع جوانه‌زنی به رطوبت بیشتری در مقایسه با علف‌های هرزی که بذرهای ریز دارند، نیاز دارد. به نظر می‌رسد دلیل کم‌بودن درصد رویش گیاهچه نیلوفر سفید از سطح خاک به دسترسی کمتر به رطوبت خاک ارتباط داشته باشد. این امر توسط محققان دیگر از جمله اکبری گلوردی و همکاران (**Akbari- Gelvardi *et al.*, 2021**) و قادری‌فر و همکاران (**Ghaderifar *et al.*, 2012**) تایید شده است. برخلاف آن محققان دیگری نیز اشاره کرده‌اند که با افزایش عمق دفن، درصد رویش روند کاهشی دارد. از جمله طاهری و همکاران (**Taheri *et al.*, 2017**) اظهار داشتند بیشترین درصد رویش بذر جو ساحلی (***Hordeum marinum* Huds.**) به میزان (۹۷/۹۷ درصد) و کمترین زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر رویش گیاهچه (۱۰/۹۸ روز) در عمق صفر سانتی‌متر بود و در عمق‌های بالاتر از هفت سانتی‌متر، گیاهچه‌ای سبز نشد. ایشان نتیجه گرفتند که می‌توان برای کنترل این علف‌هرز از مدیریت شخم نیمه‌عمیق (بیش از هفت سانتی‌متر) استفاده کرد. با توجه به اینکه درصد رویش نیلوفر سفید در سطح خاک از ۱۸ تا ۶۸ درصد در نوسان بود، به نظر می‌رسد در شرایط استفاده از روش بدون خاکورزی امکان رویش این علف‌هرز وجود خواهد داشت. همچنین با توجه به درصد رویش قابل توجه این گیاه تا عمق شش سانتی‌متری، روش‌های کم-خاکورزی نیز شرایط مساعدی را برای رویش بیشتر این علف‌هرز مهیا خواهند کرد. ازاین‌رو به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های خاکورزی نیمه‌عمیق تا عمیق به دلیل دفن عمیق بذرها می‌تواند به عنوان یک گزینه مدیریتی در مهار نیلوفر سفید مورد توجه قرار گیرد.

یکی از نتایج متفاوت از آزمایش عمق دفن در گونه نیلوفر سفید این بود که علی‌رغم اینکه از بذرهای خواب‌شکنی‌نشده استفاده شده بود، درصد رویش در این گونه بسیار بالا بود. در شکل ۸، آمار هواشناسی گرگان شامل دماهای حداقل و حداکثر (درجه سانتی‌گراد) در محدوده زمانی انجام آزمایش عمق دفن (از ۱۵ خرداد ۱۴۰۰ تا ۳۱ خرداد ۱۴۰۰) نشان داده شده است. همانگونه‌که مشاهده می‌شود، شهرستان گرگان در این محدوده، دماهای بالایی را از ۳۰ تا ۴۰/۵ درجه سانتی‌گراد را تجربه کرده است. در بسیاری از منابع به این امر استناد شده است که دمای خاک در تابستان، به‌خصوص در خاک‌های لخت، مانند آتش عمل کرده و باعث رفع خواب

فیزیکی می‌شود (**Luna, 2020; Ooi *et al.*, 2014**). نتایج تحقیق اوی و همکاران (**Ooi *et al.*, 2009**) نشان داده است که هنگامی‌که دمای هوا در حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، دمای خاک نیز مشابه دمای هوا است، اما زمانی‌که میانگین حداکثر دما در حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد، دمای خاک می‌تواند به ۶۰ درجه سانتی‌گراد نیز برسد. دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد که در جریان آتش‌سوزی و معمولا تا عمق هفت سانتی‌متری خاک مشاهده می‌شود، می تواند تا بیش از ۹۰ درصد خواب فیزیکی بعضی از گونه‌های گیاهی (از جمله خانواده فاباسه) را رفع کند (**Bradstock & Auld, 1995**). با توجه به آزمایش‌های مربوط به اثر دماهای بالا بر جوانه‌زنی نیلوفر سفید مشخص شد که قرارگیری در معرض دماهای بالای ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه، سبب رفع خواب و تحریک جوانه‌زنی بذر این گونه می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد، تجربه هوای گرم تابستان در محدوده زمانی اجرای آزمایش، می‌تواند به عنوان عاملی در رفع خواب بذرهای این گونه باشد. البته این امر فرضیه بوده و لازم است آزمایش‌های دقیق‌تری با هدف بررسی دماهای گرم تابستان بر جوانه‌زنی بذر این گونه‌ها طراحی و اجرا شود.

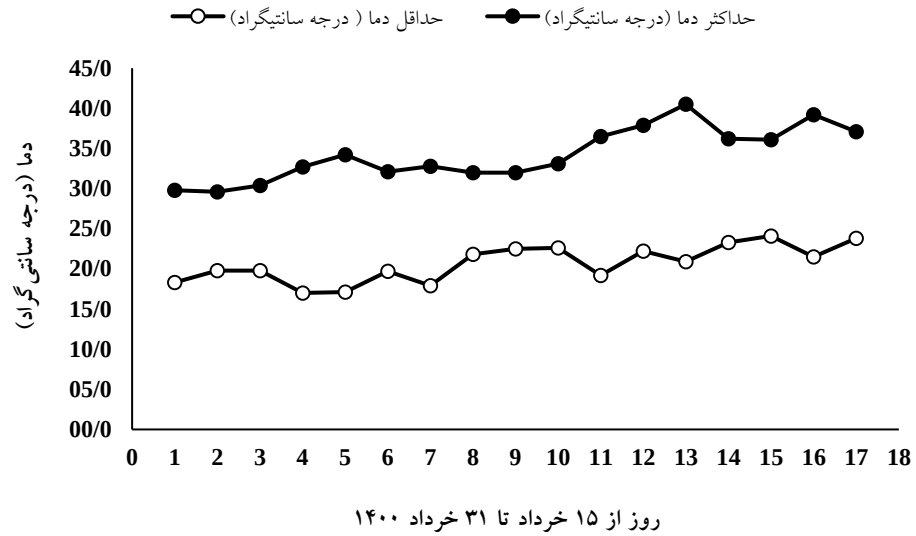


شکل ۷- اثر عمق دفن بر سبزشدن گیاهچه جمعیت‌های مختلف نیلوفر سفید.

* در این آزمایش از بذرهای خواب‌شکنی نشده استفاده شد. ***میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشند.

Figure 8. The effect of burial depth on seedling emergence of different populations of white morning-glory.

*** Dormant seeds were used in this experiment. ***Bars indicate the standard error of mean.**



شکل ۸- آمار هواشناسی گرگان شامل دماهای حداقل و حداکثر (درجه سانتی‌گراد) در زمان انجام آزمایش عمق دفن (از ۱۵ خرداد ۱۴۰۰ تا ۳۱ خرداد ۱۴۰۰).

Figure 9. Meteorological statistics of Gorgan city including minimum and maximum temperatures (ºC) in the time of burial depth experiment (from 5 June 2021 to 21June 2021)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که بذرهای علف‌هرز نیلوفر سفید در طیف وسیعی از شرایط محیطی قادر به جوانه‌زنی هستند. ازاین‌رو می‌توان بیان داشت که این گیاه پتانسیل بالایی به عنوان یک گیاه مهاجم مهم در زراعت‌های مختلف شامل سویا، پنبه، ذرت و دیگر گیاهان گرمسیری داشته باشد. در این راستا لازم است با ارائه راهکارهای مدیریتی مختلف از تهاجم گسترده آنها جلوگیری شود. ازاین‌رو با داشتن اطلاعات مربوط به جوانه‌زنی بذر این گیاه در پاسخ به شرایط محیطی می‌توان درک بهتری از تهدیدات زراعی- اکولوژیکی به‌وجودآمده توسط این گونه نورویش و مشکل‌ساز داشت و از آن در کنترل موثر این علف‌هرز استفاده کرد.

منابع

Akbari- Gelvardi, A. Siahmarguee, A. Ghaderi- Far, F. and Gherekhloo, J. 2021. The effect of environmental and management factors on seed germination and seedling emergence of Asian spiderflower (*Cleome viscosa* L.). Weed Res. 61(5): 350-359.

Anonymous. 2001. Weed survey – Southern states, broadleaf crops subsection, Proceedings, Southern Weed Science Society. 54: 244-259.

Asgarpour, R. 2013. Study the biology of two new species of *Euphorbia maculata* and *Euphorbia heterophylla* in soybean fields in Golestan province. PhD theses of Ferdowsi University of Mashhad. 180p.

Baskin, J.M. Baskin, C.C. and Li, X. 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant Spec. Biol. 15: 139-152.

Batlla, D. and Benech-Arnold, R.L. 2004. A predictive model for dormancy loss in *Polygonum aviculare* L. seeds based on changes in population hydrotime parameters. Seed Sci. Res. 14, 277–286.

Bazyar, M.R. 2012. Investigating the effect of burning plant residues on the germination and growth of weeds. The 3rd National Conference on Agriculture and Food Sciences. Fasa. Iran.

Bittencourt, H.V.H. and Bonome, L.T.D.S. 2016. Seed germination and emergence of *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. in response to environmental factors. J. Plant Prot. Res. 56(1): 32-38.

Boguzas, V. Marcinkeviciene, A. and Kairyte, A. 2004. Quantitative and qualitative evaluation of weed seed bank in organic farming. Agron. Res. 2: 13-22.

Bradstock, R.A. and Auld, T.D. 1995. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: Consequences for legume germination and fire management in south-eastern Aust. J. Appl. Ecol. 32(1): 76-84.

Bewley, J.D. Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. and Nonogaki, H. 2013. Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy. Springer press.

CABI, 2022. www.CABI.org/isc/datashit/114968.

Chauhan, B.S. and Abugho, S.B. 2012. Threelobe morningglory (*Ipomoea triloba*) germination and emergence response to herbicides. Weed Sci. 60(2): 199-204.

Crowley, R.H. and Buchanan, G.A. 1978. Competition of four morningglory (*Ipomoea* spp.) species with cotton (*Gossypium hirsutum*). Weed Sci. 26: 484–488.

Drakhshan, A. and Gherekhloo, J. 2014. Study of some ecological aspects of germination and dormancy of *Physalis angulata* (L.). J. Plant Prot. 28(3): 416-424.

Franzese, J. and Ghermandi, L. 2011. Seed longevity and fire: Germination responses of an exotic perennial herb in NW Patagonian grasslands (Argentina). Plant Biol. 13(6): 865-871.

Gehan Jayasuriya, K.M.G. Baskin, J.M. Geneve, R.L. and Baskin, C.C. 2007. Morphology and anatomy of physical dormancy in *Ipomoea lacunosa*: Identification of the water gap in seeds of convolvulaceae (Solanales). Ann. Bot. 100(1): 13-22.

Ghaderifar, F. Alimagham, S.M. Rezaei Moghadam, H. and Haghighi, M. 2012. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rye (*Secale cereale* L.) as a volunteer plant in wheat fields. J. Crop Prod. 5: 121-133.

Hardcastle. 1987. Influence of temperature and acid scarification duration on scarlet morningglory (*Ipomoea coccinea*) seed germination. Weed Sci. 26(3): 261- 263.

Jones, E.A.L. Contreras, D.J. and Everman, W.J. 2021. Chapter 11- *Ipomoea hederacea*, *Ipomoea lacunose*, and *Ipomoea purpurea*. Biology and management of problematic crop weed species. (pp. 241-259). Academic press.

Loddo, D. Ghaderi-Far, F. Rastegar, Z. and Masin, R. 2017. Base temperatures for germination of selected weed species in Iran. Plant Prot. Sci. 54(1): 60-66.

Luna, B. 2020. Fire and summer temperatures work together breaking physical seed dormancy. Sci. Rep. 10: 6031.

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914–916.

Michel, B.E. and Radcliffe, D. 1995. A computer program relating solute potential to solution composition for five solutes. Agron. J. 87: 126-130.

Nazariyan, Z. Siahmarguee, A. and Ghaderifar, F. 2016. Germination response study of tall morningglory (*Ipomoea purpurea* ((L.) Roth.), an invasive weed, to temperature and water potential. Weed Res. J. 8(1): 59-71.

Nejadhasan, B. Siahmarguee, A. Zainali, E. and Ghaderifar, F. 2017. Studying the response of seed germination of arugula (*Eruca sativa* L.) to some environmental factors. J. Plant Prod. 24(2): 77-91.

Oliveria, M.J. and Norsworthy, J.K. 2006. Pitted morningglory (*Ipomoea lalacunosa*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. Weed Sci. 54(50): 910-916.

Ooi, M.K.J. Auld, T.D. and Denham, A.J. 2009. Climate change and bet-hedging: Interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. Glob. Change Biol. 15: 2375-2386.

Ooi, M.K.J. Denham, A.J. Santana, V.M. and Auld, T.D. 2014. Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: Variation among species and relative impact of climate change. Ecol. Evol. 4(5): 656–671.

Pagnoncelli, F.B. Trezzi, M.M. Brum, B. Vidal, R.A. Portes, Á.F. and Scalcon, E.L. 2017. Morning glory species interference on the development and yield of soybeans. Bragantia. 76(4): 470-479.

Pérez-Sánchez, R.M. Jurado, E. Chapa-Vargas, L. and Flores, J. 2011. Seed germination of southern chihuahuan desert plants in response to elevated temperatures. J. Arid Environ. 75: 978-980.

Poortousi, N. Rashed Mohasel, M.H. and Ezadi Darbandi, E. 2009. Germination characteristics and cardinal temperatures of lambsquarter, purselane and crabgrass. Iran. J. Field Crops Res. 6(2): 255-261.

Sarani, H. Izadi, E. Ghanbari, A. and Rahemi, A. 2019. Effect of temperature and light on germination characteristics of Japanese morning glory (*Ipomoea nil*): Determination of cardinal temperatures of germination. Iran. J. Seed Res. 6(1): 115-127.

Siahmarguee, A. Taheri, M. Ghaderi-far, F. and Torabi, B. 2022. Germination ecology of invasive common morning-glory (*Ipomoea purpurea* L.) in Golestan province. J. Plant Prod. 29(2): 221-240.

Siahmarguee, A. Gorgani, M. Ghaderi-far, F. and Asgarpour, R. 2020. Germination ecology of ivy-leaved morning-glory: An invasive weed in soybean fields, Iran. Planta Daninha, 38: e020196227.

Siahmarguee, A. Ghaderifar, F. Gherekhloo, J. Akbari Gelvardi, A. and Gorgani, M. 2022. Estimating the cardinal temperatures of germination for *Ipomoea hederaceae* and *Cleome viscosa* at constant and alternating temperature conditions. Iran. J. Seed Res. 9(1): 93-110.

Singh, M. Ramirez, A.H.M. Sharma, S.D. and Jhala, A.J. 2012. Factors affecting the germination of tall morningglory (*Ipomoea purpurea*). Weed Sci. 60: 64–68.

Soltani, A. Galeshi, S. Zeinali, E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seeding growth of chickpea as affected salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51-60.

Soltani, E. Ghaderi-Far, F. Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2015. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. Aust. J. Bot. 63, 631-635.

Culpepper, A.S. Gimenez, A.E. York, A.C. Batts, R.B. and Wilcut, J.W. 2001. Morningglory (*Ipomoea* spp.) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) control with

glyphosate and 2,4-DB mixtures in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). Weed Technol. 15(1): 56-61.

Suwanketnikom, R. and Julakasewee, A. 2004. Hard seededness and germination of small white flower morning glory. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 38: 425–433.

Taheri, M. Gherekhloo, M. Siamarguee, A. and Ansari, O. 2017. The effect of burial depth on seedling emergence of Sea barley (*Hordeum marinum* Huds.). 7th Iranian Weed Science Congress. Gorgan. Iran.

Tanveer, A. Khan, M.A. Ali, H.H. Javaid, M.M. Reza, A. and Chauhan, B.S. 2020. Influence of different environmental factors on the germination and seedling emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. Crop Prot. 130: 105070.

Toole, E.H. and Brown, E. 1964. Final results of the duel buried seed experiment. J. Agric. Res. 72: 201-210.

Ruprecht, E. Fenesi, A. Fodor, E.I. and Kuhn, T. 2013. Prescribed burning as an alternative management in grasslands of temperate Europe: The impact on seeds. Basic. Applied Ecol, 14: 642–650.

USDA, NRCS. 2016. The PLANTS Database, Version 3.1, National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. http://plants.usda.gov/ (February 25, 2011).

Webster, T.M. 2003. Nutsedge (*Cyperus* spp.) eradication: impossible dream. National Proceedings: Forest and Conservatory Nursery Associations-2002. Ogden, UT. *Proceedings RMRS*-P-28. 21-25.

Zinati, L. Siahmarguee, A. Ghaderifar, F. Yones Abadi, M. and Chauhan, B. S. Effect of stress due to high temperatures and burial depth on seed fate of different species of *Amaranthus* weed. Iran. J. Seed Res. Accepted for Publication.