به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰
صفحه‌های ۵۷۷-۵۶۳

مقاله پژوهشی:

اثر تنش کم‌آبی بر طول دوره رشد و فنولوژی برخی اکوتیپ‌های شاهدانه

صادق اسدی[۱]، حسین مقدم[۲]*، حسنعلی نقدی‌بادی[۳]، محمدرضا نقوی[۴]، سیدعلیرضا سلامی[۵]
۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران.
۴. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵. دانشیار، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی طول دوره رشد اکوتیپ‌های مختلف شاهدانه و پاسخ این اکوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۵ انجام شد. عامل آبیاری در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل اکوتیپ با ۱۲ سطح (ارومیه، سنندج، تبریز، دشت مغان، رشت، خمین، داران، قم، شاهرود، کرمان، طبس و سراوان) بود. نتایج نشان داد که اکوتیپ‌های رشت و خمین به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین زمان برای جوانه‌زنی و سبزشدن و میزان درجه روز رشد جوانه‌زنی و سبزشدن (GDD1) را داشتند. بیش‌ترین زمان دوره رویشی، گلدهی و رسیدگی به‌ترتیب در اکوتیپ‌های دشت مغان، رشت و دشت مغان به میزان ۷۱/۳۳، ۳۰ و ۴۶/۶۶ روز در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین زمان در اکوتیپ‌های طبس، تبریز و سراوان با مقادیر ۴۲، ۱۶ و ۱۷ روز در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار درجه روز رشد دوره رویشی (GDD2)، دوره گلدهی (GDD3)، دوره رسیدگی (GDD4) به‌ترتیب در اکوتیپ‌های دشت مغان، کرمان و دشت مغان با ۱۷۸۸، ۸۳۶ و ۱۱۶۹ درجه روز رشد در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین مقدار در اکوتیپ‌های طبس، تبریز و سراوان با ۱۰۳۹، ۴۱۳ و ۴۴۸ درجه روز رشد در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. براساس طول دوره رشد و میزان درجه روز رشد تجمعی (GDD کل)، اکوتیپ‌های طبس و دشت مغان به‌ترتیب به‌عنوان زودرس‌ترین و دیررس‌ترین اکوتیپ شناسایی شدند.

کلیدواژه‌ها: آبیاری، درجه روز رشد، دوره رسیدگی، دوره گلدهی، ظرفیت زراعی.

The Effect of Deficient Irrigation on Growth Period Duration and Phenology of Some Cannabis Ecotypes

Sadegh Asadi[1], Hosein Moghaddam[2]*, Hasanali Naghdi Badi[3], Mohammad Reza Naghavi[4], Seyed Alireza Salami[5]
1. Ph.D. Candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Associate Professor, Department of Cultivation & Development of Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
4. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
5. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
Received: January 27, 2020 Accepted: August 19, 2020

Abstract

The present study has been conducted to investigate the duration of growth period of different cannabis (*Cannabis sativa* L.) ecotypes and their responses to water stress based on a factorial completely randomized experiment design in the greenhouse condition at the University of Tehran in 2017. Irrigation levels include 50%, 75%, and 100% of field capacity, with the ecotypes being Urmia, Sanandaj, Tabriz, Dasht-e-Moghan, Rasht, Khomein, Daran, Qom, Shahroud, Kerman, Tabas, and Saravan. Results show that Rasht and Khomein ecotypes have had the highest and lowest duration of germination phase and growth degree-days (GDD1), respectively. The highest duration of vegetative, flowering and maturation phases belong to Dasht-e-Moghan, Rasht, and Dasht-e-Moghan ecotypes with 71.33, 30, and 46.66 (days), respectively, at 100% field capacity. The lowest durations of these phases could be seen in Tabas, Tabriz, and Saravan ecotypes with 42, 16, and 17 (days), respectively, at 50% field capacity. Also, the highest values of growth degree-days for vegetative (GDD2), flowering (GDD3), and maturation (GDD4) phases for Dasht-e-Moghan, Kerman, and Dasht-e-Moghan ecotypes with 1788, 836, and 1169 (^{0}Cd), respectively, at 100% field capacity, with their lowest values belonging to Tabas, Tabri,z and Saravan with 1039, 413, and 448 (^{0}Cd), respectively, at 50% field capacity. Based on growth period duration and cumulative growth degree-days (total GDD), Tabas and Dasht-e-Moghan ecotypes are found as earliest and latest ecotypes, respectively.

Keywords: Field capacity, flowering phase, growing degree day, irrigation, maturation phase.

Email: Hmoghadam@ut.ac.ir
* نویسنده مسئول

۱. مقدمه

شاهدانه .Cannabis sativa L، گیاهی علفی، یکساله، و متعلق به خانواده کانابیس[1] است (Ahmed *et al.*, 2008). این گیاه از قدیمی‌ترین گیاهان اهلی است (Anderson, 2018)، که به‌طور طبیعی دو پایه بوده و دارای بوته‌های نر و ماده جداگانه است ولی به‌صورت تک پایه و گل کامل نیز دیده می‌شود (Mulligan *et al.*, 2012). شاهدانه گیاهی بومی مناطق غرب و آسیای مرکزی مانند روسیه، چین، هند، پاکستان و ایران است (Anwar *et al.*, 2006) و در تولید فرآورده‌هایی مانند لیف (فیبر)، کاغذ، استخراج روغن و تولید ترکیب‌های دارویی و مخدر قابل استفاده است (Aladić *et al.*, 2015). به‌طورکلی توانایی مقاومت به خشکی، توانایی رشد در اقلیم‌های گوناگون و تنوع ژنتیکی بالا از ویژگی‌های ارزشمند گیاه شاهدانه است (Amaducci *et al.*, 2008). به‌طوری‌که نمونه‌های خودرو و زراعی آن در استان‌های مختلف ایران (Saadati *et al.*, 2013)، نشان از سازگاری این گیاه به مناطق مختلف اکولوژیکی است.

فنولوژی یکی از مباحث علم اکولوژی به معنای بروز رخدادها و تغییرات گیاهی است و به سن و محیط گیاهان ارتباط دارد. شروع و خاتمه مراحل فنولوژیکی در گیاهان تحت تأثیر دما و بارندگی متفاوت است. دما (Khanduri *et al.*, 2008)، دوره نوری یا طول روز (Van Dijk & Hautekeete, 2007)، بارندگی یا رطوبت (Jentsch *et al.*, 2009)، از جمله مهمترین عامل‌های غیر زنده تنظیم‌کننده الگوی فنولوژی گیاهان هستند. از میان عوامل اقلیمی، دما بیش‌ترین تأثیر را روی مراحل مختلف نمو گیاهان دارد و طبق اصل ثبات حرارتی، هر گیاهی زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می‌رسد که مقدار مشخصی حرارت از محیط دریافت نماید. بنابراین در هر مرحله متوالی نمو، مقدار معینی گرما لازم است که با توجه به متغیر بودن دما و طول روز و عدم تخمین دقیق مراحل فنولوژی گیاه، استفاده از درجه روز رشد (GDD)[2]، جهت تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی گیاه موضوعی ضروریست (Hosseini, 2009). مقدار GDD، که هم عامل زمان و هم عامل دمای هوا در آن لحاظ شده است برای مراحل مختلف فنولوژی برای هر گیاه در سال‌های مختلف می‌تواند ثابت و یکسان باشد و اگر برای گیاهی در یک نقطه روی کره زمین محاسبه گردد قابل تعمیم برای سایر نقاط خواهد بود (Mirhaji *et al.*, 2010).

رطوبت عامل دیگری است که روی فنولوژی و مراحل آن تأثیر می‌گذارد. در صورت تأمین رطوبت، مقدار GDD برای هر مرحله، مقداری معین و ثابت است (Sanadgol, 2003). واکنش ویژگی‌های فنولوژیک گیاه به شرایط محیطی بر بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک تأثیرگذار خواهد بود و از این‌رو، بررسی تأثیر تنش‌های محیطی بر مراحل فنولوژیک گیاه می‌تواند به بسیاری از تغییرات به‌وجودآمده در گیاه پاسخ دهد (Dolferus & Richards, 2011). یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی، خشکی است. پراکنش و شدت خشکی در بسیاری از مناطق جهان رو به افزایش بوده و همین موضوع نیاز به شناخت بهتر تأثیر خشکی بر سازوکارهای گیاه در پاسخ به تنش آبی را افزایش می‌دهد (Tommasini *et al.*, 2008). گزارش Yasari *et al.* (2005)، نشان داد که توسعه سریع فنولوژیک توسط گیاه در شرایط نامساعد، یکی از راه‌های اجتناب از تنش است. هم‌چنین Bahador & Tadayon (2018)، با بررسی تأثیر کم‌آبیاری روی فنولوژی شاهدانه (شهرکرد)، نشان دادند که با اعمال خشکی، طول دوره رشد کاهش یافت. کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی در لوبیا (Kumar *et al.*, 2006)، کاهش تعداد روز

1. Cannabacea

2. Growing Degree Day

تا گلدهی کامل در گلرنگ (Khalili *et al.*, 2015)، کاهش تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی در شنبلیله (Bazzazi *et al.*, 2013)، پیری زودرس و کاهش تعداد روز تا رسیدگی در نخود (Parsa *et al.*, 2011)، کاهش مقدار GDD و طول تمام مراحل فنولوژیک در آویشن (Bahreininezhad & Razmju, 2014) در اثر تنش کم‌آبی و هم‌چنین اختلاف مقدار GDD در مراحل گلدهی و رسیدگی ارقام سویا گزارش شده است (Behtari *et al.*, 2008).

با توجه به اهمیت فنولوژی در رشد و نمو شاهدانه برای دست‌یابی به تولید مطلوب فیبر (دوره رویشی)، دارو (دوره گلدهی)، بذر و روغن (دوره رسیدگی) شناخت بهتر هر یک از این مراحل فنولوژیکی اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابرین هدف از انجام این پژوهش، شناسایی مراحل فنولوژیک برخی اکوتیپ‌های شاهدانه ایران و هم‌چنین گروه‌بندی اکوتیپ‌های زودرس، دیررس و میان‌رس و نیز بررسی پاسخ این اکوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی و تعیین نیاز حرارتی هر یک از مراحل فنولوژیک است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبی روی برخی اکوتیپ‌های شاهدانه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در اول بهمن‌ماه سال ۱۳۹۵ اجرا شد. عامل آبیاری (A) با سه سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید)، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش خفیف) و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (آبیاری نرمال) و عامل اکوتیپ (B) با ۱۲ سطح (ارومیه، سنندج، تبریز، دشت مغان، رشت، خمین، داران، قم، شاهرود، کرمان، طبس و سراوان) بود. مشخصات اقلیمی و جغرافیایی مناطق مختلف اکوتیپ‌های شاهدانه جمع‌آوری شده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. کدگذاری، اقلیم و مشخصات جغرافیایی مناطق اکوتیپ‌های جمع‌آوری‌شده شاهدانه در ایران

اکوتیپ	کد اکوتیپ*	میزان بارندگی (mm)	اقلیم	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
ارومیه (آذربایجان‌غربی)	247 CS	۳۴۱	معتدل خشک	۳۷/۵۲	° ۴۵/۰۴	۱۳۴۵
سنندج (کردستان)	248 CS	۴۵۸/۸	معتدل خشک	۳۵/۳۰	° ۴۷/۰۳	۱۵۳۸
تبریز (آذربایجان‌شرقی)	249 CS	۳۱۰	معتدل خشک	۳۸/۰۵	° ۴۶/۲۸	۱۳۶۵
دشت مغان (اردبیل)	250 CS	۳۰۳/۹	معتدل خشک	۳۹/۶۴	° ۴۷/۹۲	۳۸۸
رشت (گیلان)	251 CS	۱۳۵۹	معتدل مرطوب	۳۷/۲۲	° ۴۹/۶۳	۲
خمین (اراک)	252 CS	۳۴۱/۷	نیمه خشک	۳۳/۶۳	° ۵۰/۰۷	۱۸۱۱
داران (اصفهان)	253 CS	۱۲۲/۸	نیمه خشک	۳۲/۹۸	° ۵۰/۴۱	۲۳۴۵
قم (قم)	254 CS	۱۵۱/۱	نیمه خشک	۳۴/۶۴	° ۵۰/۸۹	۹۳۴
شاهرود (سمنان)	255 CS	۱۴۰/۸	نیمه خشک	۳۶/۳۹	° ۵۴/۹۴	۱۳۰۸
کرمان (کرمان)	256CS	۱۳۵	خشک	۳۰/۲۹	° ۵۷/۰۶	۱۷۵۵
طبس (خراسان جنوبی)	257 CS	۸۴/۸	خشک	۳۳/۸۶	° ۵۶/۹۳	۶۸۲
سراوان (زاهدان)	258 CS	۹۰/۶	خشک	۲۷/۳۸	° ۶۲/۳۲	۱۱۶۴

* مرکز تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، بانک ژن گیاهان دارویی، کرج، ایران.

به‌منظور خنک‌کردن گلخانه در روز از مه‌پاش و سیستم تهویه (هواکش)، و جهت گرم کردن در شب از گرم‌کن (هیتر) استفاده شد، به‌طوری‌که دما و رطوبت نسبی توسط حسگرهایی که به سیستم ترموستات متصل بود کنترل گردید. هم‌چنین مدت و شدت تابش نور خورشید با استفاده از پرده‌هایی که در سقف گلخانه تعبیه شده بود، قابل کنترل بود. از خاک مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به‌عنوان بستر کاشت استفاده گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی بستر مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده جهت کاشت

کلاس بافت	سیلت (%)	رس (%)	شن (%)	ماده آلی (%)	EC (dSm^{-1})	pH	FC
لوم رسی	۳۸	۳۲	۳۰	۰/۸۲	۱/۶۲	۷/۹	۲۲

اندازه قطر و ارتفاع گلدان‌ها به‌ترتیب ۳۰ و ۳۵ سانتی‌متر و میزان خاک گلدان‌ها ۲۰ کیلوگرم بود. در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر در عمق ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متری کشت شد. مراحل فنولوژیک شاهدانه شامل مرحله جوانه‌زنی و سبزشدن (ظهور ریشه‌چه، هیپوکوتیل و لپه‌ها)، رویشی (ظهور برگچه‌ها در حداقل یک سانتی‌متری از طول ساقه تا زمان تغییر آرایش برگ‌ها از حالت متقابل به متناوب)، گلدهی (ظهور اولین گل‌های ماده تا ظهور ۹۵ درصد گل‌های ماده) و مرحله رسیدگی (ظهور اولین دانه تا سخت شدن دانه‌ها) است. در مرحله سه تا چهار جفت برگی (با توجه به فنولوژی هر اکوتیپ)، بوته‌ها تنک شد. در دوره گلدهی پس از مشخص‌شدن جنسیت بوته‌ها از لحاظ نر و ماده‌بودن، بوته‌های نر و ماده برای مطالعات دیگری برداشت شدند و تنها یک بوته ماده تا پایان رشد نگهداری شد. جهت جوانه‌زنی و سبزشدن یکنواخت، آبیاری برای همه گلدان‌ها به‌صورت یکسان انجام شد و اعمال تیمارهای کم‌آبیاری پس از استقرار کامل گیاه در مرحله پنج جفت برگی (با توجه به فنولوژی هر اکوتیپ) صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای کم‌آبیاری، قبل از هر دور آبیاری، رطوبت خاک گلدان‌ها به‌روش وزنی اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین تاریخ دقیق مراحل فنولوژیک، از واحد تجمع حرارتی براساس درجه روز رشد (GDD)، و نیز زمان براساس تعداد روز پس از کشت (DAP)[1] استفاده شد. در نهایت مراحل فنولوژیکی گیاه شاهدانه ماده بررسی شد و مقدار GDD هر مرحله فنولوژیکی نیز از رابطه (۱) محاسبه شد.

رابطه ۱) $GDD = \sum N\ [(Tmax+Tmin) / 2]-Tbase$

در این رابطه، Tmax، دمای حداکثر، Tmin، دمای حداقل و Tbase، دمای پایه ظهور برگ است و از آن‌جایی‌که دماهای اصلی (دمای پایه، بهینه و بیشینه) برای شاهدانه به‌ترتیب ۲/۶، ۲۶/۸ و ۴۲/۸ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است (Taher Abadi *et al.*, 2015). بنابراین میانگین دمای بهینه گلخانه در اکثر ساعات روز ۲۶ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و حداقل و حداکثر دمای گلخانه توسط دماسنج ماکزیمم و مینیمم ثبت گردید. برای دمای پایه شاهدانه دماهای مختلفی پیشنهاد شده است که به میزان یک درجه سانتی‌گراد (Cannoy, 2015) ۲/۶ درجه سانتی‌گراد (Taher Abadi *et al.*, 2015) و پژوهش‌گران دیگر مناسب‌ترین مقدار این دما را صفر تا دو درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (Van Der Werf *et al.*, 1995). در این پژوهش دمای پایه دو درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. در نهایت GDD، برای هر مرحله فنولوژیکی و کل دوره رشد محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد و برای

1. Days After Planting

مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. مراحل فنولوژیکی و درجه روز رشد (GDD)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری، روی همه صفات مورد بررسی به‌جز مرحله جوانه‌زنی و سبزشدن و درجه روز رشد این مرحله (GDD1) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر اصلی اکوتیپ روی تمام صفات در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری نشان داد. اما اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری و اکوتیپ روی مرحله رویشی، درجه روز رشد مرحله رویشی (GDD2)، مرحله گلدهی و درجه روز رشد مرحله گلدهی (GDD3) در سطح احتمال ۱ درصد، و روی مرحله رسیدگی و درجه روز رشد مرحله رسیدگی (GDD4)، در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۳).

به‌طورکلی، نتایج مقایسه میانگین بین سطوح آبیاری نشان داد که با کاهش حجم آبیاری در دوره رشد اکوتیپ‌های شاهدانه، تعداد روز تجمعی از کاشت تا رسیدگی به‌طور متوسط نه روز در شرایط تنش خفیف و ۱۷ روز در شرایط تنش شدید نسبت به آبیاری نرمال کاهش نشان داد. هم‌چنین مقدار GDD تجمعی لازم از کاشت تا پایان رسیدگی فیزیولوژیک، به میزان ۲۲٤ و ٤١٣ درجه روز رشد به‌ترتیب در تیمار تنش خفیف و تنش شدید نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت (جدول ٤).

شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) نشان‌دهنده مراحل رشدی اکوتیپ‌های شاهدانه از زمان کاشت تا رسیدگی، تعداد روز در هر مرحله از رشد، GDD لازم جهت تکمیل مراحل فنولوژیکی از کاشت تا رسیدگی می‌باشد و هم‌چنین مقدار GDD لازم برای هر مرحله را در سطوح مختلف آبیاری اعم از نرمال، تنش خفیف و تنش شدید به‌صورت جداگانه برای همه اکوتیپ‌ها نشان می‌دهند.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مرتبط با مراحل فنولوژی در اکوتیپ‌های مختلف شاهدانه تحت شرایط مختلف کم‌آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	جوانه زنی	GDD-1	دوره رویشی	GDD-2	دوره گلدهی	GDD-3
آبیاری (A)	۲	۰/۲۵ns	۱۳۷/٤٤ ns	۲٤۰/۲٦**	۱۵۱۲۲۹/۲۸**	۲۲۷/۵۷**	۱٤۸۹٦۵/۳۱**
اکوتیپ (B)	۱۱	۱۰/۹۱**	٦۳۱۱/۳۲**	٤۸۸/۳۵**	۳۳٦٤۳٦/۷۱**	٤٦/۹۰**	٤٦۱٦۸/۱۷**
A*B	۲۲	۰/۱٦ ns	۸۷/٦۰ ns	٦/۸۳**	٤۲۳۷/۲۳**	٦/۹۲**	٤٦٤۷/۷۵**
خطا	۷۲	۰/۱۲	٦٦/۲۵	۳/۱۵	۱۹۷٤/٦۹	۲/۷۷	۱۸٤۲/۷۸
ضریب تغییرات	-	٤/٤۰	٤/٤۳	۳/۱۱	۳/۱۲	٦/۷۷	٦/۷۱

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مرتبط با مراحل فنولوژی در اکوتیپ‌های مختلف شاهدانه تحت شرایط مختلف کم‌آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	دوره رسیدگی	GDD-4	کل دوره رشد	GDD کل
آبیاری (A)	۲	۳٤۱/۰۱**	۲۲٤٤٤۱/۷۷**	۲۳۷۳/۷۸**	۱۵۳۹۱٤۳/۰۵**
اکوتیپ (B)	۱۱	٤۵۹/٤۰**	۲۹٤٦۲۷/۷۳**	۱۸٤۹/۹۱**	۱۲۰۰۵۵۸/۳۸**
A*B	۲۲	۷/۳۵*	٤۸۳۹/۵۵*	۲۸/٤٤ ns	۱۸۲۰٤/۷۵ ns
خطا	۷۲	۳/٦۹	۲٤٤۲/۹۵	۲۰/۲۹	۱۳۲۱۳/۷۵
ضریب تغییرات	-	٦/٦۹	٦/۷۰	۳/۸۱	۳/۸۵

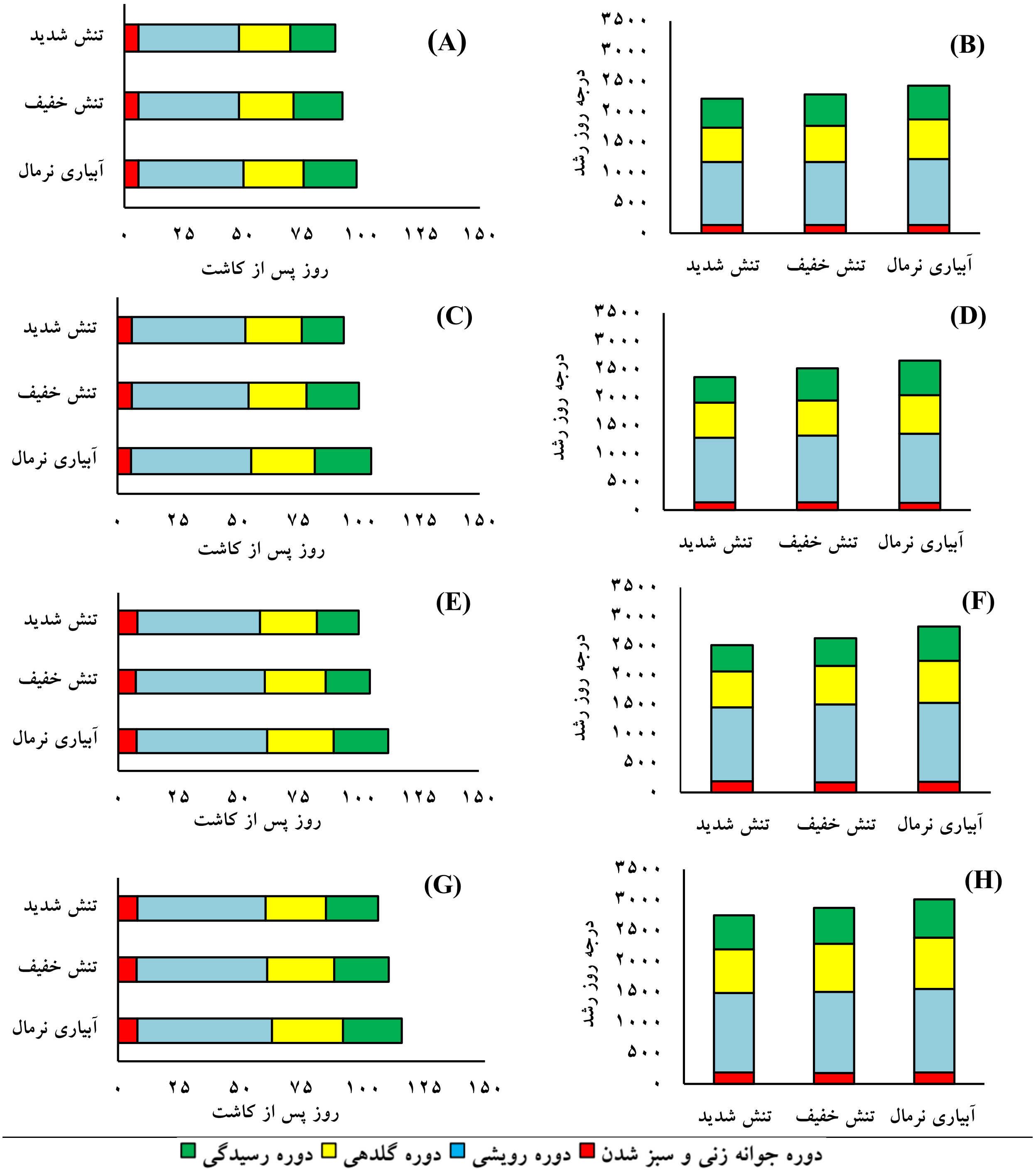
**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد،۵ درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

جدول ٤. مقایسه میانگین مربوط به اثرات ساده سطوح آبیاری و اکوتیپ روی کل دوره رشد و GDD کل

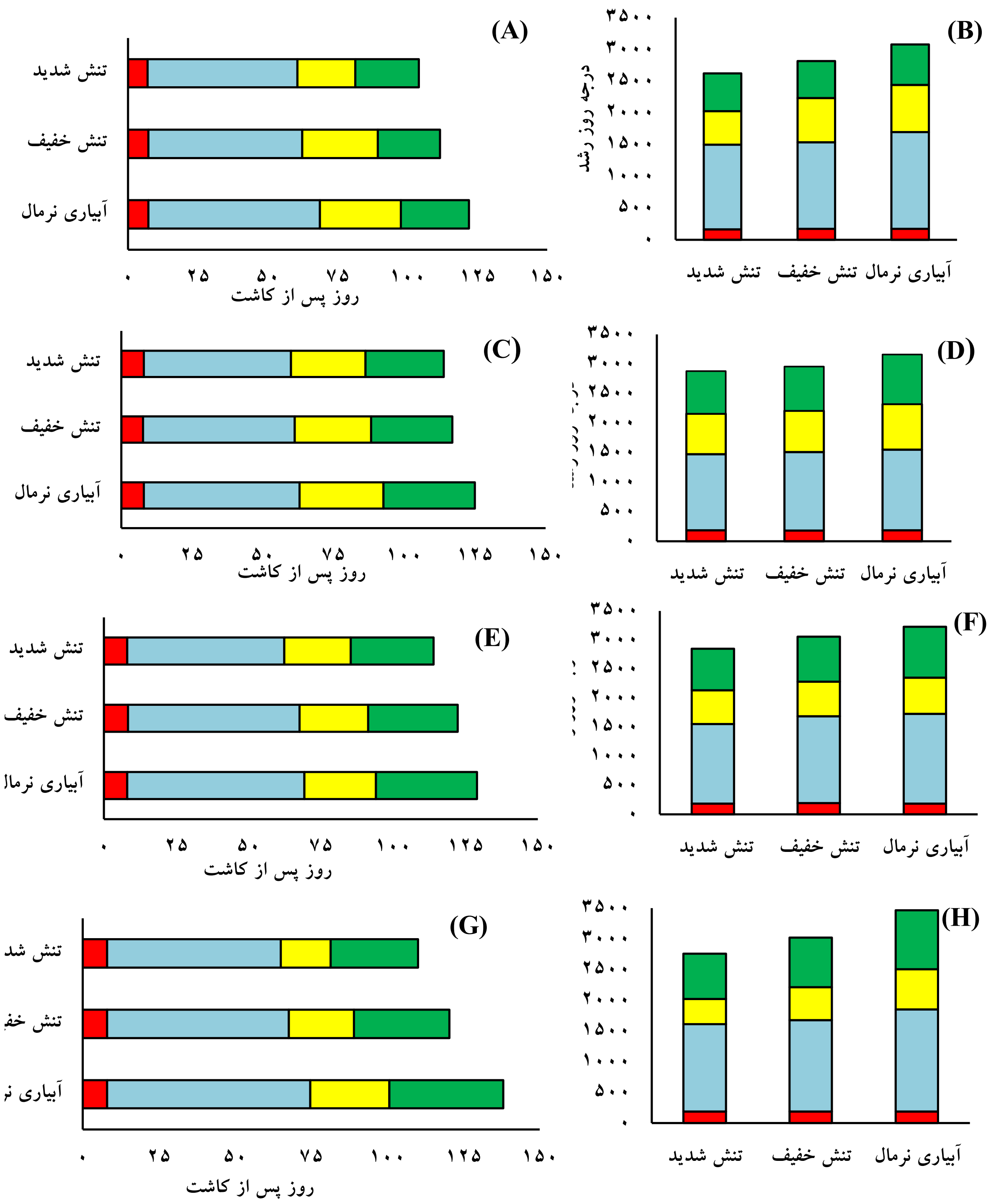
سطوح مختلف آبیاری/ اکوتیپ	تیمارها	کل دوره رشد (Day)	GDD کل (^{0}C.d)
آبیاری (ظرفیت زراعی)	۵۰٪ (تنش شدید)	۱۱۰ c	۲۷۸٤ c
	۷۵٪ (تنش خفیف)	۱۱۸ b	۲۹۷۳ b
	۱۰۰٪ (آبیاری نرمال)	۱۲۷ a	۳۱۹۷ a
اکوتیپ	ارومیه	۱۲۲ c	۳۰٤٥ c
	سنندج	۱۳۰ b	۳۲۷۳ b
	تبریز	۱۲۳ c	۳۰۷۹ c
	دشت مغان	۱٤۰ a	۳۵۱۳ a
	رشت	۱۳۲ b	۳۳۲۸ b
	خمین	۹۹ f	۲۵۱۰ f
	داران	۱۱۹ c	۲۹۹۹ c
	قم	۱۱۳ d	۲۸٤۸ d
	شاهرود	۱۳۵ b	۳۳۸۵ b
	کرمان	۱۱۱ d	۲۸۰۰ d
	طبس	۹۳ g	۲۳۱٤ g
	سراوان	۱۰٦ e	۲٦۵۹ e

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

تمام اکوتیپ‌های بررسی‌شده در شکل‌های A تا H براساس دوره رشد و مقدار GDD دریافت‌شده از کم‌تر به بیش‌تر یا به بیان دیگر از اکوتیپ‌های زودرس به دیررس مرتب شده‌اند (طبس، خمین، سراوان، کرمان، قم، داران، ارومیه، تبریز، سنندج، رشت، شاهرود و دشت مغان). نتایج نشان داد که پاسخ همه اکوتیپ‌ها در هر مرحله از مراحل فنولوژیکی و هم‌چنین در کل دوره رشد نسبت به تنش کم‌آبی متفاوت بود. با توجه به شکل (A-۱)، ملاحظه شد که کل دوره رشد اکوتیپ طبس در آبیاری نرمال، تنش خفیف و تنش شدید به‌ترتیب ۹۸، ۹۲ و ۸۹ روز است و اختلاف شرایط نرمال و تنش شدید ۹ روز مشاهده شد. هم‌چنین مقدار GDD دریافت‌شده کل دوره رشد این اکوتیپ در تیمار آبیاری نرمال، تنش خفیف و تنش شدید به‌ترتیب ۲٤۳۳، ۲۲۸۹ و ۲۲۱۹ درجه روز رشد و اختلاف شرایط نرمال و تنش شدید ۲۱۳ درجه روز رشد است (شکل B-۱). دیده می‌شود که پاسخ این اکوتیپ اختلاف کم‌تری از نظر این صفات نسبت به تیمارهای آبیاری نشان داده است. به‌عبارتی تنش خشکی به‌ترتیب ۹/۲ درصد و ۸/۸ درصد تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و مقدار GDD دریافت شده کل دوره رشد را کاهش داده است (شکل A, B-۱). بنابراین می‌توان گفت که زودرسی اکوتیپ طبس بیش‌تر تحت تأثیر ژنتیک گیاه است یا به‌عبارتی شاید بتوان چنین اظهار داشت که این اکوتیپ، یک اکوتیپ متحمل به تنش خشکی است، زیرا که در سطوح مختلف تنش کم‌آبی با کاهش مقدار حجم آبیاری تا اندازه‌ای پاسخ مشابهی از نظر صفات مورد بررسی برای این اکوتیپ دیده شد. هم‌چنین در بررسی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اکوتیپ طبس یک روند مشابهی دیده شده است (داده‌ها منتشر نشده است).

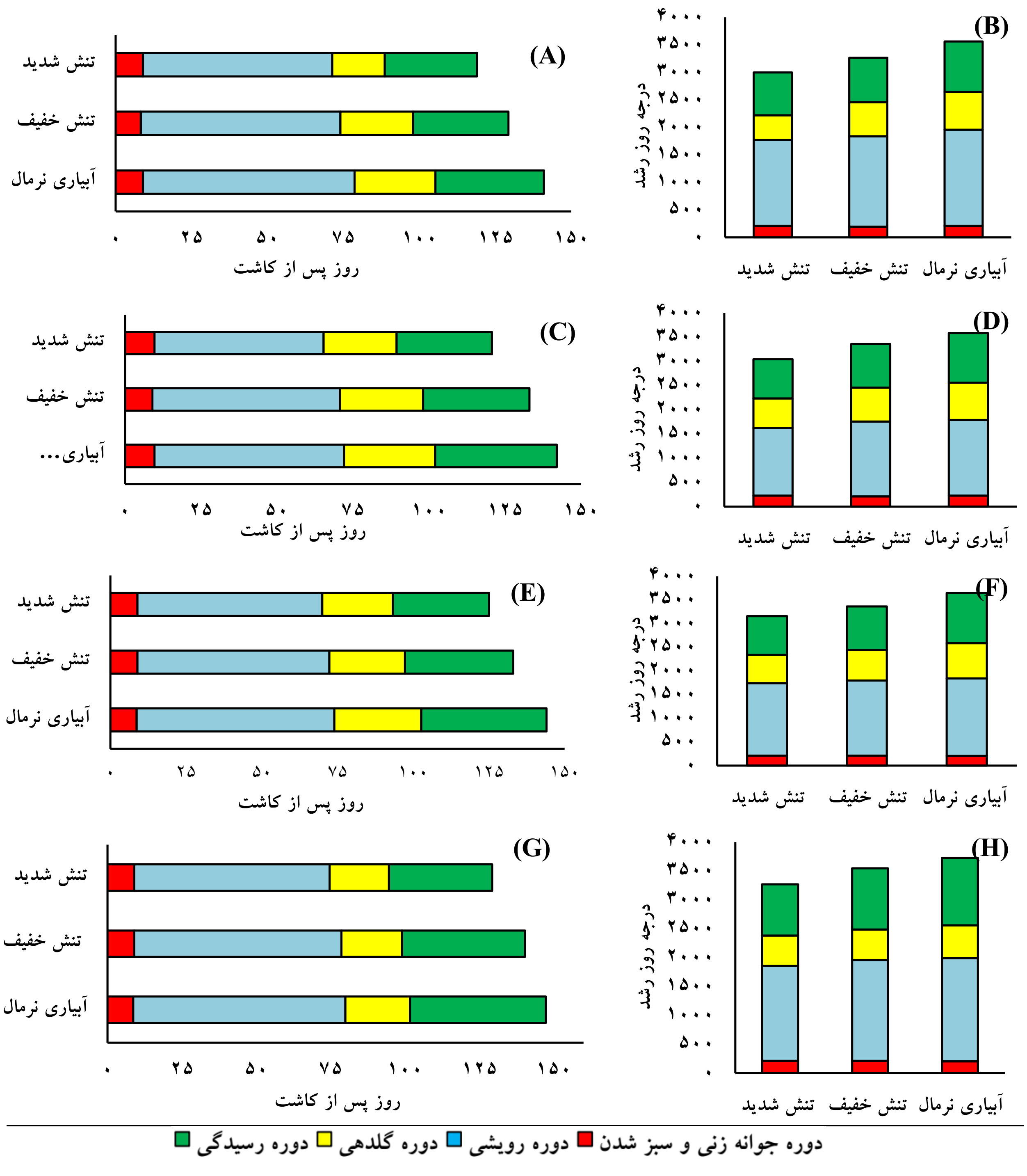


شکل ۱. اثرات تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش خفیف (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر تعداد روزهای پس از کاشت مقدار درجه روز رشد در چهار مرحله فنولوژیکی شاهدانه روی اکوتیپ‌های طبس (A, B)، خمین (C, D)، سراوان (E,F) و کرمان (G, H).



دوره جوانه زنی و سبز شدن ■ دوره رویشی ■ دوره گلدهی ■ دوره رسیدگی ■

شکل ۲. اثرات تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)،تنش خفیف (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر تعداد روزهای پس از کاشت و مقدار درجه روز رشد در چهار مرحله فنولوژیکی شاهدانه روی اکوتیپ‌های قم (A, B)، داران (C, D)، ارومیه (E,F) و تبریز (G, H).



شکل ۳. اثرات تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)،تنش خفیف (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) و آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر تعداد روزهای پس از کاشت (DAP) و مقدار درجه روز رشد (GDD) در چهار مرحله فنولوژیکی شاهدانه روی اکوتیپ‌های سنندج (A, B)، رشت (C, D)، شاهرود (E,F) و دشت مغان (G, H).

تأثیر تنش خشکی روی اکوتیپ تبریز شدت بیش‌تری داشت، به‌طوری‌که تعداد روز از کاشت تا رسیدگی از ۱۳۸ روز در تیمار آبیاری نرمال به ۱۲۰ روز در تنش خفیف و به ۱۱۰ روز در تنش شدید رسید و یک اختلاف ۲۸ روزه بین شرایط نرمال و تنش شدید مشاهده شد (شکل G-۲). بنابرین تنش خشکی دوره رشد این اکوتیپ را ۲۰/۲۹ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش داد. هم‌چنین مقدار GDD دریافت‌شده کل دوره رشد این اکوتیپ در تیمار آبیاری نرمال، تنش خفیف و تنش شدید به‌ترتیب ۳٤٦٤، ۳۰۱۷ و ۲۷۵٦ درجه روز رشد بود و اختلاف بین شرایط نرمال و تنش شدید ۷۰۸ درجه روز رشد مشاهده شد به‌عبارتی میزان GDD دریافت شده کل دوره رشد این اکوتیپ تا ۲۰/٤٤ درصد در تنش شدید کاهش یافت (شکل H-۲). کاهش دوره رشد و مقدار GDD دریافت‌شده کل، در شرایط تنش خشکی در اکوتیپ تبریز می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد که این اکوتیپ حساسیت بیش‌تری به کمبود آب در مراحل مختلف رشد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشته است و در مواجه با تنش خشکی از راهبرد کوتاه‌کردن مراحل فنولوژی استفاده کرده و در نتیجه دوره رشدش را سریع‌تر تکمیل نموده است. گیاهان در مواجه با خشکی برای کامل‌کردن چرخه زندگی خود قبل از گسترش تنش کمبود آب در خاک و گیاه، مکانیزم‌هایی مانند توسعه سریع فنولوژیک شامل زود گلدهی و زودرسی را به‌کار می‌گیرند. در مطالعه‌ای روی آویشن مشخص شد که با افزایش شدت تنش، تعداد روز در هریک از مراحل فنولوژیک و مقدار GDD و در حقیقت طول دوره رشد و نمو گیاه کاهش یافت که از جمله دلایل این کاهش را می‌توان به وجود سازوکار فرار از خشکی در این گیاه نسبت داد (Bahreininezhad & Razmju, 2014). نتایج مشابهی هم در گیاه بادرنجبویه گزارش شده است (Ardakani *et al*., 2010).

۳. ۱. ۱. مرحله اول (جوانه زنی و سبزشدن)

فاصله زمانی کاشت تا جوانه زنی و سبزشدن بین اکوتیپ‌های موردبررسی، ۵/۹ روز در اکوتیپ خمین تا ۹/٤ روز در اکوتیپ رشت بود و ازآنجایی‌که در این مرحله تیمارهای تنش کم آبی اعمال نشده بود. بنابرین پاسخ اکوتیپ‌ها در همه سطوح آبیاری اعم از نرمال، خفیف و شدید یکسان دیده شد. این مرحله کوتاه‌ترین مرحله رشدی اکوتیپ‌های شاهدانه بود که با دریافت مقدار GDD بین ۱۳۵/٦ در اکوتیپ خمین تا ۲۲۰ درجه روز رشد در اکوتیپ رشت کامل شد (شکل‌های ۱ و ۳). اما نتایج Baldini *et al.* (2020)، طی دو سال بررسی روی ارقام شاهدانه نشان داد که طول دوره جوانه زنی و سبزشدن برای همه ارقام یکسان و تعداد روز در سال اول و دوم به‌ترتیب ٦ و ۹ روز بود، ولی مقدار GDD در هر دو سال ۱۰۲ درجه روز رشد به‌دست آمد. به‌عبارتی مقدار GDD برای تکمیل شدن این مرحله مقداری ثابت بود که تفاوت در تعداد روز در این مرحله مربوط به شرایط متفاوت سال‌های مطالعه شده است. که با نتایج این پژوهش که اکوتیپ‌ها از نظر تنوع زمانی در تعداد روز و مقدار GDD تفاوت داشتند مطابقت نداشت. یکی از دلایل تغییرات قابل‌ملاحظه مقدار GDD در هر اکوتیپ، کوتاه یا طولانی‌بودن طول دوره رشد هر اکوتیپ می‌باشد، بنابرین اکوتیپی که تعداد روز پس از کاشت هر مرحله فنولوژیکی آن کم‌تر یا بیش‌تر باشد، متعاقباً GDD آن نیز کم یا زیاد می‌شود. به‌طورکلی مرحله جوانه‌زنی و استقرار سریع‌تر گیاهچه‌ها برای دست‌یابی به تراکم مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است.

۳. ۱. ۲. مرحله دوم (مرحله رویشی)

طول دوره مرحله رویشی بین اکوتیپ‌های مورد بررسی ٤۳ تا ٦۹ روز متغیر بود که این مرحله با دریافت مقدار

GDD با مقادیر ۱۰۵۵ در اکوتیپ طبس تا ۱۷۲۶ درجه روز رشد در اکوتیپ دشت مغان کامل شد (شکل‌های ۱ و ۳). گیاهان زودرس معمولاً دوره رویشی‌شان را سریع‌تر کامل کرده و زودتر وارد فاز زایشی می‌شوند تا بتوانند تولید دانه نموده و چرخه زندگی‌شان را پایان دهند، که در بین این اکوتیپ‌ها، اکوتیپ طبس، خمین، سراوان و کرمان چنین الگویی نشان دادند (شکل ۱). اما اکوتیپ‌های دیررس مانند دشت مغان، شاهرود و سنندج از مرحله دوم آهسته عبور کرده و دیرتر وارد فاز زایشی شدند (شکل ۳). به‌طورکلی مرحله رویشی هر چقدر طولانی‌تر باشد، برای تولید فیبر اهمیت بالاتری دارد، زیرا که بیش‌ترین رشد ساقه در این مرحله و قبل از گلدهی است و پس از گلدهی رشد ساقه کم‌تر شده و در پایان گلدهی نیز متوقف می‌شود بنابرین با طولانی‌ترشدن مرحله رویشی، عملکرد ساقه افزایش یافته و متعاقب آن عملکرد فیبر نیز افزایش می‌یابد (Irannezhad *et al.*, 2007). پس می‌توان انتظار داشت که اکوتیپ‌های دشت مغان، شاهرود و سنندج که دوره رویشی طولانی‌تری دارند شاید بتوانند در گروه اکوتیپ‌های فیبری شاهدانه قرار بگیرند و از آنجایی‌که عملکرد ساقه این اکوتیپ‌ها بیش‌تر است (داده‌ها منتشر نشده است) این موضوع قوت بیش‌تری می‌یابد، چرا که عملکرد ساقه صفت مهمی برای به‌دست‌آوردن عملکرد بالای الیاف است (Asghari-Pour & Rashed-Mohassel, 2007). هرچند که مطالعات تکمیلی و فیتوشیمیایی جهت اثبات فیبری یا دارویی بودن شاهدانه قطعیت بیش‌تری نشان می‌دهند.

هم‌چنین بررسی اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری در اکوتیپ در مرحله دوم نشان داد که اکوتیپ دشت مغان در سطوح آبیاری نرمال با گذراندن ۷۱/۳۳ روز و با مقدار GDD تجمعی ۱۷۸۸ درجه روز رشد بیش‌ترین مقدار را دارا بود و کم‌ترین مقدار نیز در اکوتیپ طبس به میزان ۴۲ روز و و با مقدار GDD تجمعی ۱۰۳۹ درجه روز رشد در سطوح تنش شدید حاصل شد (جدول ۵).

۳. ۱. ۳. مرحله سوم (مرحله گلدهی)

فاصله زمانی این مرحله بین اکوتیپ‌های مورد بررسی از ۲۰/۷ تا ۲۷/۷ روز متغیر بود که بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به اکوتیپ‌های داران (شکل C-۲)، رشت (شکل C-۳)، و کرمان (شکل G-۱)، و کم‌ترین مقدار این صفت مربوط به اکوتیپ‌های دشت مغان (شکل G-۳) و تبریز (شکل G-۲) بود. در این مرحله مقدار GDD از ۵۳۶ تا ۷۷۸ روز درجه رشد متغیر بود که بیش‌ترین مقدار مربوط به اکوتیپ کرمان (شکل H-۱)، و کم‌ترین مقدار مربوط به اکوتیپ‌های دشت مغان (شکل H-۳) و تبریز (شکل H-۲) بود. هم‌چنین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری در اکوتیپ در این مرحله نشان داد که بیش‌ترین تعداد روز در سطوح آبیاری نرمال مربوط به اکوتیپ رشت به میزان ۳۰ روز و کم‌ترین مقدار مربوط به اکوتیپ تبریز به میزان ۱۶ روز در سطوح تنش شدید است (جدول ۵). هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار GDD به‌ترتیب در اکوتیپ کرمان در سطوح آبیاری نرمال (۸۳۶ درجه روز رشد) و اکوتیپ تبریز در سطوح تنش شدید (۴۱۳ درجه روز رشد) حاصل شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان مواد مؤثرهٔ دارویی در شاهدانه، در زمان گلدهی تا قبل از تشکیل بذرها تجمع می‌یابد، لذا اطلاع از زمان گلدهی و تشکیل بذر در هر توده اهمیت به‌سزایی دارد. بنابرین برای کاربرد در صنایع داروسازی، علاوه بر بالا بودن میزان مواد مؤثره، رسیدن زودتر به مرحلهٔ گلدهی اهمیت دارد. تسریع در گلدهی، از ویژگی‌های مشترک اکوتیپ‌های دارویی است (Riahi *et al.*, 2016).

جدول ۵. اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری در اکوتیپ در ارتباط با صفات مورد بررسی

سطوح آبیاری (FC)	اکوتیپ	دوره رویشی (Day)	GDD-2 (°C.d)	دوره گلدهی (Day)	GDD-3 (°C.d)	دوره رسیدگی (Day)	GDD-4 (°C.d)
٪۵۰ (تنش شدید)	ارومیه	۵٤/۳۳ hijk	۱۳٦۸ hij	۲۳ jklm	۵۷۸ klmno	۲۸/٦٦ fg	۷۱۷j
	سنندج	٦۲/۳۳ de	۱۵٦۱ de	۱۷/۳۳ op	٤٤۷ p	۳۰/۳۳ fg	۷۷۸hij
	تبریز	۵۷ gh	۱٤۲۱ gh	۱٦ p	٤۱۳ p	۲۹ fg	۷۳۵ij
	دشت مغان	٦۵/٦٦ bc	۱٦٤۵ bc	۲۰ no	۵۲۳ o	۳٤/٦٦ de	۸۸۸def
	رشت	۵۵/٦٦hi	۱۳۹۷ hi	۲٤ ghijk	٦۱٤ jkl	۳۱/۳۳ f	۸۰۵ghi
	خمین	٤۷ op	۱۱٤۹ pq	۲۳/۳۳ ijkl	٦۱۹ ijkl	۱۷ k	٤۵٤o
	داران	۵۲ klm	۱۲۸۷ lmn	۲٦/۳۳ cdefgh	٦۸٤ efghi	۲۷/٦٦ g	۷۲۱ j
	قم	۵۳/٦٦ ijkl	۱۳۳٤ ijklm	۲۰/٦٦ lmn	۵۳۱ no	۲۲/٦٦ h	۵۹۲ klm
	شاهرود	٦۱ def	۱۵۲۹ def	۲۳/۳۳ ijkl	٦۰۳ jklm	۳۱/٦٦ ef	۸۱۲ fghi
	کرمان	۵۲/۳۳ jklm	۱۲۹۵ klmn	۲٤/٦٦ fghij	۷۱۱ cdefg	۲۱ hij	۵۷ klmn
	طبس	٤۲ q	۱۰۳۹ r	۲۱/٦٦ klmn	۵٦٦ lmno	۱۹ ijk	٤۷٦ no
	سراوان	۵۱ lmn	۱۲٦٤ mn	۲۳/٦٦ hijk	٦۱٤ jkl	۱۷ k	٤٤۸ o
٪۷۵ (تنش خفیف)	ارومیه	۵۹/۳۳ fg	۱٤۹٤ ef	۲۳/٦٦ hijk	۵۹۵ jklmn	۳۱ f	۷۷۵ hij
	سنندج	٦۵/٦٦ bc	۱٦٤۵ bc	۲٤ ghijk	٦۱۹ ijkl	۳۱ f	۸۰٤ ghi
	تبریز	۵۹/٦٦ efg	۱٤۸۸ fg	۲۱/۳۳ klmn	۵۳۹ mno	۳۱ f	۸۰٤ ghi
	دشت مغان	٦۹/٦٦ a	۱۷٤٦ a	۲۰/۳۳ mn	۵۳۱ no	٤۱/۳۳ b	۱۰۵۸ b
	رشت	٦۱/٦٦ def	۱۵٤۸ def	۲۷/۳۳ abcdef	٦۹۹ defg	۳۵ de	۸۹۹ de
	خمین	٤۸/۳۳ no	۱۱۸٤ op	۲٤ ghijk	٦۲٦ hijkl	۲۱/٦٦ hi	۵٦۸ klm
	داران	۵۳/٦٦ ijkl	۱۳۲۸ ijklm	۲۷ bcdef	۷۰۱ cdefg	۲۹ fg	۷٤۷ ij
	قم	۵۵ hij	۱۳٦۷ hijk	۲۷ bcdef	٦۹۳ efgh	۲۲ hi	۵۸۳ klm
	شاهرود	٦۳/۳۳ cd	۱۵۸۸ cd	۲۵ efghij	٦٤٦ ghijk	۳٦/٦٦ d	۹۱۵ de
	کرمان	۵۳/۳۳ ijkl	۱۳۲۰ jklm	۲۷/۳۳ abcdef	۷۸۸ ab	۲۲ hi	۵۸۳ klm
	طبس	٤۲ q	۱۰٤۰ r	۲۳ jklm	۵۹۵ jklmn	۲۰/٦٦ hij	۵۱٦ mno
	سراوان	۵۳/٦٦ ijkl	۱۳۳۱ ijklm	۲۵/۳۳ efghij	٦۵۷ fghij	۱۸ jk	٤۷٤ o
٪۱۰۰ (آبیاری نرمال)	ارومیه	٦۱/۳۳ def	۱۵٤٤ def	۲٤/٦٦ fghij	٦۲۰ ijkl	۳۵ de	۸۷۵ efg
	سنندج	٦۹/٦٦ a	۱۷٤۵ a	۲٦/٦٦ cdefg	٦۸۸ efghi	۳۵/٦٦ d	۹۱۵ de
	تبریز	٦٦/٦٦ b	۱٦٦۲ b	۲٦ defghi	٦۵۷ fghij	۳۷/۳۳ cd	۹۵۸ cd
	دشت مغان	۷۱/۳۳ a	۱۷۸۸ a	۲۱/٦٦ klmn	۵٦٦ lmno	٤٦/٦٦ a	۱۱٦۹ a
	رشت	٦۲/۳۳ de	۱۵٦۵ de	۳۰ a	۷٦۷ abcd	٤۰ bc	۱۰۲۷ bc
	خمین	٤۹/٦٦ mno	۱۲۲٦ no	۲٦/۳۳ cdefgh	٦۸۵ efghi	۲۳/۳۳ h	٦۱۲ k
	داران	۵۵ hij	۱۳٦۱ hijk	۲۹/٦٦ ab	۷۷۱ abc	۳۲/۳۳ ef	۸٤۲ efgh
	قم	٦۱/۳۳ def	۱۵۲۵ def	۲۹ abc	۷٤۵ bcde	۲٤/۳۳ h	٦۳۵ k
	شاهرود	٦۵/۳۳ bc	۱٦۳۸ bc	۲۸/٦٦ abcd	۷٤۱ bcde	٤۱/۳۳ b	۱۰٦۰ b
	کرمان	۵۵ hij	۱۳٦۲ hijk	۲۹ abc	۸۳٦ a	۲٤ h	٦۲٦ k
	طبس	٤٤/۳۳ pq	۱۰۸۵ qr	۲۵/۳۳ efghij	٦۵۲ fghij	۲۲ hi	۵۵۸ klm
	سراوان	۵٤/۳۳ hijk	۱۳٤۷ ijkl	۲۷/٦٦ abcde	۷۱۸ cdef	۲۲/٦٦ h	۵۸٦ klm

حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

۳. ۱. ٤. مرحله چهارم (مرحله رسیدگی)

مدت زمان کامل‌شدن مرحله رسیدگی بین اکوتیپ‌های مورد بررسی بین ۱۹/٤ روز در اکوتیپ سراوان (شکل E-۱) تا ٤۰/٥ روز در اکوتیپ دشت مغان (شکل G-۳) ، متفاوت بود. مقدار GDD این مرحله نیز بین ٥۰۳ تا ۱۰۳۹ درجه روز رشد به‌ترتیب در اکوتیپ‌های سراوان (شکل F-۱) و دشت مغان (شکل H-۳) مشاهده شد. هم‌چنین بررسی برهم‌کنش سطوح آبیاری در اکوتیپ در این مرحله نشان داد که اکوتیپ دشت مغان در آبیاری نرمال به میزان ٤٦/٦٦ روز و با مقدار GDD تجمعی ۱۱٦۹ درجه روز رشد، بیش‌ترین و اکوتیپ سراوان در آبیاری تنش شدید به میزان ۱۷ روز و مقدار GDD تجمعی ٤٤۸ درجه روز رشد، کم‌ترین مقدار این صفت را دارا بودند (جدول ٥). از مزایای بررسی فنولوژی یک گیاه، استفاده بهینه از منابع محیطی و نیز شناسایی مراحل حساس زندگی گیاه به تنش‌های محیطی و مدیریت بهینه و به هنگام برای آن‌ها در جهت دست‌یابی به عملکرد بالا می‌باشد. اصولاً طول دوره رشد گیاه و نیز طول هر مرحله فنولوژیکی می‌تواند از طریق مصرف بیش‌تر منابع یا از طریق کاهش تنش‌های محیطی و کاهش طول هر دوره، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. گزارش Chaves *et al.* (2003)، نشان داد که تنش کم‌آبی باعث گلدهی زودتر و کوتاه‌شدن طول دوره رشد شد که این موضوع به‌دلیل محدودیت در دسترسی به آب و در نتیجه محدودیت در همه منابع غذایی است. اما نتایج Ghanbari *et al.* (2015)، نشان داد که تنش کم‌آبی در برخی از ژنوتیپ‌های لوبیا باعث تسریع در مرحله رسیدگی (روز تا پرشدن دانه و روز تا رسیدن دانه) و در برخی دیگر باعث تأخیر در مرحله رسیدگی شد.

٤. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در بین اکوتیپ‌های شاهدانه، اختلاف زمانی از نظر کامل‌شدن دوره رشد و نمو گیاه وجود دارد. به‌طوری‌که یک اختلاف زمانی ٤۷ روزه از نظر دوره رشد (کاشت تا رسیدگی) بین زودرس‌ترین (طبس) و دیررس‌ترین (دشت مغان) اکوتیپ وجود داشت. هم‌چنین از نظر مقدار GDD لازم برای تکمیل این فرایندهای فنولوژیکی (کاشت تا رسیدگی)، یک تفاوت ۱۱۹۹ درجه روز رشد بین اکوتیپ‌های دشت مغان و طبس دیده شد. در نهایت اکوتیپ‌های طبس، خمین و سراوان با دوره رشد کوتاه‌تر و مقدار GDD تجمعی کم‌تر و اکوتیپ‌های دشت مغان، شاهرود، رشت و سنندج با دوره رشد طولانی‌تر و مقدار GDD تجمعی بیش‌تر به‌ترتیب جز اکوتیپ‌های زودرس و دیررس قرار داشتند. به‌طورکلی پیشنهاد می‌شود که به‌خاطر تنوع بالای ژنوتیپی و پاسخ‌های ناشناخته شاهدانه به شرایط محیطی مختلف و پژوهش‌های زراعی کمی که به‌خاطر محدویت‌های قانونی آن انجام شده است، مطالعات بیش‌تری در این زمینه انجام شود. هم‌چنین به‌دلیل اهمیت دارویی، غذایی و صنعتی، این گیاه بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد.

٥. تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئولین محترم گلخانه‌های آموزشی تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران جهت همکاری در اجرای این طرح، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Ahmed, S. A., Ross, S. A., Slade, D., Radwan, M. M., Zulfiqar, F., & ElSohly, M. A. (2008). Cannabinoid ester constituents from high-potency Cannabis sativa. *Journal of natural products*, *71*(4), 536-542.

Aladić, K., Jarni, K., Barbir, T., Vidović, S., Vladić, J., Bilić, M., & Jokić, S. (2015). Supercritical CO2 extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Industrial Crops and Products*, *76*, 472-478.

Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., & Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, *107*(2), 161-169.

Anderson, R. D. (2018). *Effects of Nitrogen Fertilizer Rate, Timing, and Herbicide Use on Industrial Hemp (Cannabis Sativa L.)*. Masters Theses & Specialist Project.

Anwar, F., Latif, S., & Ashraf, M. (2006). Analytical characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil from different agro-ecological zones of Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *83*(4), 323-329.

Ardakani, M, R., Abbaszadeh, B., Sharifi, E., Lebaschi, M, H., Moaveni, P., & Mohebati, F. (2010). Drought stress on growth indices of lemongrass (*Melissa officinalis* L.). Journal Plants and Ecosystems, *21*, 47-58.

Asghari-Pour, M. R., & Rashed-Mohassel, M. H. (2007). The effect of plant population and nitrogen fertilizer on fiber yield of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *4*(2), 1-14.

Bahador, M., & Tadayon, M. (2018). Effect of deficit irrigation and zeolite levels on phenology, oil yield and water use efficiency of hempHemp. *Iranian Journal of Field Crop Science, 49*(3), 25-38.

Bahreininezhad, B., & Razmju, J. (2014). Effects of Drought Stress on Physiological Growth Indices and Phenological Characteristics of Thyme. *Journal of Plant Process and Function*,*7*(3),67-79.

Baldini, M., Ferfuia, C., Zuliani, F., & Danuso, F. (2020). Suitability assessment of different hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties to the cultivation environment. *Industrial Crops and Products*, *143*, 111860.

Bazzazi, N., Khodambashi, M., & Mohammadi, S. (2013). The effect of drought stress on morphological characteristics and yield components of medicinal plant fenugreek. *Journal of Crop Production and Processing*, *3*(8), 11-23.

Behtari, B., Ghassemi-Golezani, K., Nasab, A. D. M., Salmasi, S. Z., & Toorchi, M. (2010). Effect of Water Deficit on Morphological Traits and Water Use Efficiency of Two Soybean Cultivars. *Journal of Agricultural science and Sustainable Production*, *2*(4), 11-21.

Cannoy, D. C. (2015). Green Gold-a Cannabis Sativa L. Lucis Suitability Analysis for West Virginia. Marshall University, 14(2), 45-47.

Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, *30*(3), 239-264.

Dolferus, R., Ji, X., & Richards, R. A. (2011). Abiotic stress and control of grain number in cereals. *Plant science*, *181*(4), 331-341.

Ghanbari, A. A. (2015). Developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water deficit conditions. *Agronomy Journal*, *107*, 190-199.

Hosseini, S.M. (2009). Study of growth degree day Index of Orange, Cotton, Wheat and Rice in gharakhil. *Journal of Mazandaran Province Meteorological Office*-Spring and summer seasons.

Irannezhad, H., Poshtkohi, M., Piri, P., & Javanmardi, Z. (2007). *The cultivation of medicinal plants and oily plants (Cannabis, Flex oil & castor bean oil).* Ayezh Press. Tehran. Iran. pp: 128.

Jentsch, A., Kreyling, J., Boettcher-Treschkow, J. E. G. O. R., & Beierkuhnlein, C. (2009). Beyond gradual warming: extreme weather events alter flower phenology of European grassland and heath species. *Global Change Biology*, *15*(4), 837-849.

Khalili, M., Naghavi, M. R., & Pour-Aboughadareh, A. (2015). Evaluation of Grain Yield and Some of Agro-Morphological Characters in Spring Safflowers Genotypes under Irrigated and Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 7(16), 139-148.

Khanduri, V. P., Sharma, C. M., & Singh, S. P. (2008). The effects of climate change on plant phenology. *The Environmentalist*, *28*(2), 143-147.

Kumar, A., Omae, H., Egawa, Y., Kashiwaba, K., & Shono, M. (2006). Adaptation to heat and drought stresses in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the reproductive stage of development. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, *40*(3), 213-216.

Mirhaji, T., Sanadgol, A. A., Ghasemi, M. H., & Nouri, S. (2010). Application of Growth Degree-Days in determining phenological stages of four grass species in Homand Absard Research Station. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *17*(3), 362-376.

Mulligan, K., Laniel, L., Potter, D., Hughes, B., Vandam, L., & Skarupova, K. (2012). *Cannabis production and markets in Europe*. C. Carpentier (Ed.). Publ. Office of the Europ. Union p. 243.

Parsa, M., Ganjali, A., Rezaeanzadeh, A., & Nezami, A. (2011). Effect of supplemental irrigation on yield and growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *9*(3), 310-321.

Riahi, L., Shokrpour, M., Salami, S. A., & Khandan, A. (2016). Some quantitative traits associations and their application in characterization of Iranian accessions of Cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, *46*(4), 629-639.

Saadati, A., Pourtahmasebi, K., Salami, S.A., & Oladi, R. (2013). Xylem and Bast Fiber Properties of Six Iranian Hemp Population. *Iranian Journal of Natural Resources*, *68*(1), 121-32.

Sanadgol, A. (2003). The short-term effects of two grazing systems and three grazing intensities on the phenology of Bromus tomentellus Boiss. *Iranian journal of Range and Desert Research*, *17*(3), 321-337.

Taher Abadi, Sh., Goldani, M., Taher Abadi, Sh., & Fazeli Kakhki, F. (2015). Determination of Cardinal Temperatures in the Seeds of Henbane, *Aconite and Hemp.jornal of plant protection*, *29*(1), 16-22.

Tommasini, L., Svensson, J. T., Rodriguez, E. M., Wahid, A., Malatrasi, M., Kato, K., & Close, T. J. (2008). Dehydrin gene expression provides an indicator of low temperature and drought stress: transcriptome-based analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Functional & integrative genomics*, *8*(4), 387-405.

Van der Werf, H. M. G., Brouwer, K., Wijlhuizen, M., & Withagen, J. C. M. (1995). The effect of temperature on leaf appearance and canopy establishment in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). *Annals of Applied Biology, 126*(3), 551-561.

Van Dijk, H., & Hautekeete, N. (2007). Long day plants and the response to global warming: rapid evolutionary change in day length sensitivity is possible in wild beet. *Journal of Evolutionary Biology*, *20*(1), 349-357.

Yasari, T., Shahsavari, M. R., Barzegar, A., & Omidi, A. H. (2005). Study of developmental stages and relationship between of them and seed yield in ten advanced safflower genotype. *Pajouhesh & Sazandegi*, 68, 75-83.