اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های رشد در سه گونه دارویی اسفرزه اواتا، پسیلیوم و بارهنگ کبیر

اصغر رحیمی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲)

چکیده

هدف از آنالیز شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، تفسیر و تشریح چگونگی عکس‌العمل گیاهان به یک وضعیت محیطی معین است. استفاده از درجه روز رشد (GDD) به جای تقویم زمانی برای تخمین مراحل فنولوژیک، معتبرتر خواهد بود. به منظور بررسی تأثیر شوری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در سه گونه دارویی اسفرزه اواتا، اسفرزه پسیلیوم و بارهنگ کبیر، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولیعصر رفسنجان در سال ۱۳۸۷ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل ۴ سطح شوری (شاهد آب مقطر، ۹، ۱۵ و ۲۱ دسی زیمنس بر متر) و فاکتور دوم شامل سه گونه دارویی اسفرزه اواتا(*Plantago ovata*)، اسفرزه پسیلیوم(*P. psyllium*) و بارهنگ کبیر(*P. major*) بود. معادلات نمایی که ضریب تشخیص آن برای تیمارهای مورد بررسی از ۸۸ تا ۹۸ درصد بود به‌عنوان بهترین توجیه‌کننده تغییرات شاخص‌های رشد برحسب درجه‌حرارت روز رشد شناخته شد. تجمع حداکثر ماده خشک، حداکثر سطح برگ و حداکثر سرعت رشد گیاه در هر چهار سطح تیمار شوری، در ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه روز رشد مشاهده شد و در مقادیر بالاتر درجه روز رشد، روند کاهشی آنها در در هر سه گونه و همه سطوح شوری دیده شد. نتایج هم‌چنین حاکی از تجمع حداکثر ماده خشک در ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۱۰۰ درجه روز رشد به ترتیب در سه گونه اسفرزه اواتا، اسفرزه پسیلیوم و بارهنگ کبیر بود. هیچ بذری در تیمار ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر در دو گونه اسفرزه اواتا، اسفرزه پسیلیوم تشکیل نشد. در میان سه گونه مورد مطالعه، گونه بارهنگ کبیر در شرایط تنش شوری توانست سطح برگ خود را بهتر از دو گونه دیگر حفظ نماید و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر (۰/۴ گرم در بوته) و سرعت رشد نسبی بالاتری (۰/۰۶ گرم بر گرم در ۱۰درجه روز رشد) نسبت به دو گونه دیگر داشت. به‌طورکلی می‌توان گفت گونه بارهنگ کبیر از نظر حفظ بهتر رشد در شرایط تنش شوری و عملکرد بالاتر نسبت به دو گونه دیگر برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، نسبت سطح برگ، تجمع ماده خشک

۱. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rahimiasg@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

مقدمه

شوری یکی از اصلی‌ترین تنش‌های اسمزی است که رشد و تولید گیاهان را در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند (۹). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی موجود در سراسر جهان تحت تأثیر شوری قرار گرفته است که این مقدار معادل ۶٪ از مساحت کل اراضی جهان است. خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت ویژه یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی می‌باشد (۱۳). در اثر شوری سرعت گسترش برگ‌ها کاهش یافته و در واقع سریع‌ترین واکنش در مقابله با تنش شوری کاهش توسعه سطح برگ است و به دنبال آن با افزایش شدت تنش، رشد و توسعه سطح برگ متوقف می‌شود (۲۲). بنابراین شاخص سطح برگ نیز تحت شرایط تنش کاهش می‌یابد. طی شروع و افزایش تنش شوری، تمام فرآیندهای اصلی گیاه از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم چربی و انرژی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، به علاوه گیاه به علت تخصیص ماده پرورده بیشتر جهت مقابله با آثار سوء شوری ماده خشک کمتری تولید می‌نماید (۲۰). گزارش‌ها حاکی از این است که شوری سبب کاهش کلیه صفات مورفولوژیکی از جمله سطح برگ و وزن خشک گیاه در رازیانه (۱۸)، برنج (۱۷)، گیاه دارویی ajwain (*Trachyspermum ammi* **L**.) (۴) و زیره سبز (۲۱) شده است.

هدف از تعیین و تجزیه شاخص‌های رشد، تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به یک وضعیت محیطی معین است (۱۳). در بسیاری از آزمایش‌ها، شرایط محیطی به طور قابل ملاحظه‌ای در طی سال‌ها و هم‌چنین در یک سال متغیر هستند. بنابراین برای مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک، تجزیه‌های رشد باید از تغییرهای محیطی کاملاً مستقل باشد. درجه حرارت یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر رشد و نمو گیاه مؤثر است. لذا استفاده از درجه حرارت برای تخمین طول دوره کاشت تا برداشت محصول توسط بسیاری از محققین توصیه شده است (۱۱). هم‌چنین مطالعات بسیاری، سودمندی شاخص‌های حرارتی همچون درجه روز رشد را برای پیشگویی و تخمین دوره رشد و نمو گیاه زراعی اثبات کرداند. عواملی که جهت تعیین چگونگی رشد اجزای عملکرد استفاده می‌شود، شاخص‌های رشد نامیده شده و از اهمیت ویژه‌ایی برخوردارند (۷، ۱۱، ۹ و۲۰). به منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، بررسی و اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است و سایر شاخص‌های رشد از طریق محاسبات ریاضی به دست خواهند آمد (۲). کاهش این دو پارامتر سبب کاهش سایر شاخص‌های رشد می‌شود. تنش شوری از طریق افزایش بافت‌های غیر فعال ساختمانی نسبت به بافت‌های فعال مریستمی و پیری زود رس برگ‌ها سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی گیاه را کاهش می‌دهد (۲).

اکثر گزارش‌ها حاکی از این است که شوری سبب کاهش رشد و تولید ماده خشک گیاه می‌شود (۱۳ و ۲۱). سرعت رشد محصول (Crop growth rate)، (CGR) به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت در واحد سطح زمین مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۱۵ و ۱۶). در تحقیق کلارک (۳) بیشترین مقدار درجه روز رشد(Growth degree day) در بالاترین تراکم دیده شد و حداکثر سرعت رشد محصول در این تراکم زودتر اتفاق افتاد. درصورتی که در تراکم‌های پایین حداکثر سرعت رشد محصول بر دوره گل‌دهی منطبق بوده است. از آنجا که شاخص‌های رشد در تعیین چگونگی رشد و اجزای عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (۱۱) و هم‌چنین به دلیل رویش تعداد زیادی از گیاهان دارویی در مناطق شور، شناخت واکنش‌های رشد گیاهان دارویی تحت شرایط تنش، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۶). بنابراین در این تحقیق تأثیر تنش شوری بر برخی از شاخص‌های رشد در سه گونه دارویی از تیره بارهنگ که از نظر تولید موسیلاژ دارای اهمیت ویژه اقتصادی هستند، مورد بررسی قرار گرفته است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۷به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در سه گونه دارویی اسفرزه اواتا، اسفرزه پسیلیوم و بارهنگ کبیر در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. تیمارها شامل در ۴ سطح شوری (شاهد آب مقطر، ۹، ۱۵ و ۲۱ دسی زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور اول و سه گونه بارهنگ کبیر، اسفرزه پسیلیوم و اسفرزه اواتا به عنوان فاکتور دوم بود. بذر سه گونه مورد مطالعه بعد از ضد عفونی در محلول ویتاواکس ۱۰٪ و شستشو با آب مقطر در گلدان‌های پلاستیکی حاوی مخلوطی از پرلیت، کوکوپیت و ماسه به ترتیب به نسبت ۱:۱:۲ به صورت هیدروپونیک کشت شدند. به منظور حفظ تراکم مطلوب تعداد ۵ بوته در هر تیمار نگه داشته شد. غلظت‌های نمک با استفاده از کلرور سدیم در محلول غذایی هوگلند تهیه و به صورت تدریجی دو روز بعد از عمل تنک‌کاری، به گلدان‌ها اضافه شد تا شوری حداکثر اعمال شود. نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری وزن خشک بوته و سطح برگ در حدود ۲۵ روز قبل از گل‌دهی شروع و در ۵ نوبت ۱۵ روزه تکرار شد. برای هر نمونه‌برداری از هر گلدان ۱ بوته برداشت شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شده و بعد از خشک شدن به وسیله ترازو وزن خشک نمونه‌ها تعیین شد. سطح برگ در تمام نمونه‌برداری‌ها با جدا کردن برگ‌ها از بوته و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیرسطح برگ (Leaf area meter) تعیین شد. شاخص‌های رشد با توجه به درجه روز رشد تعیین شد.

درجه روز رشد =

درجه حرارت پایه −[۲/(حداقل دمای روزانه− حداکثر دمای روزانه)]

[۱]

برای محاسبه درجه روز رشد، درجه حرارت‌های کمتر از ۲ و بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب صفر و ۳۵ درجه سلسیوس منظور گردید. درجه حرارت پایه برای گونه اواتا ۲، پسیلیوم و بارهنگ کبیر ۵ درجه سلسیوس در نظر گرفته (۱۴و۱۷). سرعت رشد نسبی نیز از رابطه زیر محاسبه شد (۱۱).

$$RGR=1/DM(\Delta DM/10GDD) \quad [2]$$

سرعت رشد محصول نیز از مقدار ماده خشک برآورد شده در سرعت رشد نسبی طبق فرمول زیر محاسبه شد (۱۱).

$$CGR=RGR\times DM \quad [3]$$

سطح برگ و نسبت سطح برگ نیز از رابطه زیر تعیین شد(۱۱).

$$LA=(LA_2+LA_1)/2 \quad [4]$$

$$LAR=(LA_2/W_2+LA_1/W_1)/2 \quad [5]$$

LA= سطح برگ (سانتی‌مترمربع)، CGR = سرعت رشد محصول (گرم در مترمربع در روز) RGR = سرعت رشد نسبی (گرم در گرم در روز)، LAR = نسبت سطح برگ (سطح برگ در گرم وزن خشک بوته)، W = وزن خشک کل بوته.

محاسبات آماری

نخست با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری Minitab نرمال بودن داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و رسم نمودارها و جداول آماری با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت. میانگین صفت مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت. برای تعیین رابطه بین وزن خشک، سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی با درجه روز رشد بهترین منحنی برازش شده با ضریب تشخیص بالای ۸۵ درصد به عنوان بهترین توجیه‌کننده روند تغییرات شاخص‌های رشد برحسب درجه روز رشد در نظر گرفته شدند. در پایان نمودارهای تغییرات ماده خشک، سطح برگ، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و محصول بر حسب ۵۰ درجه افزایش درجه روز رشد، ترسیم شد.

نتایج و بحث

روند تغییر سطح برگ

در مراحل ابتدایی رشد، توسعه سطح برگ با شیب زیادی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

افزایش یافت و در اواسط دوره رشد (۹۰۰ درجه روز رشد) از آن کاسته شد (شکل۱). به‌طورکلی تغییرات سطح برگ در ۴ سطح شوری از روند نسبتاً مشابهی پیروی کرد. شوری باعث کاهش میزان سطح برگ تولید شده در هر سه گونه در یک درجه روز رشد مشابه شد(شکل۲). به طور کلی تنش شوری از طریق کاهش طول دوره رشد گیاه باعث می‌شود گیاه جهت فرار از تنش وارده، مراحل فنولوژیکی خود را سریع‌تر طی کند (۵ و ۱۶) در نتیجه همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود در شوری ۲۱ دسی زیمنس بر متر حداکثر سطح برگ تولید شده ۳۹/۱ سانتی‌مترمربع در بوته می‌باشد. این در حالی است که حداکثر سطح برگ در تیمار شاهد (۵۳/۴ سانتی‌مترمربع) می‌باشد (شکل ۱).

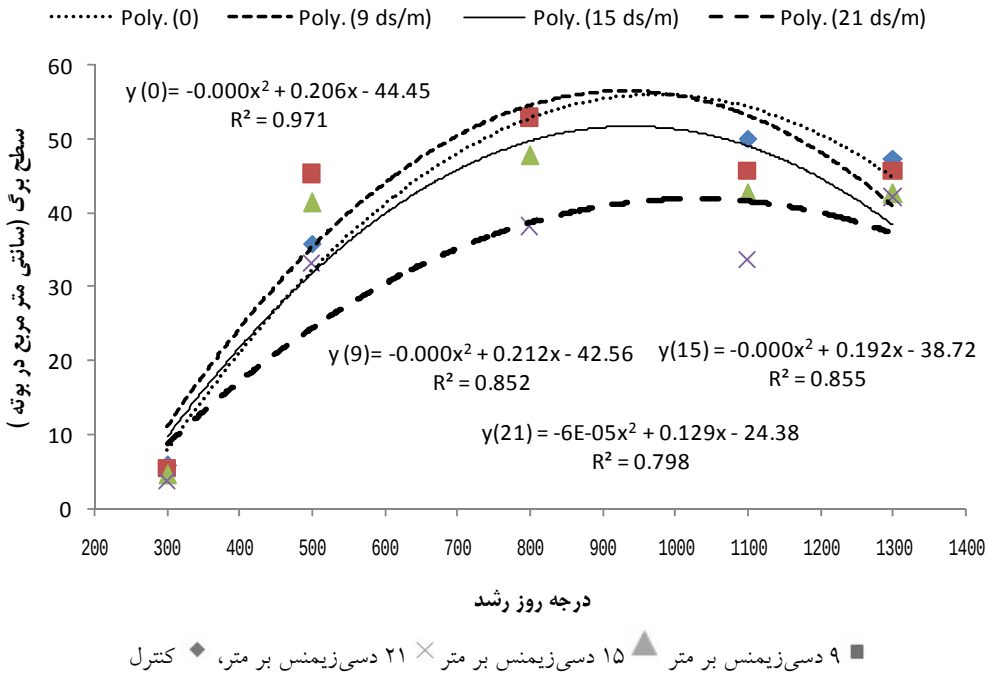
سریع‌ترین واکنش در مقابله با تنش شوری، به علت کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش توسعه سطح برگ است و به دنبال آن با افزایش شدت تنش، رشد و توسعه سطح برگ متوقف می‌شود (۲۲). بنابراین سطح برگ نیز تحت شرایط تنش کاهش می‌یابد. روند تغییر سطح برگ در سه گونه مورد مطالعه با استفاده از درجه روز رشد (شکل ۲) نشان می‌دهد گونه اسفرزه مراحل فنولوژیکی خود را سریع‌تر از دو گونه دیگر طی کرده و با دریافت درجه حرارت روز رشد کمتری نسبت به دو گونه دیگر به حداکثر سطح برگ رسیده است. گونه بارهنگ کبیر نسبت به دو گونه دیگر درجه حرارت روز رشد بیشتری دریافت کرد تا به مرحله حداکثر سطح برگ برسد، هم‌چنین سطح برگ تولید شده در این گیاه در حداکثر میزان خود ۶۵/۴ سانتی‌مترمربع است که نشان‌دهنده طولانی‌تر بودن دوره رشد این گونه و سرمایه‌گذاری بیشتر این گونه در تولید سطح برگ علارغم وجود تنش شوری، می‌باشد. این در حالی ست که حداکثر سطح برگ تولید شده در گونه پسیلیوم و بارهنگ کبیر به ترتیب ۴۱/۹ و ۲۱ سانتی مترمربع بوده است (شکل۲). با توجه به این‌که شروع گل‌دهی در ۶۰۰ درجه روز رشد در هر سه گونه اتفاق افتاد، به نظر می‌رسد در گونه بارهنگ کبیر بر خلاف دو گونه دیگر، سرمایه گیاه برای تولید برگ هنوز ادامه دارد و هر چند این موضوع با طولانی‌تر بودن طول دوره رشد این گونه قابل توصیه است.

روند تجمع ماده خشک

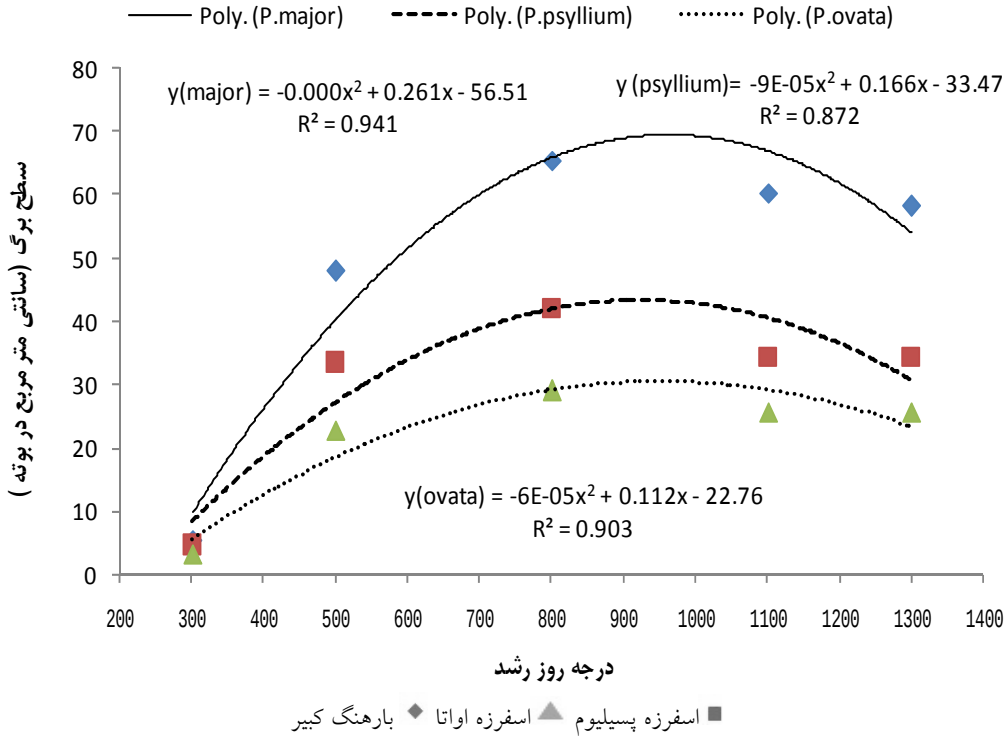
وزن خشک کل گیاه یکی از شاخص‌های مهم رشد می‌باشد که نشان‌دهنده میزان تجمع ماده خشک در کل گیاه است. تغییرات وزن خشک کل گیاه در سطوح مختلف شوری از روند نسبتاً مشابهی پیروی کرد (شکل۳). با گذشت زمان میزان تجمع ماده خشک روندی افزایشی داشت. در مراحل ابتدایی رشد با توجه به درجه حرارت روز رشد، افزایش وزن خشک با شیب کمتری صورت گرفت و در مراحل بعدی شیب آن افزایش یافت. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش سطوح شوری سرعت تجمع ماده خشک کاهش یافته است. تجمع ماده خشک در حقیقت تبدیل نور به زیست توده (طی عمل فتوسنتز) می‌باشد که خود در ارتباط با سطح برگ و به تبع آن جذب نور فعال فتوسنتزی است (۱۶). سرعت افزایش تجمع ماده خشک در تیمار شاهد به دلیل بالا بودن سطح برگ و افزایش جذب نور فعال فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول بوده است، با افزایش سطح نمک، و به واسطه آن کاهش طول دوره رشد و کاهش سطح برگ و فتوسنتز، طول دوره اسمیلاسیون و انتقال شیره پرورده در سه گونه گیاهی کاهش یافته و در نهایت موجب کاهش تجمع ماده خشک در سطوح مختلف شوری نسبت به تیمار شاهد شده است، به‌طوری‌که کمترین سرعت تجمع ماده خشک (۰/۱۷ گرم در بوته در ۹۰۰ درجه روز رشد) مربوط به سطح شوری۲۱ دسی زیمنس بر متر بود، در حالی که در همین درجه روز رشد، میزان تجمع ماده خشک در سطوح شاهد، ۹ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۰/۲۱، ۰/۲۶ و۰/۳۳ گرم در بوته بود (شکل۳). بین سه گونه مورد مطالعه گونه بارهنگ کبیر کمترین کاهش وزن خشک را دارا بود که علت آن می‌تواند بالاتر بودن سطح برگ این گونه و به تبع آن توانایی این گیاه در انجام فتوسنتز بیشتر و انتقال مواد به اندام‌های مختلف باشد. گونه پسیلیوم در مقایسه با اسفرزه سرعت افزایش وزن خشک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



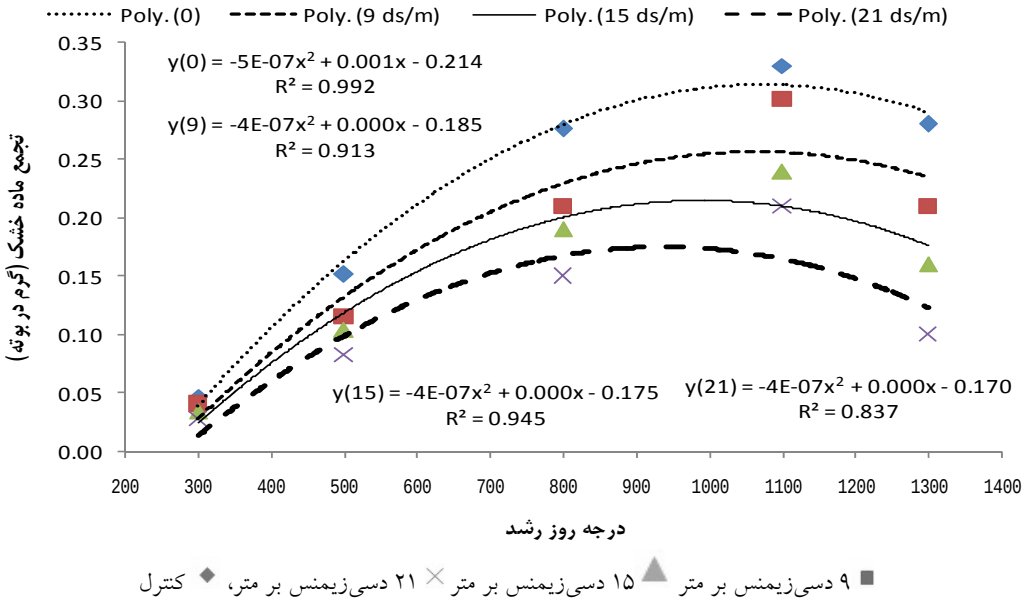
شکل ۱. روند تغییرات سطح برگ در سطوح مختلف شوری با استفاده از درجه حرارت روز رشد



شکل۲. روند تغییرات سطح برگ در گونه‌های مختلف بارهنگ با استفاده از درجه حرارت روز رشد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



شکل۳. تغییرات تجمع ماده خشک در سطوح مختلف شوری با استفاده از درجه حرارت روز رشد

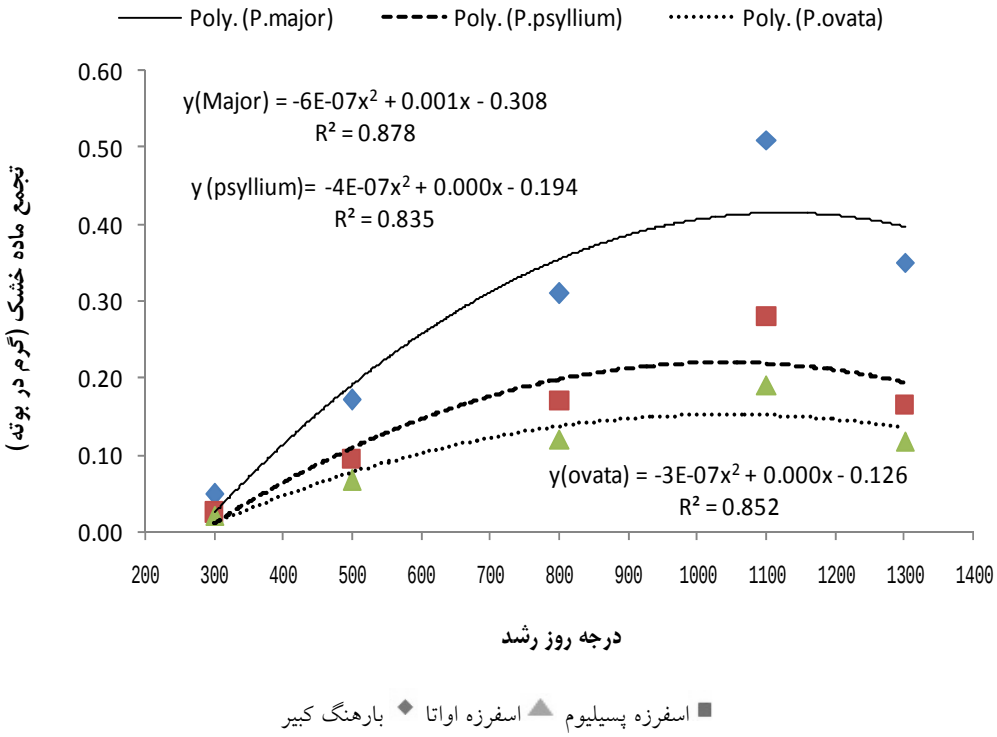
بیشتری داشت (شکل ۴). حداکثر تجمع ماده خشک در هر سه گونه مورد مطالعه مربوط به مراحل انتهایی دوره رشد گیاه بود و با توجه به این‌که در این سه گونه گیاهی ریزش برگ در اواخر دوره رشد کمتر دیده می‌شود، افت وزن خشک نیز کمتر مشاهده شد.

سرعت رشد محصول

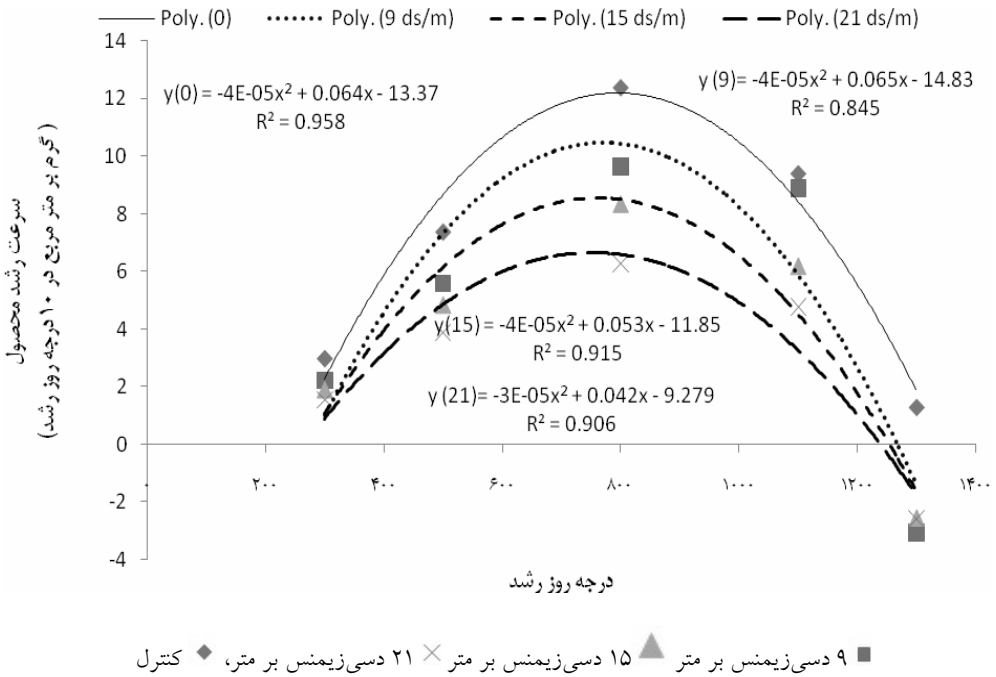
پارامتر سرعت رشد محصول یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاه همبستگی بالایی دارد و عبارت است از میزان ماده خشک تولید شده در واحد سطح زمین در واحد زمان و معمولاً برحسب گرم بر مترمربع در روز بیان می‌شود. حداکثر سرعت رشد محصول به دست آمده در زمان گل‌دهی مربوط به تیمار شاهد به مقدار۱۲ گرم بر مترمربع در ۱۰درجه روز رشد می‌باشد که با افزایش غلظت نمک به سطح شوری ۲۱ دسی زیمنس بر متر به ۸ گرم بر مترمربع در ۱۰درجه روز رشد کاهش یافت (شکل ۵). در تیمار شاهد افزایش سرعت رشد محصول که نشان‌دهنده افزایش ماده خشک گیاه است با سرعت بیشتری انجام شده که خود ناشی از حفظ سطح برگ و ادامه فتوسنتز است. با افزایش غلظت نمک در محیط رشد به دلیل خواص اسمزی شوری ممکن است گیاه با درجاتی از تنش کم آبی و در نتیجه کاهش سرعت رشد مواجه شده باشد (۱۵). تنش شدید شوری احتمالاً با کاهش محتوای نسبی آب برگ، کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و به دنبال آن کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز جاری در گیاه باعث می‌شود تجمع ماده خشک کاهش یافته، به‌طوری‌که کمترین میزان سرعت رشد محصول در سطح شوری ۲۱ دسی زیمنس بر متر دیده شد (شکل۵). کاهش سرعت رشد محصول به دنبال افزایش غلظت نمک در اثر پژمردگی برگ‌ها و هم‌چنین تأثیر سوء نمک در جهت تبدیل بافت‌های فعال متابولیکی به بافت‌های ساختمانی می‌باشد(۵، ۶). زمانی‌که سرعت رشد محصول به مرز صفر می‌رسد بدین معناست که وزن خشک کل گیاه ثابت شد و با منفی شدن سرعت رشد محصول وزن خشک گیاه به علت ریزش خفیف برگ‌ها کاهش یافته است و با افزایش غلظت نمک آثار سوء شوری سبب می‌شود گیاه جهت فرار از اثرات سوء شوری، دوره رشد خود را با دریافت درجه روز رشد کمتری به اتمام برساند و این کاهش طول دوره رشد باعث

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



شکل۴. تغییرات تجمع ماده خشک در گونه‌های مختلف بارهنگ با استفاده از درجه حرارت روز رشد



شکل۵. روند تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف شوری با استفاده از درجه حرارت روز رشد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

کاهش ماده خشک تولیدی گیاه و در نهایت عملکرد کمتر آن می‌شود. همان طور که در شکل۵ مشاهده می‌شود در تیمار شاهد گونه‌های مورد آزمایش با دریافت درجه روز رشد بیشتری طول دوره رشد خود را تکمیل کرده‌اند و در نتیجه ماده خشک بیشتری تولید شده است (شکل ۳ و۴) نتایج مشابهی مبنی بر کاهش سرعت رشد محصول در گندم (۱) و جو (۵) تحت شرایط تنش خشکی نیز گزارش شده است. در میان سه گونه مورد مطالعه گونه بارهنگ کبیر علی‌رغم وجود تنش شوری سرعت رشد محصول را نسبت به دو گونه دیگر در سطح بالاتری حفظ کرد (شکل۶) و حتی در زمانی که سرعت رشد محصول در گونه‌های پسیلیوم و اسفرزه به علت شوری روند کاهشی داشت، در گونه بارهنگ کبیر سرعت رشد محصول همچنان در حال افزایش بود و به مقدار۱۱گرم بر مترمربع ر ۱۰درجه روز رشد رسید (شکل ۶). این احتمالاً به علت توانایی بالای گونه بارهنگ کبیر در حفظ بافت فتوسنتزکننده می‌باشد که توانسته با مقاومت در برابر شوری و ادامه فتوسنتز همچنان بر وزن خشک خود بیفزاید(۱۷). در گونه بارهنگ کبیر روند افزایش تجمع ماده خشک که تا بسته شدن کامل کانوپی ادامه داشت در حدود ۹۰۰ درجه روز رشد و در دو گونه اسفرزه اواتا و پسیلیوم در حدود ۷۵۰ درجه روز رشد اتفاق افتاد. با توجه به این‌که زمان گل‌دهی هر سه گونه تقریباً در ۶۰۰ درجه روز رشد شروع شد، بیشتر بودن عملکرد دانه در گونه بارهنگ کبیر منطقی به نظر می‌رسد (جدول ۱).

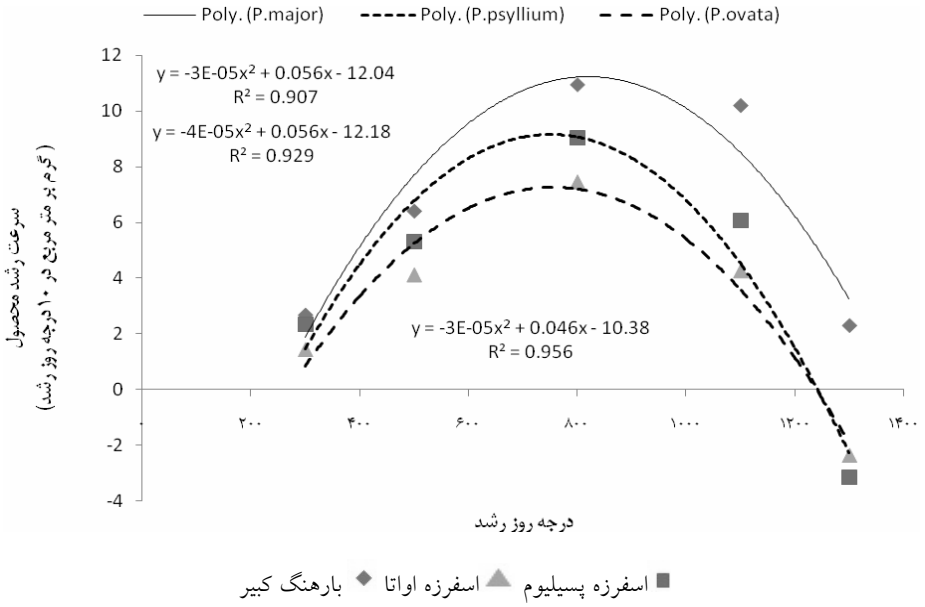
روند تغییر سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی، بیان‌کننده میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک اولیه در واحد زمان است و معمولاً بر حسب واحد گرم بر گرم در روز بیان می‌شود(۵). همان‌طورکه در شکل ۷ دیده می‌شود تغییرات سرعت رشد نسبی سه گونه بارهنگ در چهار سطح شوری بر مبنای درجه حرارت روز رشد در طول فصل رشد، به طور خطی کاهش یافت. شدت کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش درجه روز رشد دریافتی روند کاهشی داشت. این شیب کاهشی در تیمار شاهد کمترین و در تیمار۲۱ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین بود. بیشترین میزان سرعت رشد نسبی (۰/۰۷ گرم بر گرم در ۱۰ درجه روز رشد) در ۳۰۰ درجه روز رشد (۲۰ روز پیش از گل‌دهی) مشاهده شد و سپس در تیمار شاهد پس از یک افزایش اندک، روند نزولی با شیب تند در این شاخص مشاهده شد (شکل ۷). علت کاهش سرعت رشد نسبی به صورت خطی این است که اگر چه با گذشت زمان وزن خشک کل گیاه افزایش می‌یابد، ولی قسمت عمده این افزایش مربوط به بافت‌های بالغ و مسن بوده که فعالیت متابولیکی خود را از دست داده‌اند. لذا با گذشت زمان از بافت‌های فعال و جوان کاسته شده و به بافت‌های بالغ و مسن افزوده می‌شود و در نتیجه سرعت رشد نسبی که همان کارآیی واحد وزن گیاه می‌باشد کاهش می‌یابد (۲). با افزایش سطوح شوری، روند سرعت رشد نسبی با سرعت بیشتری کاهش یافت، تنش شوری از طریق افزایش بافت‌های غیرفعال ساختمانی نسبت به بافت‌های فعال مریستمی و پیری زودرس برگ‌ها باعث کاهش فتوسنتز گیاه شده و بدین ترتیب سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابد (۶، ۸ و ۱۱). طی شروع و افزایش تنش شوری فرآیندهای اصلی گیاه مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مجموع این عوامل باعث کاهش رشد و تولید ماده خشک در گیاه می‌شود (۸). نتایج مشابهی در رابطه با کاهش سرعت رشد نسبی با افزایش غلظت نمک در پسته (۱۰)، اسفرزه (۱۷) گزارش شده است.

بین سه گونه مورد مطالعه گونه بارهنگ کبیر با گذشت زمان کمترین کاهش سرعت رشد نسبی را داشت (شکل۸). گونه بارهنگ کبیر نسبت به دو گونه دیگر با حفظ سطح برگ خود و برتری در حفظ کارآیی بافت سبز و انجام فتوسنتز توانسته است سرعت رشد نسبی خود را حفظ نماید. روند کاهشی سرعت رشد نسبی در گونه اسفرزه اواتا نسبت به گونه پسیلیوم شدیدتر بود (شکل۸). میزان سرعت رشد نسبی در بیشترین میزان ۰/۰۶، ۰/۰۴۳، ۰/۰۴۱ گرم بر گرم در ۱۰ درجه روز رشد به ترتیب در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



شکل۶. روند تغییرات سرعت رشد محصول در گونه‌های مختلف بارهنگ با استفاده از درجه حرارت روز رشد

جدول۱. مقایسه میانگین آثار متقابل سطوح شوری و نوع گونه بر عملکرد دانه تک بوته (گرم)

گونه بارهنگ کبیر				گونه پسیلیوم				گونه اواتا			
سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)				سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)				سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر)			
شاهد	۹	۱۵	۲۱	شاهد	۹	۱۵	۲۱	شاهد	۹	۱۵	۲۱
۱۳/۷^{a}	۱۱^{abcd}	۷/۵^{bcd}	۴^{cd}	۵/۷^{bcd}	۴^{cd}	۱^{d}	۰^{d}	۱۲^{ab}	۹/۵^{ab}	۲/۷^{cd}	۰^{d}

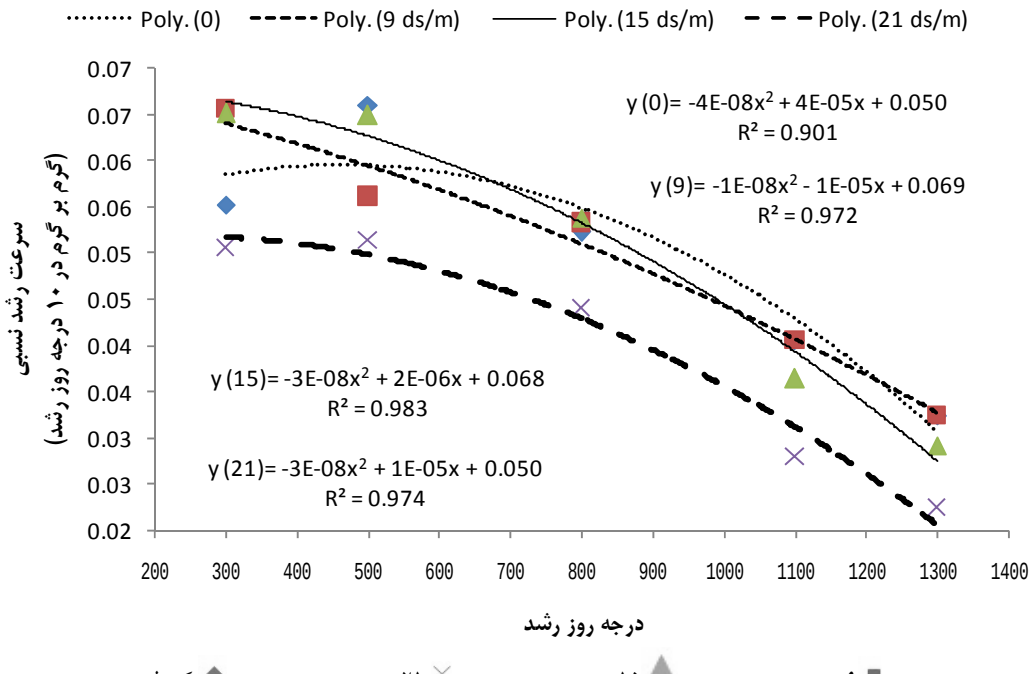
وجود یک حرف مشترک بین دو میانگین نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن آن دو میانگین براساس آزمون دانکن می‌باشد.

گونه بارهنگ کبیر، اسفرزه اواتا و پسیلیوم مشاهده شد(شکل۸). این موضوع نشان‌دهنده توان بالاتر گونه بارهنگ کبیر در حفظ سرعت رشد نسبی بالا در درجه روز رشد مشابه نسبت به دو گونه دیگر می‌باشد. به نظر می‌رسد این گونه با توجه به توان حفظ سطح برگ بالاتر و تولید ماده خشک بیشتر، پتانسیل بالاتری نسبت به دو گونه دیگر در حفظ تولید ماده خشک در شرایط شوری دارد. گونه پسیلیوم در مقایسه با اسفرزه اواتا سطح برگ و ماده خشک بیشتری به ازای دریافت درجه حرارت روز رشد یکسان تولید کرده و کارآیی بافت سبز آن تحت شرایط تنش شوری برتر از گونه اسفرزه بوده است.

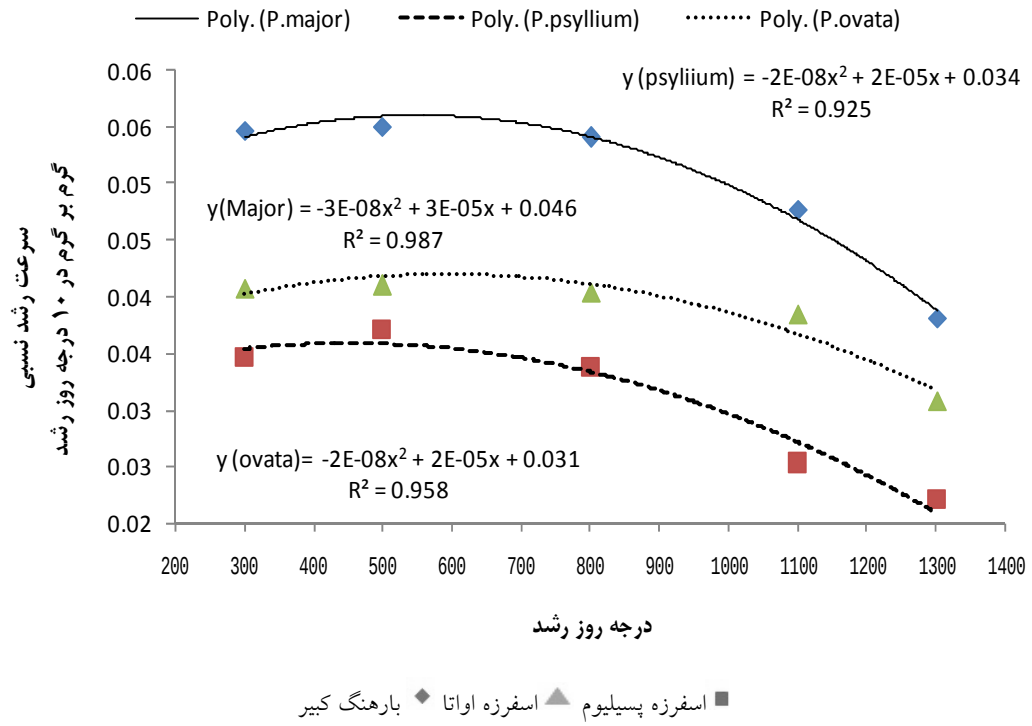
نسبت سطح برگ

نسبت سطح برگ شاخصی فیزیولوژیک از میزان برگ در گیاه است و چون این کمیت با اجزای بالقوه فتوسنتز و تنفس گیاه سرو کار دارد، معیاری از توازن هزینه‌ها میان دخل و خرج گیاه را نشان می‌دهد. در واقع هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، بیانگر سرمایه‌گذاری بیشتر گیاه در تولید برگ است (۱۱). نسبت سطح برگ در سطوح مختلف تنش شوری با یک افزایش در مراحل اولیه رشد (در درجه روز رشد کمتر از ۵۰۰) یعنی تا قبل از گل‌دهی روند نزولی پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که گیاه چه در مراحل تیمارهای شوری و چه در تیمار شاهد، پس از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



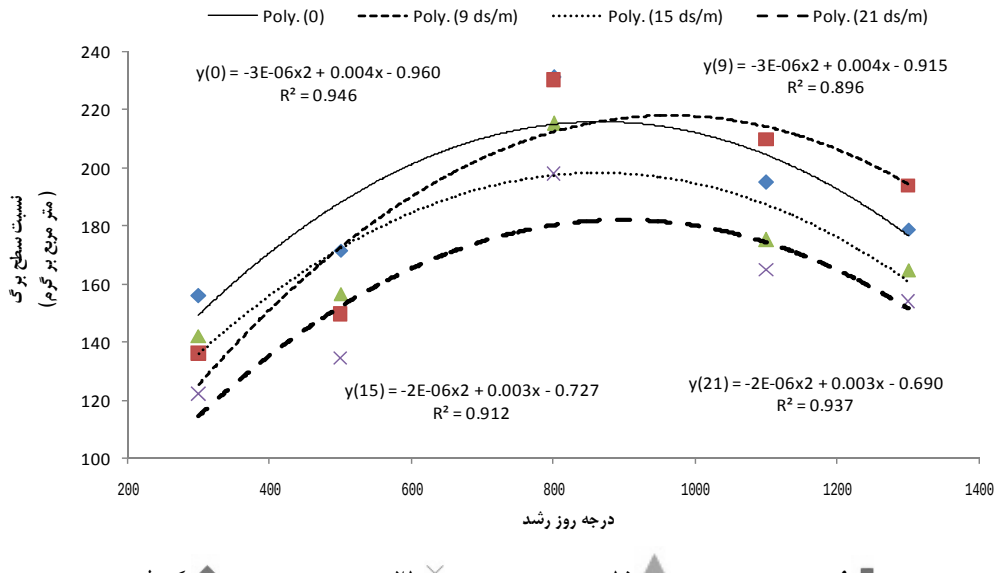
شکل۷. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف شوری با استفاده از درجه حرارت روز رشد



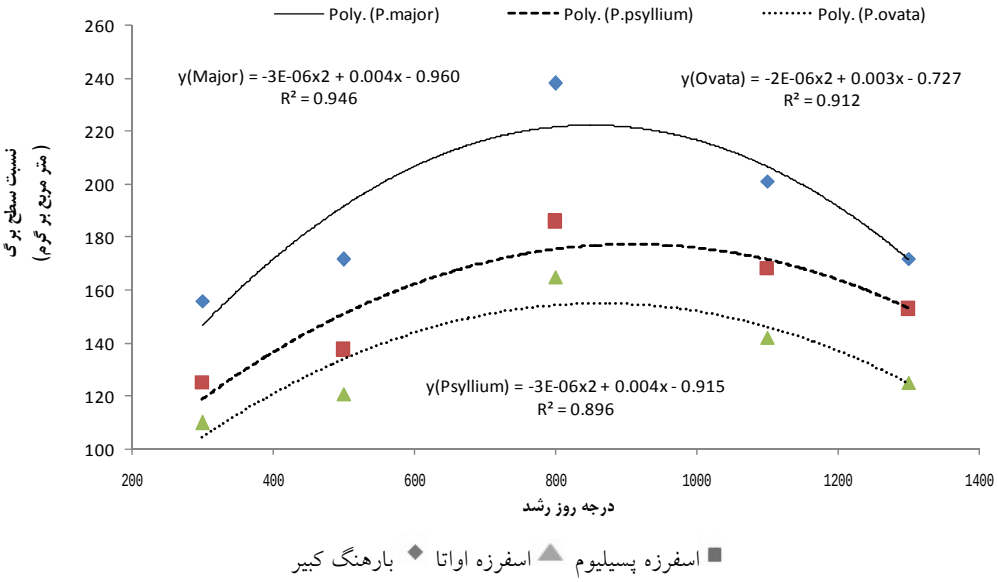
شکل۸. تغییرات سرعت رشد نسبی در گونه‌های مختلف بارهنگ با استفاده از درجه حرارت روز رشد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]



شکل۹. تغییرات نسبت سطح برگ در سطوح مختلف شوری با استفاده از درجه حرارت روز رشد



شکل۱۰. تغییرات نسبت سطح برگ در گونه‌های مختلف بارهنگ با استفاده از درجه حرارت روز رشد

۵۰۰ درجه روز رشد، تخصیص ماده خشک جهت تولید برگ جدید کاهش داده و سرمایه‌گذاری خود را صرف تولید ساقه گل‌دهنده و پر کردن دانه نموده است (شکل ۹). این شرایط در بین سه گونه مورد مطالعه تا حدودی متفاوت بود، به گونه‌ای که گونه بارهنگ کبیر ماده خشک بیشتری را به توسعه سطح برگ خود تخصیص داد که این تأثیر در بالاتر بودن سرعت رشد محصول، سطح برگ و سرعت رشد نسبی نیز مشاهده شد (شکل ۱۰).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تفاوت عملکرد دانه بین نوع گونه و سطوح شوری و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان عملکرد بذر در تیمار شاهد و کمترین آن در سطح شوری ۲۱ دسی زیمنس بر متر وجود داشت (جدول۱). در میان سه گونه مورد مطالعه بیشترین عملکرد بذر مربوط به گونه بارهنگ کبیر و در تیمار شاهد (۱۳/۷ گرم در بوته) و کمترین آن در گونه پسیلیوم و اواتا بدون تشکیل دانه در تیمار ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول۱). علت اصلی بالاتر بودن عملکرد بذر گونه بارهنگ کبیر، صرفنظر از پتانسیل بالاتر تولید دانه این گونه، طول دوره رشد بالاتر این گونه نسبت به دو گونه دیگر می‌باشد، هم‌چنین درصد کاهش تولید دانه در گونه بارهنگ کبیر در شرایط شوری نیز از دو گونه دیگر کمتر است، دلیل آنرا می‌توان در تأثیرپذیری کمتر شاخص‌های رشد این‌گونه به تنش شوری در مقایسه با دو گونه دیگر جستجو کرد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی با افزایش غلظت نمک در محیط سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد. در میان سه گونه مورد مطالعه، گونه بارهنگ کبیر در درجه‌های بالاتر شوری، از لحاظ سرعت رشد، تجمع ماده خشک و تولید عملکرد نسبت به دو گونه دیگر برتری نشان داد و هم‌چنین به علت طولانی‌تر بودن طول دوره رشد (دریافت درجه روز رشد بیشتر جهت تکمیل مراحل فنولوژیک) حتی در شرایط تنش، به نظر می‌رسد کشت آن در شرایط شور به عملکرد بیشتری نسبت به دو گونه دیگر منتج می‌شود. البته این در شرایطی است که طول دوره کشت اجازه دسترسی به بیش از ۱۴۰۰ درجه روز رشد را به این گونه بدهد، در غیر این صورت کشت گونه اسفرزه اواتا با طول دوره رشد کوتاه‌تر (۱۲۰۰ درجه روز رشد) منطقی‌تر به نظر می‌رسد. با توجه به بالاتر بودن درصد موسیلاژ بذر در گونه اسفرزه اواتا نسبت به دو گونه دیگر (۱۷) و از طرف دیگر بالاتر بودن عملکرد بذر در گونه بارهنگ کبیر نسبت به دو گونه دیگر، باید جهت انتخاب نوع گونه، با توجه به طول دوره رشد در دسترس، تناوب زراعی و اقلیم خاص هر منطقه، گونه مناسب انتخاب شود، هر چند در مجموع گونه پسیلیوم چندان مناسب کشت به نظر نمی‌رسد. هم‌چنین پایداری عملکرد گونه اسفرزه اواتا در شرایط تنش شوری از گونه پسیلیوم بهتر بود. البته برای توصیه قطعی، انجام این آزمایش در محیط مزرعه و در مناطق مختلف توصیه می‌شود. با توجه به عکس‌العمل متفاوت این سه گونه به سطوح مختلف شوری در شرایط کشت بدون خاک، انجام آزمایش‌های بیشتر جهت بررسی شاخص‌های رشد این سه گونه در شرایط مزرعه و خاک شور ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, A., M. Saeidi and A. A. Zali. 2006. Drought Resistance and its relation with yield, leaf area and crop growth rate during reproductive stage in bread wheat genotypes with different breeding background. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource*s 12: 81-90. (In Farsi).
2. Ahmadi, A. and A. Ciosemarde. 2001. Crop Physiology. Tehran University Press., P. 386. (In Farsi).
3. Clark, J. M. 1978. The effect of leaf removal on yield and components of Brassica napus. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 1103-1105.
4. Ashraf, M. and A. Orooj. 2006. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachysper mumammi* L). *Journal of Arid Environments* 64: 209-220.
5. Cramer, G. R., E. Epestein and A. Lauchii. 2001. Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. *Physiologia Plantarum* 80: 83-87
6. Dadkhah, A. and H. Griffith. 2006. The study of growth traits of five sugar beet cultivars under tow levels of salt stress. *Journal of Agriculture Science* 12: 98-108.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]

7. Eslami, V. 1995. Effect of climate parameters on dry matter accumulation, yield and stem length growth of wheat. MSc. Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Farsi).
8. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Annuls Reviews in Plant Physiology* 31: 149–190.
9. Hajlaoui, H., N. El Ayeb, J. P. Garrec and M. Denden. 2010. Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (*Zea mays* L.) varieties. *Industrial Crop Production* 31(1): 122-130.
10. Hokmabadi, H., K. Arzani and A. P. Grierson. 2005. Effects of salinity stress on growth performance and Carbon Isotope discrimination in three Pistachio rootstock. 2005. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 12: 44-53. (In Farsi)
11. Karimi, M. M. and K. H. M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research* 42:13-20.
12. Kumar, V., V. Shiram, N., Jawali and M. G. Shitole. 2007. Differential response of indicia rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. *Archives of Agronomy and Soil Science* 53: 581-592.
13. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annuls Reviews in Plant Biology* 59: 651-681.
14. Nadjafi, F. and P. Rezvani-Moghaddam. 2003. Determination the base temperature and study germination response of Isabgol (*Plantago ovata*) to different temperatures. *Pajohesh & Sazandegi* 60: 53-55. (In Farsi).
15. Netondo, G. W., J. C. Onyango and E. Beck. 2004. Sorghum and salinity: II. Gas exchane and chlorophyll fluorescence of Sorghum under salt stress. *Crop Science* 44: 806-811.
16. Parida, A. K. and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 324-349.
17. Rahimi, A., H. R. Rahimian Mashhadi, M. Pouryosef and H. R. Roosta. Using Growth Degree Days to determinate phonological stages and dry matter accumulation trends in Isabgol and French psyllium. *Electronic Journal of Crop Production* 2: 57-74. (In Farsi).
18. Safarnejad, A. and H. Hamidi. 2008. Study of morphological characters of Foeniculim vulgare under salt stress. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 16:125-140.
19. Sarmadnia, G. and A. Kochaki. 1996. Crop physiology. Iranian Academic Center, Culture and Research(ACECR), Mashhad.
20. Toliat Abolhasani, M. 1996. Evaluation of density and planting pattern on quality and agronomic traits of winter Rapeseed in Mashhad rigion. MSc Thesis., Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
21. Tawfik, A. and A. Noga. 2001. Priming of Cumin seeds and its effects of germination, emergence and storability. *Journal of Applied Botany* 75: 216-220.
22. Zhu J.K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6: 66–71.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.3.9]