

اثرات تنفس خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و خصوصیات فنولوژیک گیاه آویشن کوهی (*Thymus kotschyanus* Boiss.)

بابک بحرینی نژاد^{۱*} و جمشید رزمجو^۲

^۱ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و ^۲ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۶)

چکیده:

این مطالعه به منظور تعیین اثرات تنفس رطوبتی بر شاخص‌های رشد و خصوصیات فنولوژیکی گیاه دارویی آویشن کوهی *Thymus kotschyanus* طی دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش با سه تیمار آبیاری شامل ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده در خاک به ترتیب T_{20} , T_{50} و T_{80} و در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به اجرا درآمد. تنفس باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک (DM)، سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR) و میزان درجه روز-رشد (GDD) مورد نیاز تا تمامی مراحل فنولوژیک شد و تنها تاثیر ناچیز و غیر معنی‌داری بر سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) و سرعت رشد نسبی (RGR) داشت. با افزایش شدت تنفس از T_{20} به T_{80} متوسط DM به میزان ۶۰ درصد کاهش یافت. بیشترین مقادیر CGR در مرحله آغاز غنچه دهی، بیشترین LAI در ۵۰٪ گلدهی و بیشترین DM در مرحله ۱۰۰٪ گلدهی مشاهده شد. تنفس باعث گردید تا وقوع هریک از مراحل فنولوژیکی در تیمار تنفس شدید بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه روز-رشد زودتر از تیمار عدم تنفس اتفاق افتد. مقادیر DM در سال دوم (۱۵۲ گرم در متر مربع) بیش از دو برابر سال اول (۶۷ گرم در متر مربع) بود. با توجه به نتایج بدست آمده برای دستیابی به بالاترین میزان تولید این گیاه در مزرعه شرایط بدون تنفس رطوبتی و در مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی توصیه می‌شود. همچنین پیشگیری از وقوع تنفس در مرحله آغاز غنچه‌دهی بیشترین تأثیر را در افزایش سرعت رشد محصول و عملکرد این گیاه دارد.

واژه‌های کلیدی: آویشن کوهی، *Thymus kotschyanus*، کمبود آب، شاخص‌های رشد، مراحل نمو.

مقدمه:

آنچه شده است (مهرپور و همکاران، ۱۳۸۳؛ خوش سخن و همکاران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر با توجه به خشک و نیمه خشک بودن آب و هوای اغلب نقاط ایران و کمبود آب بهویژه در بخش کشاورزی، تحقیق در زمینه استفاده صحیح از آب در این بخش امری ضروری است.

آویشن کوهی *T. kotschyanus* Boiss. گیاهی دارویی از خانواده نعناعیان می‌باشد که به صورت خودرو در نواحی شمال و شمال غربی ایران رویش دارد (جمزاد، ۱۳۸۸). تحقیقات محدودی در زمینه به زراعی بر روی این گیاه

مواد و روش‌ها:

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی طی دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۶۱۲ متر و بر اساس تقسیم‌بندی گوسن دارای اقلیم نیمه‌بیابانی خفیف می‌باشد (کریمی، ۱۳۷۱). میزان بارندگی ماهیانه در هر دو سال مورد آزمایش در طول ماههای اعمال تیمارهای تنفس (خرداد، تیر و مرداد) کمتر از ۲ میلیمتر بود. میانگین دمای ماهیانه ماههای مذکور به ترتیب ۲۳/۲، ۲۸/۷ و ۲۸/۶ برای سال ۱۳۸۹ و ۲۲/۹، ۲۹/۴ و ۲۸/۴ برای سال ۱۳۹۰ بود. خاک محل اجرای طرح لوم- رسی و دارای ۰/۲۷ درصد کربن آلی، ۰/۰۳٪ نیتروژن کل، و مقادیر فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۱۴/۹ و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلو‌گرم، با $pH=7/6$ و هدایت الکتریکی ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. بذور این گیاه از منطقه پلور دماوند واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۷ دقیقه شرقی، ارتفاع ۳۲۵۰ متر از سطح دریا جمع آوری شد. کاشت بذور جهت تولید نشاء در شرایط گلخانه و در ۱۵ دی ماه ۱۳۸۸ صورت گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. سطوح تیمار رطوبتی شامل: آبیاری پس از ۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده در خاک و در محدوده بین ظرفیت زراعی (۰-۳۱ بار برابر با ۳۱ درصد رطوبت حجمی در خاک) تا نقطه پژمردگی دائم (۱۵- بار برابر با ۱۳/۵ درصد رطوبت حجمی در خاک) (Kramerand Boyer, 1995) به ترتیب نمایانگر عدم تنفس، تنفس متوسط و تنفس شدید بود. تنظیم زمان آبیاری با در دست داشتن منحنی رطوبتی خاک و با کمک دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) مدل Santa Barbara X6۰۵۰ ساخت آمریکا صورت گرفت به طوری که با اندازه‌گیری‌های منظم و روزانه رطوبت

یکی از دقیق‌ترین راههای مطالعه واکنش گیاهان به شرایط محیطی ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد می‌باشد (کریمی و غریزی، ۱۳۷۳؛ Karimi and Siddique, 1991). در تحقیق انجام شده بر روی آویشن دنایی توسعه Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) تنفس رطوبتی شدید باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و میزان سطح برگ گیاه (Leaf Area Index) به ترتیب به میزان ۴۹ و ۵۹ درصد شد. در مطالعه انجام شده توسط ماهرخ و خواجه پور (۱۳۸۹) بر روی گیاه چغتادر قند، سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate) به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر رژیم رطوبتی قرار گرفت. از سوی دیگر Xu و همکاران (۲۰۰۹) سرعت رشد نسبی گیاه (Relative Growth Rate) را به عنوان شاخصی مناسب در معرفی گیاهانی با توانایی بهبود اثرات مخرب تنفس بعد از وقوع آن معرفی نمودند. مطالعات امیری و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که تنفس رطوبتی بر روی گیاه نخود باعث کاهش سریع سرعت اسیمیلاسیون خالص (Net Assimilation Rate) در طول فصل رشد شد. اثرات تنفس بر روی مراحل فنولوژی گیاه در برخی گیاهان افرایند و در برخی دیگر کاهنده بوده است به طوری که کریمی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثرات تنفس بر روی ذرت شاهد افزایش طول دوره رشد بودند درحالی که در مطالعه امیری و همکاران (۱۳۸۹) تنفس باعث کاهش طول دوره رشد در گیاه نخود شد.

از آنجا که آویشن کوهی بومی ایران و کاملاً سازگار با شرایط آب و هوایی آن است و هنوز در ابتدای مراحل اهلی شدن قرار دارد، لذا بررسی رفتارهای رشد و نمو این گیاه در شرایط مزرعه‌ای و تعیین تاثیر مهمترین عامل محدود کننده رشد در ایران یعنی خشکی بر روی شاخص‌های رشد و خصوصیات فنولوژیک آن از ضروریات اجرای این تحقیق بود.

شاخص‌های رشد شامل سرعت رشد (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) بر اساس معادلات [۲] تا [۴] و بر پایه درجه-روز رشد محاسبه گردید.

$$CGR = \frac{\Delta DM}{\Delta 10GDD} \quad [۲]$$

$$RGR = \frac{CGR}{DM} \quad [۳]$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad [۴]$$

ΔDM : تغییرات وزن خشک در فاصله دو نمونه برداری متوالی

$\Delta 10GDD$: تفاضل بین مقادیر ده درجه روز-رشد در فاصله بین دو نمونه برداری متوالی یادداشت برداری مراحل فنولوژیک شامل آغاز و ۵۰٪ غنچه‌دهی، ۱۰۰٪ گلدهی بود. در نهایت شکل‌های تغییرات هریک از شاخص‌های فوق بر حسب افزایش ۱۰ درجه روز-رشد ترسیم گردید. برای رسم شکل‌ها و محاسبه معادلات پلی‌نومیال و آنالیز واریانس نتایج از برنامه‌های کامپیوتري Excel و SAS استفاده شد.

نتایج و بحث:

جمع وزن خشک در این گیاه روندی سیگموئیدی داشت. بطوری که پس از یک رشد بطئی وارد مرحله رشد سریع شده و در مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی پس از جذب ۲۴۰۰ و ۱۸۰۰ درجه-روز رشد به ترتیب در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به حداقل مقدار خود رسید (شکل ۱). از آنجا که هدف از تولید آویشن کوهی اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد و در مطالعه حاضر بیشترین میزان تجمع ماده خشک در مرحله ۱۰۰ درصد گلدهی مشاهده گردید، می‌توان بهترین زمان برداشت این گیاه را به لحاظ عملکرد محصول برداشت شده در همین مرحله دانست.

اثرات تنش بر روند تجمع وزن خشک مشهود بود و با افزایش سطوح تنش از میزان تجمع وزن خشک در گیاه بطور معنی‌داری کاسته شد. همچنین اختلاف معنی‌دار بین

خشک در عمق توسعه ریشه با نزدیک شدن به حد آستانه هر یک از تیمارها، آبیاری انجام شد. پشت‌های کاشت به فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر و فاصله هر دو بوته روی پشته ۲۰ سانتیمتر بود. طول هر خط کشت ۶ متر و روی هر خط ۳۰ بوته قرار داشت. عمل انتقال نشاء به زمین اصلی در ۱۵ اسفند صورت گرفت. جهت جلوگیری از مرگ و میر نشاها اعمال رژیم‌های آبیاری پس از استقرار گیاه و در حدود ۸ برگی شدن (مطابق با ۱۰۵۰ و ۶۱۶ درجه روز-رشد به ترتیب در سال‌های اول و دوم) شروع و تا زمان رسیدگی محصول ادامه یافت. نمونه‌برداری جهت تعیین میزان وزن خشک اندام هوایی (DM) و سطح برگ (LAI)، هر دو هفته یکبار انجام شد. تاریخ اولین نمونه‌برداری ۱۵ اسفند ۱۳۸۸ (انتقال نشا به زمین اصلی) بود و تا ۱۷ مرداد ۱۳۸۹ (رسیدگی فیزیولوژیک گیاه) ادامه داشت. همین روند از ۱۵ اسفند ۱۳۸۹ (شروع سبز شدن گیاه) تا ۱۷ مرداد ۱۳۹۰ (رسیدگی فیزیولوژیک) برای سال دوم آزمایش به اجرا در آمد. برای این منظور و با رعایت حاشیه، هر بار ۴ بوته از مساحتی معادل ۰/۴ متر مربع از ابتدای خطوط غیر حاشیه‌ای یک سمت هر کرت آزمایشی و از بالای قسمت چوبی شده برداشت انجام شد. میزان سطح برگ نمونه‌های برداشت شده قبل از خشک کردن نمونه به کمک دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل GA-5، ساخت شرکت Ogawa Seki از کشور ژاپن اندازه گیری شد. اندام‌های هوایی برداشت شده برای مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد خشک شد و بلایا فاصله با دقت ۰/۰۱ توزین شد.

مقدار درجه روز-رشد با استفاده از معادله [۱] محاسبه گردید.

$$GDD = \sum \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - Tb \right] \quad [۱]$$

حرارت‌های حداقل و حداکثر طبق روش Bradford (۲۰۰۲) محاسبه و به ترتیب ۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد منظور گردید. T_{min} ، T_{max} و Tb به ترتیب درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه و پایه می‌باشند.

برگ را در اواخر فصل رشد می‌توان به زرد و پیر شدن و ریزش برگ‌ها نسبت داد که از قسمتهای قاعده‌ای گیاه آغاز و رفته رفته به سمت قسمتهای بالایی گیاه گسترش می‌یابد. بنابراین چنانچه هدف از تولید صرفأً تولید برگ باشد ۵۰ درصد گلدهی بهترین زمان برداشت آویشن کوهی خواهد بود. در ارتباط با اثر تنش بر روی کاهش میزان سطح برگ می‌توان گفت که با افزایش شدت تنش میزان پتانسیل فشاری آب داخل برگ‌ها که از عوامل افزایینده رشد سطح برگ معرفی شده است کاهش می‌یابد (Shao *et al.*, 2008). از سوی دیگر تنش رطوبتی اثری افزایینده در سرعت روند پیری در گیاه داشته و از دیگر عوامل کاهنده شاخص سطح برگ در گیاهان معرفی شده است (امیری و همکاران، ۱۳۸۹).

حداکثر میزان شاخص سطح برگ در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول تقریباً سه برابر بیشتر بود و در بی آن اختلاف بین تیمارها مشهودتر بود. در اینجا نیز وضعیت تقریباً با آنچه در مورد وزن خشک اندام هوایی گفته شد شباهت دارد. از جمله دلایل بیشتر بودن شاخص سطح برگ در سال دوم نسبت به سال اول را می‌توان به افزایش ذخیره غذایی گیاه در سال دوم نسبت به سال اول دانست به طوری که انتقال مواد غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی در اوایل فصل رشد در سال دوم در افزایش سریع مقدار سطح برگ بسیار تاثیرگذار بوده است.

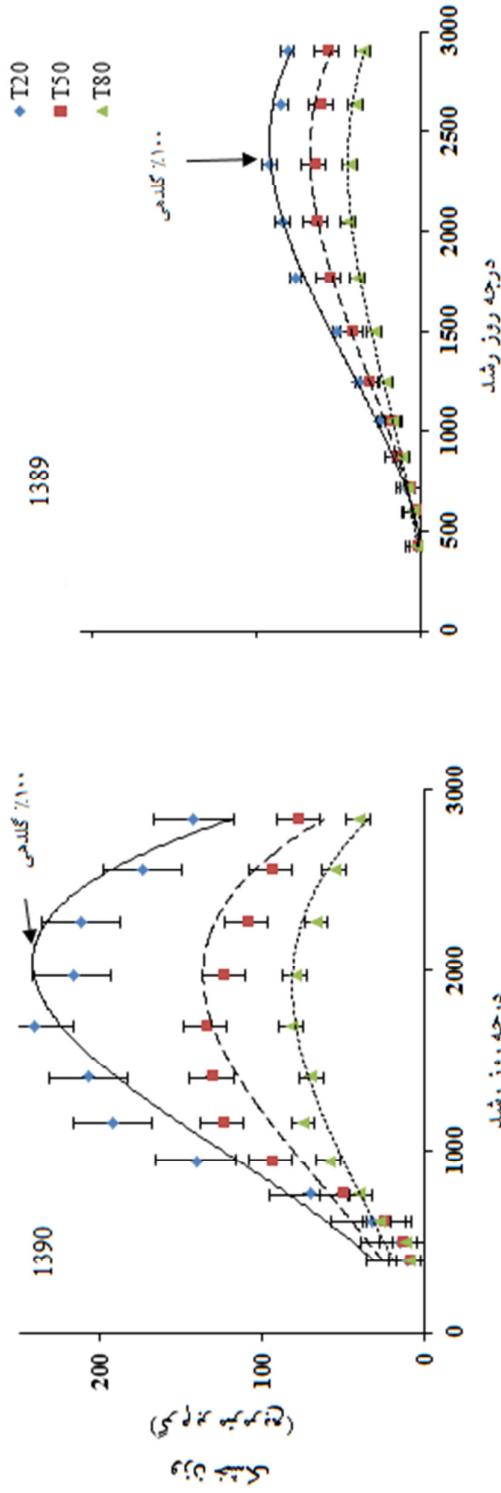
میزان سرعت رشد محصول تا پیش از آغاز غنچه‌دهی روندی افزایشی داشت، با شروع غنچه‌دهی روند آن ثابت و بلافاصله نزولی شد (شکل ۳). حداکثر میزان سرعت رشد محصول در اوایل غنچه‌دهی در گیاه بود، روند افزایشی آن را تا قبل از این مرحله می‌توان به تولید اندام‌های فتوستز کننده و تولید کربوپهیرات بیشتر نسبت داد و روند نزولی آن را از این مرحله به بعد شاید به این علت باشد که رفته رفته گیاه به جای تولید مواد فتوستزی جدید، بیشتر به انتقال آنها در گیاه می‌پردازد (امیری و همکاران ۱۳۸۹).

تیمارها در مرحله رشد سریع گیاه، آغاز و تا اواخر فصل رشد ادامه داشت (شکل ۱). در رابطه با اثر تنش بر کاهش وزن خشک Viera و همکاران (۱۹۹۱) کاهش فتوستز را دلیل اصلی کاهش تجمع وزن خشک در تیمارهای تنش بیان نمودند. امیری و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه خود بر روی نخود کاهش تولید شاخصاره را از دلایل کاهش وزن خشک در اثر تنش اظهار داشتند.

میزان تجمع وزن خشک در گیاه در سال دوم آزمایش به حدود دو برابر نسبت به سال اول رسید و در پی آن اختلاف بین تیمارها در سال دوم نسبت به سال اول نمایان تر بود. علت بیشتر بودن میزان وزن خشک در سال دوم نسبت به سال اول را می‌توان به گسترش بیشتر ریشه و در نتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی نسبت داد. در همین رابطه نتایج بدست آمده توسط Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) بر روی آویشن دنایی نشان داد که در شرایط محدودیت آب می‌توان تنش شدیدتری را در سال دوم رویش نسبت به سال اول بر روی گیاه اعمال نمود. بیشتر بودن اختلاف بین تیمارها را در سال دوم نسبت به سال اول می‌توان به قویتر شدن سیستم ریشه ای گیاه در تیمارهای با تنش کمتر نسبت داد که این امر خود باعث افزایش شدت اختلاف وزن خشک اندام‌های هوایی بین تیمارها در سال دوم نسبت به سال اول شد.

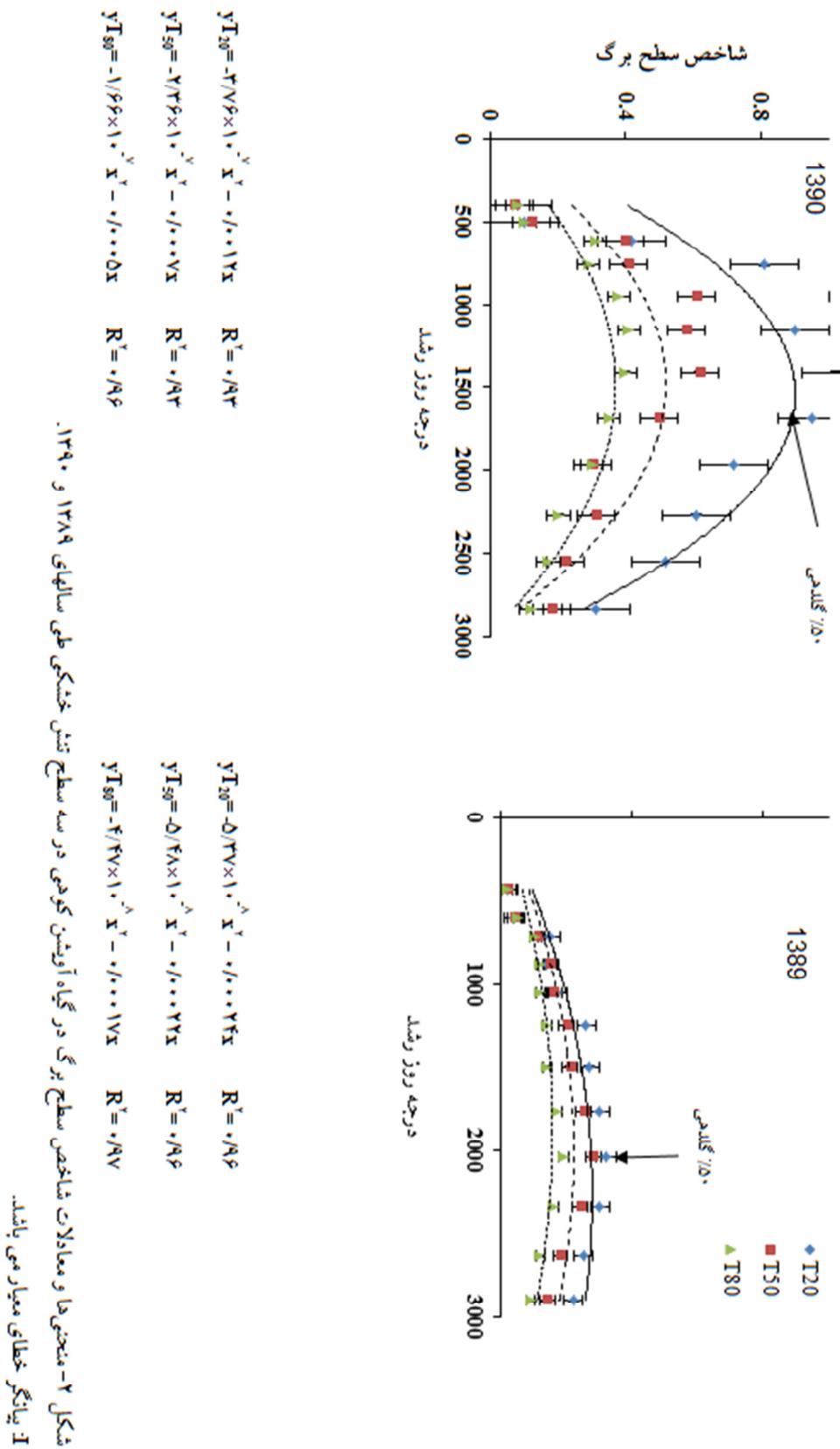
رونده تغییرات شاخص سطح برگ در گیاه در ابتدای فصل رویش افزایشی و حداکثر مقدار آن در مرحله ۵۰ درصد گلدهی یعنی پس از تجمع حدود ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ درجه روز- رشد به ترتیب در سال اول و دوم رخ داد (شکل ۲). علت بیشتر بودن شاخص سطح برگ را در زمان ۵۰ درصد گلدهی می‌توان به این خاطر دانست که تا قبل از آن روند توسعه برگ افزایشی بود؛ ولی از این مرحله به بعد روند زرد شدن و ریزش برگ‌ها از قسمتهای قاعده‌ای گیاه آغاز می‌شود.

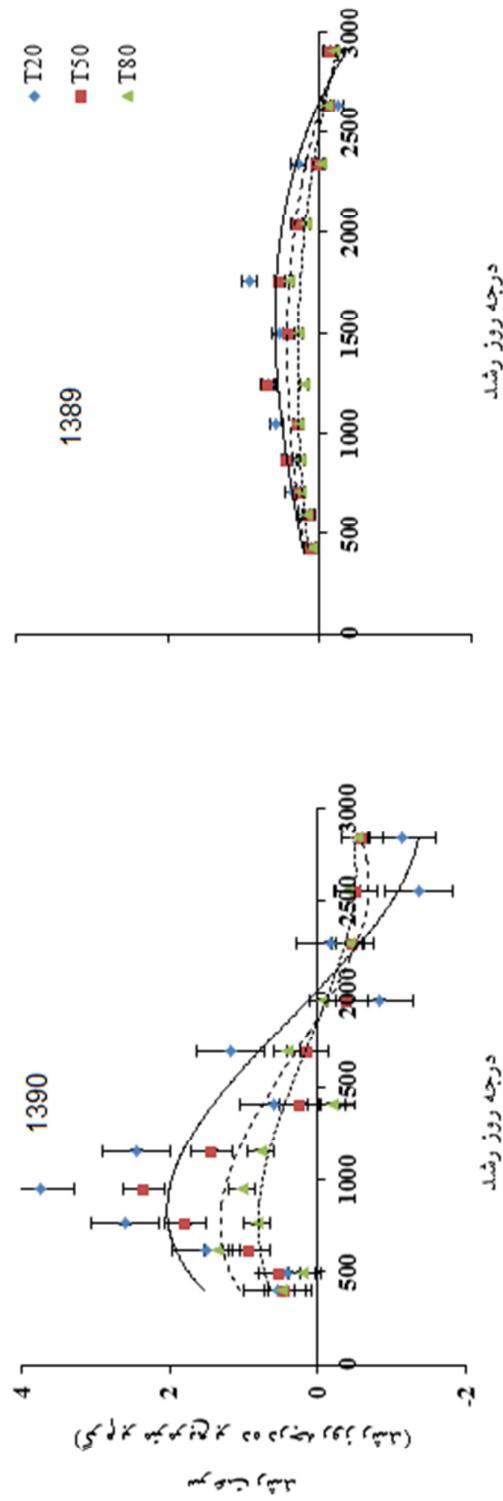
اثرات تنش بر روند شاخص سطح برگ از شروع اعمال تنش بر گیاه نمایان و با افزایش شدت تنش مقادیر آن به طور معنی‌داری کاهش یافت. علت کاهش سطح



$$\begin{aligned}
 yT_{20} &= -4/45 \times 10^{-5} x^2 + 1/45 \times 10^{-5} x' - 1/45 \times 10^{-5} x'' + 9/45 \times 10^{-5} x''' + R' = 0/45 \\
 yT_{50} &= -1/33 \times 10^{-5} x^2 + 1/33 \times 10^{-5} x' - 1/33 \times 10^{-5} x'' + 7/33 \times 10^{-5} x''' + R' = 0/45 \\
 yT_{80} &= -1/18 \times 10^{-5} x^2 + 1/18 \times 10^{-5} x' - 1/18 \times 10^{-5} x'' + 2/18 \times 10^{-5} x''' + R' = 0/45
 \end{aligned}$$

شکل ۱- منحنی ها و معادلات تجمع وزن خشک در گیاه آویشن کوهی در سه سطح تنفس خشکی می سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.
پانگر خطای معیار می باشد.





$$\begin{aligned}
 yT_{20} &= V/34 \times 1 \cdot \Psi^{-1.1} + V/10 \times 1 \cdot \Psi^{-0.5} + V/100 \cdot \Psi^0 \quad R' = .78 \\
 yT_{50} &= V/49 \times 1 \cdot \Psi^{-1.1} + V/24 \times 1 \cdot \Psi^{-0.48} + V/100 \cdot \Psi^0 \quad R' = .78 \\
 yT_{80} &= V/84 \times 1 \cdot \Psi^{-1.1} + V/48 \times 1 \cdot \Psi^{-0.4} + V/100 \cdot \Psi^0 \quad R' = .78
 \end{aligned}$$

شکل ۳- منحنی ها و معادلات شاخص سرعت رشد در گیاه آوشن کوهی در سه مقطع تنفس خشکی طی سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.

I: پیانگر خطای معیاری باشد.

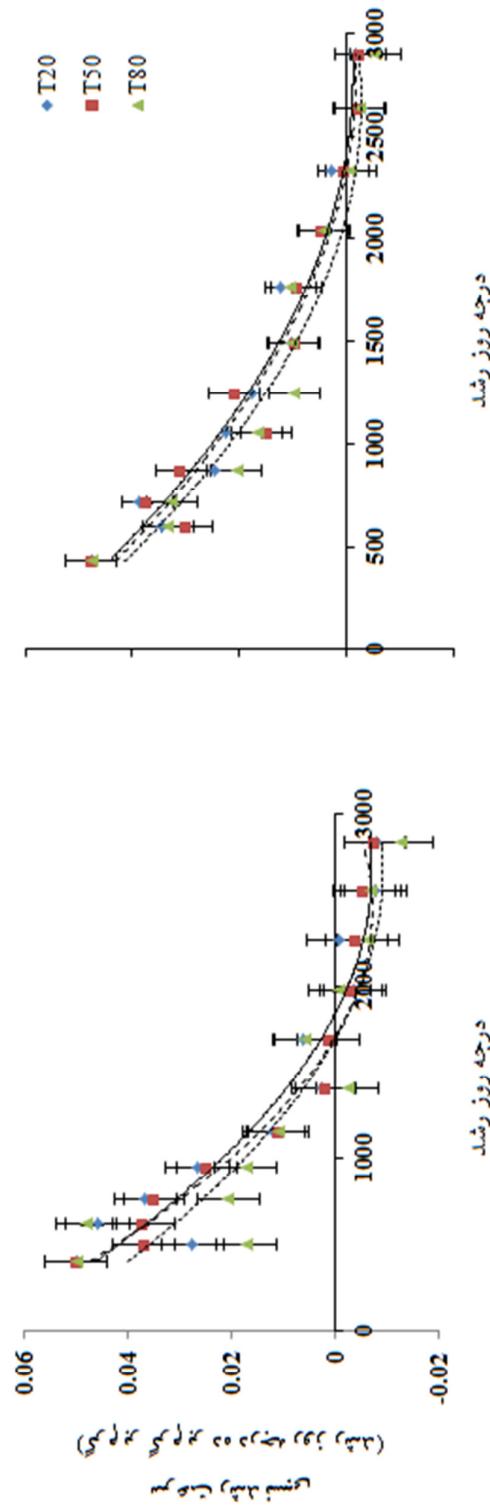
گلدهی (۲۴۰۰ و ۱۶۰۰ درجه روز- رشد به ترتیب در سال اول و دوم) این عدد منفی شد (شکل ۴). علت روند نزولی سرعت رشد نسبی را می‌توان به پیتر شدن گیاه و در حقیقت افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی و نگهدارنده به بافت‌های فتوستتر کننده و افزایش نسبت تنفس به فتوستتر نسبت داد، به طوری که با افزایش وزن کلی گیاه در طول رشد درصد اضافه وزن‌های جدید نسبت به اضافه وزن‌های قبلی کاهش می‌یابد (لباسچی و شریفی عشور آبادی، ۱۳۸۳؛ Karimi and Siddique, 1991).

اگرچه میزان سرعت رشد نسبی در تیمار عدم تنش نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر بود ولی این تفاوت معنی دار نبود. تفاوت قابل توجهی بین مقادیر موجود در سال اول و دوم آزمایش مشاهده نشد. کم بودن میزان حساسیت سرعت رشد نسبی به تنش رطوبتی در گیاه آویشن کوهی امری بود که در گیاه چغناور قند نیز گزارش شده بود به طوری که ماهرخ و خواجه پور (۱۳۸۹) استفاده از CGR را نسبت به RGR به عنوان شاخص مناسبتری در بررسی‌های فیزیولوژیک معرفی کردند.

رونده تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص تقریباً شبیه تغییرات سرعت رشد نسبی گیاه بود که در ابتدای فصل رشد در حداقل مقدار خود بود و با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد از میزان آن کاسته شد. شبکه کاهشی سرعت اسیمیلاسیون در سال دوم بیشتر از سال اول آزمایش بود. مقادیر NAR در اواخر دوره رشد و پس از تکمیل گلدهی و کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک گیاه (حدود ۲۶۰۰ و ۱۸۰۰ درجه روز- رشد به ترتیب در سال ۸۹ و ۹۰) منفی شد. از سوی دیگر منفی شدن مقادیر NAR در تیمار عدم تنش دیرتر از بقیه آغاز شد. اگرچه سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمار عدم تنش نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، ولی تفاوت بین تیمارها در هیچ یک از مراحل رشد معنی دار نشد (شکل ۵). از آنجا که سرعت اسیمیلاسیون خالص رابطه مستقیمی با میزان فتوستتر دارد، هرگونه عاملی مثل تنش رطوبتی که

اثر تنش بر سرعت رشد محصول معنی دار بود و بیوژه در زمانی که سرعت رشد حداقل بود (آغاز غنچه‌دهی) باعث کاهش مقدار آن شد. با افزایش شدت تنش روند کاهشی منحنی سرعت رشد زودتر شروع شد. در اواخر دوره رشد (حدود ۲۵۰۰ و ۲۰۰۰ درجه روز- رشد به ترتیب در سال اول و دوم) مقادیر سرعت رشد منفی شد. میزان منفی شدن سرعت رشد محصول در گیاهان موجود در تیمار عدم تنش بیشتر از تیمارهای تنش بود. بیشترین میزان سرعت رشد در سال اول و دوم به ترتیب ۰/۹۳ و ۳/۷۴ گرم بر متر مربع بر ده درجه روز- رشد بود. هرچه که سرعت رشد بیشتر بود اختلاف بین تیمارهای تنش نیز مشهودتر بود و این امر بیانگر لزوم توجه به پیشگیری از وقوع تنش خشکی در موقعي از رشد گیاه است که سرعت رشد در آن مراحل بیشتر می‌باشد. علت وقوع دیرتر سیر نزولی منحنی سرعت رشد محصول در تیمار عدم تنش نسبت به دو تیمار دیگر می‌تواند به خاطر دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی و در نتیجه تلاش گیاه برای گسترش کنوبی گیاه باشد (Kibet et al., 2006). علت منفی شدن این شاخص در انتهای فصل رشد را می‌توان به پیر شدن بافت‌ها و افزایش نسبت تنفس به فتوستز و همچنین ریزش برگ‌ها و اندام‌های هوایی گیاه نسبت داد. ریزش بذور گیاه در اواخر دوره رشد از دیگر عوامل کاهنده وزن خشک و در نتیجه منفی شدن سرعت رشد بود. از آنجا که حجم زیست‌توده تولیدی در تیمار عدم تنش بیشتر از دو تیمار تنش متوسط و شدید بود بنابراین شدت تغییرات بیomas نیز بیشتر و در نتیجه شکل آن در اواخر دوره رشد منفی تر از دو تیمار دیگر شد. نتایج نشان داد که سرعت رشد شاخص مناسبی در تبیین شدت اثرات تنش رطوبتی در گیاه آویشن کوهی می‌باشد، این امر در دیگر گیاهان از جمله چغناور قند نیز اشاره شده است (ماهرخ و خواجه پور، ۱۳۸۹).

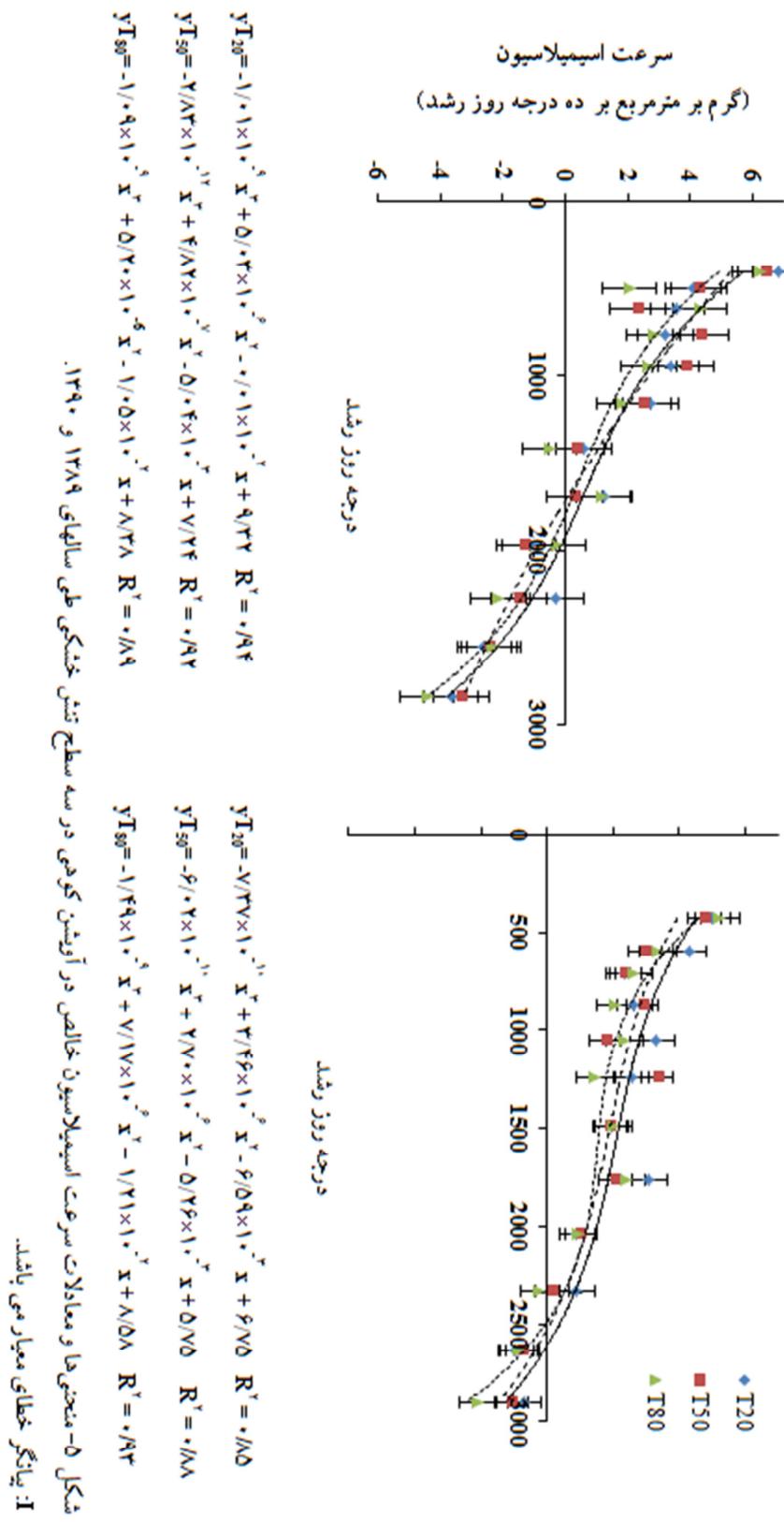
سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد در تمام تیمارها در حداقل مقدار خود بود و با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد از میزان آن کاسته شد و در اواخر دوره



$$\begin{aligned}
 y_{T20} &= 1.05 \times 10^{-4} x^2 - 0.0005 x + 0.0055 & R^2 &= 0.95 \\
 y_{T50} &= 1.03 \times 10^{-4} x^2 - 0.0005 x + 0.0055 & R^2 &= 0.95 \\
 y_{T80} &= 9.03 \times 10^{-5} x^2 - 0.0005 x + 0.0055 & R^2 &= 0.95
 \end{aligned}$$

شکل ۴- منحنی ها و معادلات سرعت رشد نسبی در گاه آوثین کوهی در سه سطح تنفس خشکی طی سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.

I: پیانگر خطای معياری ممی باشد.



جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش رطوبتی و سال بر تعداد روز تا آغاز و٪ غنچه‌دهی،٪ ۵۰ و٪ ۱۰۰ گل‌دهی در آویشن کوهی.

میانگین مربعات							منابع تغییرات
٪ ۱۰۰ گل‌دهی	٪ ۵۰ گل‌دهی	٪ ۵۰ غنچه‌دهی	آغاز غنچه‌دهی	درجه آزادی			
۱۳/۳۹*	۴۱/۱۱**	۱۶/۱۷**	۱۴/۱۱**	۳	بلوک		
۶۷/۱۷**	۸۷/۸۸**	۱۵۵/۷۹**	۸۶/۰۹**	۲	تنش		
۲/۷۲	۳/۳۲	۱/۹۶	۱/۹۷	۶	خطای الف		
۶۲۷۲/۶۷**	۵۸۲۸/۱۷**	۷۱۴۱/۵۰**	۴۵۲۲/۹۱**	۱	سال		
۰/۶۷ ns	۱/۵۴ ns	۱/۱۳ ns	۰/۵۶ ns	۲	سال × تنش		
۲/۳۳	۲/۴۲	۱/۸۱	۱/۷۶	۵۱	خطای نهایی		

* و ** به ترتیب نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: نمایانگر عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین وقوع مراحل فنولوژیک با توجه به تعداد روز (روز از کاشت نشاء برای سال ۱۳۸۹ و روز از سیز شدن برای سال ۱۳۹۰) و درجه روز-رشد در آویشن کوهی.

۱۳۹۰		۱۳۸۹		تیمار	مرحله نمو
روز	درجه روز-رشد	روز	درجه روز-رشد		
۶۳ ^a	۱۰۳۲ ^a	۹۹ ^a	۱۷۶۲ ^a	عدم تنش	آغاز غنچه‌دهی
۶۰ ^b	۹۸۶ ^b	۹۶ ^b	۱۷۰۳ ^b	تشنگ، متوسط	
۵۴ ^c	۹۰۵ ^c	۹۱ ^c	۱۶۰۵ ^c	تشنگ شدید	
۷۶ ^a	۱۲۴۴ ^a	۱۱۰ ^a	۱۹۸۳ ^a	عدم تنش،	۵۰ درصد غنچه‌دهی
۷۳ ^b	۱۱۹۰ ^b	۱۰۷ ^b	۱۹۲۳ ^b	تشنگ متوسط	
۶۷ ^c	۱۰۹۱ ^c	۱۰۲ ^c	۱۸۲۳ ^c	تشنگ شدید	
۸۶ ^a	۱۴۳۰ ^a	۱۱۸ ^a	۲۱۴۵ ^a	عدم تنش،	۵۰ درصد گلدهی
۸۴ ^{ab}	۱۳۹۱ ^{ab}	۱۱۵ ^b	۲۰۸۲ ^b	تشنگ متوسط	
۸۱ ^b	۱۳۳۶ ^b	۱۱۱ ^c	۲۰۰۳ ^c	تشنگ شدید	
۹۴ ^a	۱۵۹۱ ^a	۱۲۶ ^a	۲۳۱۶ ^a	عدم تنش	۱۰۰ درصد گلدهی
۹۲ ^a	۱۵۴۷ ^a	۱۲۴ ^b	۲۲۷۴ ^b	تشنگ متوسط	
۸۸ ^b	۱۴۷۱ ^b	۱۲۱ ^c	۲۲۱۱ ^c	تشنگ شدید	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

NAR در سال دوم را نسبت به سال اول می‌توان به بیشتر بودن سطح برگ و در نتیجه سایه‌اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی هم در سال دوم نسبت داد (ماهرخ و خواجه پور، ۱۳۸۹).

آنالیز مرکب داده‌های مربوط به مراحل فنولوژیکی نشان داد که اثرات تنش خشکی و سال (سن گیاه) بر صفات تعداد روز تا آغاز غنچه‌دهی، ۵۰ درصد

باعث کاهش راندمان فتوستتر شود از سرعت اسیمیلاسیون خالص می‌کاهد. نتایج مشابهی از کاهش میزان NAR در اثر تنش خشکی بر روی سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Stone *et al.*, 2001؛ Mirezaonد و همکاران، ۱۳۹۰). شدت تأثیر تنش رطوبتی بر NAR کمتر از اثر آن بر DM و CGR گزارش شده است (Kibe *et al.*, 2006).

حصول می‌باشد با این حال تنش رطوبتی در گیاه آویشن کوهی می‌تواند به طور موثری باعث کاهش میزان وزن خشک تولیدی و در نتیجه عملکرد محصول شود و این امر بیانگر لزوم کشت این گیاه در شرایط مناسب رطوبتی در مزرعه می‌باشد. کوتاهتر بودن طول دوره رشد طی سال دوم و گسترش بیشتر ریشه در آن نسبت به سال اول می‌تواند در کاهش میزان آب مصرفی و یا امکان افزایش شدت تنش در سال دوم نسبت به سال اول تأثیر گذارد. همچنین وقوع بیشترین سرعت رشد محصول در مرحله آغاز غنچه‌دهی بیانگر این امر می‌باشد که در مدیریت آبیاری این محصول می‌بایستی حتی الامکان از وقوع تنش‌های رطوبتی در این محدوده از رشد و نمو خودداری نمود زیرا که می‌تواند باعث افت شدید عملکرد محصول شود. نهایتاً نتایج نشان داد که LAI و CGR شاخص‌های مناسبی از تبیین شدت اثرات تنش رطوبتی در گیاه آویشن کوهی می‌باشند.

تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از جناب آقای دکتر محمد حسین لباسچی که ما را در اجرای این تحقیق یاری نمودند تشکر می‌گردد.

- جمزاد، ز. (۱۳۸۸) آویشن‌ها و مرزه‌های ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- خوش‌سخن، ف.، بابلار، م. و فتاحی‌مقدم، م.ر. (۱۳۸۹) ارزیابی واکنش برخی جمعیت‌های گونه آویشن کوهی (Thymus kotschyanus) به تنش شوری و خشکی در مرحله جوانه‌زنی بذر. همایش ملی گیاهان دارویی. ساری.
- کریمی، م.، اصفهانی، م.، بیگلوبی، م.ح. و ربیعی، ب. (۱۳۸۸) تاثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله تولید گیاهان زراعی ۲: ۹۱-۱۱۰.

غنچه‌دهی، ۵۰ درصد گل‌دهی و ۱۰۰ درصد گل‌دهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش شدت تنش وقوع هریک از مراحل فنولوژیک در تعداد روز و میزان درجه روز-رشد کمتری اتفاق افتاد و در حقیقت طول دوره نمو گیاه کاهش یافت (جدول ۲). از جمله دلایل کاهش طول دوره نمو در اثر تنش را می‌توان به وجود ساز و کار فرار از خشکی در این گیاه نسبت داد. نتایج مشابهی در گیاهان بادرنجبویه (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۹) و نخود (امیری و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش شده است. از سوی دیگر وقوع هریک از مراحل فنولوژیک در سال دوم آزمایش به میزان درجه روز-رشد کمتری نسبت به سال اول احتیاج داشت. وقوع این پدیده را می‌توان به افزایش ذخیره غذایی و بلوغ فیزیولوژیکی بیشتر گیاه در سال دوم نسبت داد. این امر می‌تواند عاملی در کاهش میزان آب مصرفی در این گیاه طی سال دوم و در نتیجه صرفه جویی بیشتر آب در مدیریت مزرعه باشد.

نتیجه گیری:

با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه می‌توان چنین اظهار داشت که در مدیریت تولید این گیاه بیشترین عملکرد اندام هوایی در مرحله ۱۰۰ درصد گل‌دهی قابل

منابع:

- اردکانی، م.ر.، عباس زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.ح.، معاونی، پ. و مجتبی، ف. (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد بادرنجبویه (Melissa officinalis L.) گیاه و زیست بوم ۴۷-۵۸: ۲۱.
- امیری ده احمدی، س.ر.، پارسا، م.، نظامی، ا. و گنجعلی، ع. (۱۳۸۹) تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص‌های رشد نخود (Cicer arietinum L.) در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران ۱: ۶۹-۸۴.

- physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production 7: 151-166.
- Bradford K. J. (2002) Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science 50: 248-260.
- Karimi, M. M. and Siddique, K. H. M. (1991) Crop growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.
- Kibe, A. M., Singh, S. and Kalra, N. (2006) Water-nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions. Agricultural Water Management, 84:221-228.
- Kramer, P. J. and Boyer, J. S. (1995) Water Relation of Plants and Soils. Academic Press, New York.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A. and Zhao, C. X. (2008) Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies 331: 215-225.
- Stone, P.J., Wilson, D. R., Jamieson, P. D. and Gillespie, R. N. (2001) Water deficit effects on sweet corn. Part II. Canopy development. Australian Journal of Agricultural Research 52: 115-126.
- Viera, H. J., Bergamaschi, H., Angelocci, L. R. and Libardi, P. L. (1991) Performance of two bean cultivars under two water availability regimes. Pesquisa Agropecuaria 9:1035-1045.
- Xu, Z., Zhou, G. and Shimizu, H. (2009) Are plant growth and photosynthesis limited by pre-drought following rewetting in grass? Journal of Experimental Botany 60: 3737-3749.
- كريمي، م.م. (۱۳۷۱) آب و هواي استان اصفهان. سازمان برنامه و بودجه استان اصفهان، اصفهان.
- كريمي، م.م. و عزيزي، م، (۱۳۷۳) آناليزهای رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- لباسچي، م.ح. و شريفى عاشور آبادى، ا. (۱۳۸۳) استفاده از شاخص های فیزیولوژیک رشد در بهره برداری مناسب از گل راعی، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۶۵: ۶۵-۷۴.
- ماهرخ، ع. و خواجه پور، م.ر. (۱۳۸۹) تاثير رژيم رطوبتي بر شاخص های رشد و عملکرد کمي و كيفي چغدر قند. مجله علوم گیاهان زراعی ايران ۴۱: ۲۳۵-۲۴۶.
- مهرپور، ش، سفیدك، ف، ميرزايان ندوشن، ح. و مجد، ا. (۱۳۸۳) مقاييسه اسانس چهار جمعيت از گياه گلخانه. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۰: ۱۵۹-۱۶۹.
- ميرزاوند، م، عزيزي، خ، ابدالى، م، اسماعيلى، ا. و حيدري، س. (۱۳۹۰) بررسی تاثير برخی تكنيك های زراعی (آرایش کاشت و آبياري تكميلي) بر شاخص های رشد نخود (*Cicer arietinum*). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۳: ۱۵۹-۱۶۹.
- Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. (2013) Influence of water stress on morpho-