Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۵۷۴-۵۵۹

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 559-574

اثر تنش خشکی بر شاخصه‌های رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) در تراکم‌های کاشت متفاوت

شیوا اکبری[۱]، محمد کافی[۲*] و شهرام رضوان بیدختی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۵ /۱۳۹۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۹

اکبری، ش.، کافی، م.، و رضوان بیدختی، ش. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی بر شاخصه‌های رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) در تراکم‌های کاشت متفاوت. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۲): ۵۷۴-۵۵۹.

چکیده

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد محصولات می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و تراکم کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در جنوب‌شرقی شهرستان سمنان در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. سه سطح تنش خشکی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی)، به عنوان عامل اصلی و ترکیب سطوح فاکتوریل شامل تراکم در سه سطح (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) و اکوتیپ در دو سطح طرود و طبس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر سرعت رشد محصول و حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با ۵/۵۳۷، ۳۸۷/۵۳ گرم در مترمربع، ۱۰/۴۷ گرم بر مترمربع در روز و ۴/۹۲ گرم بر مترمربع برگ در روز بود که این مقادیر با اعمال تنش خشکی در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب به‌طور معنی‌داری به مقادیر ۳/۷۴۵، ۲۶۲/۶۰ گرم در مترمربع، ۶/۳۱ گرم بر مترمربع در روز و ۳/۷۱ گرم بر مترمربع برگ در روز کاهش یافت. حداکثر سرعت رشد محصول در اکوتیپ طرود بیشتر از اکوتیپ طبس بود اما تعداد برگ و حداکثر تجمع ماده خشک در اکوتیپ طبس بالاتر بود. با اعمال و تشدید تنش خشکی، ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما اعمال و تشدید تنش، در ارتفاع اکوتیپ طبس تأثیر معنی‌داری نداشت. حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طبس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این ویژگی مشاهده شد. اثر تراکم کاشت بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار بود. بیشترین مقدار حداکثر شاخص سطح برگ (۵/۰۱۷) و حداکثر تجمع ماده خشک (۳۵۸/۵۷ گرم در مترمربع) از تراکم ۵۰ بوته در مترمربع حاصل گردید. اعمال تنش خشکی، حتی در سطح خفیف‌تر آن و در مقدار آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی، سبب کاهش بخشی از ویژگی‌های رشدی مورد ارزیابی گیاه سیر گردید و در مجموع ویژگی‌های رشدی دو اکوتیپ در شرایط تنش بر دیگری برتری چشمگیری نداشت. تراکم کاشت بالاتر به سبب حضور سطح فعال فتوسنتز کننده بیشتر در واحد سطح، سبب افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ماده خشک، نیاز آبی

مقدمه

گیاهان ممکن است در معرض تنش‌های گوناگونی قرار گیرند و در این میان، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد محصولات در اکثر نقاط جهان و ایران می‌باشد (Akbari et al., 2016). تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای تفسیر واکنش‌های

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان
(*- نویسنده مسئول: Email: m.kafi@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.62141

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه نسبت به شرایط محیطی می‌باشد که از این طریق می‌توان با اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده، چگونگی انتقال و انباشت مواد فتوسنتزی را در اندام‌های مختلف گیاه به‌دست آورد. کاهش کمی رشد ناشی از تنش می‌تواند به علت کاهش توسعه سلول ناشی از کاهش فشار تورژسانس و تقسیم سلولی و کاهش فتوسنتز ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد (Kafi et al., 2010). با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و از این رو، می‌توان اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاه را از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (Babaee et al., 2010). گزارش شده است که کاهش سطح برگ، رشد رویشی و سرعت رشد نسبی گیاه تحت شرایط تنش خشکی، به علت کاهش تقسیم و توسعه سلولی بوده است (Pattangul & Madore, 1999). همچنین، تنش خشکی از طریق افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز سبب کاهش سرعت رشد محصول می‌گردد (Goldani & Rezvani Moghadam, 2007; Jamali, 2013). در اثر تنش خشکی، از ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و غده گیاه پیاز (*Allium cepa* L.) کاسته شد (Samvati, 2014). پارامترهای رشد اعم از شاخص سطح برگ، تجمع مواد خشک در گیاه سویا (*Glycine max* L.) نیز نسبت به تنش آبی حاصل از کاهش آبیاری حساس بوده‌اند (Karam et al., 2005). کمبود آب علاوه بر کاهش توسعه برگ، از طریق ریزش و مرگ برگ‌ها در مراحل مختلف رشد بر شاخص سطح برگ اثرگذار است. نتایج حاصل از مطالعات دیگر نیز، حساس بودن برگ به کاهش رطوبت را در گیاهان مختلف نشان داده است که حاکی از کاهش تعداد برگ تحت این شرایط می‌باشد (Hayatu et al., 2014; Hamim et al., 2016). تنش خشکی همچنین سبب کاهش وزن غده‌ها و زیست توده کل گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شد (Saravia et al., 2016).

در زراعت تک‌کشتی تعیین تراکم مطلوب یکی از عوامل موفقیت در رشد و تولید گیاه می‌باشد. اگر میزان تراکم بوته بیش از حدِ بهینه باشد عوامل محیطی موجود از جمله رطوبت، نور و مواد غذایی در حد مطلوب در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد و چنانچه تراکم بوته کمتر از حد مطلوب باشد از امکانات محیطی موجود به نحو بهینه استفاده نمی‌شود که خود باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Amirmoradi & Rezvani Moghaddam, 2011). تراکم بالاتر از حد مطلوب می‌تواند اثرات نامطلوبی بر گیاه داشته باشد زیرا باعث سایه‌اندازی روی گیاهان مجاور می‌شود. در این شرایط نور کمتری در اختیار گیاه قرار گرفته و برگ‌ها کوچک‌تر شده و این موضوع سبب کاهش فتوسنتز، رشد و کیفیت محصول می‌شود (Moravcevic et al., 2011).

سیر با نام علمی *Allium sativum* L. گیاهی ست که قرن‌ها اهمیت ویژه‌ای از لحاظ غذایی و دارویی در زندگی انسان‌ها دارا بوده است و بر اساس خصوصیات و اثرات متفاوت آن، به عنوان یک ماده غذایی بازدارنده از بیماری‌ها در نظر گرفته می‌شود. از جمله اثرات درمانی آن می‌توان به ضدانعقاد و ضدفشار خون، ضدمیکروبی، پایین‌آورنده قند خون، خلط‌آور، ضداسپاسم و خواص آنتی‌اکسیدانی آن اشاره کرد (Bozin et al., 2008; Johnson et al., 2016). گزارش شده است که سیر در مراحل میانی و نهایی رشد به کمبود آب حساس است (Hanson et al., 2003).

با توجه به اهمیت بررسی تنش خشکی در بخش کشاورزی و اهمیت کشت گیاهان دارویی، انجام پژوهش در رابطه با مطالعه اثرات این تنش بر ویژگی‌های رشدی این گیاهان الزامی به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به تحقیقات کمی که در رابطه با گیاه دارویی سیر انجام پذیرفته است، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر تنش خشکی بر مؤلفه‌های رشدی دو اکوتیپ از این گیاه در تراکم‌های کاشت مختلف و تعیین اکوتیپ برتر از نقطه نظر این صفات و تشخیص تراکم مطلوب اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در جنوب شرقی شهرستان سمنان، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ارتفاع ۱۱۲۷ متری از سطح دریا و در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. جهت آماده‌سازی زمین ابتدا زمین را شخم زده و برای خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح از دیسک استفاده شد و سپس توسط شیارساز پشته‌هایی با فواصل ۳۵ سانتی‌متر ایجاد شد. قبل از کشت، به مقدار یک تن کود دامی (۱۰ تن در هکتار) به خاک افزوده شد. کشت در ۲۸ آبان ۱۳۹۰ به صورت دستی و بر اساس تراکم‌های مورد نظر انجام گردید. هر کرت فرعی دارای مساحتی برابر با ۹ (۳×۳) متر مربع بود. بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک، بافت خاک مزرعه لوم شنی، هدایت الکتریکی ۱/۴۶ دسی‌زمنیس بر متر و pH آن حدود ۷/۶ بود. در ابتدا و در حین مرحله تشکیل سوخ‌ها، هر بار در طی سه

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله همراه با آبیاری، کود ارگانیک اسید هیومیک و اسید فلوویک به مقدار کلی ۱ در ۲۰۰ لیتر تهیه و در هر مرحله میزان ۳/۷ لیتر از این محلول برای تمامی کرت‌های فرعی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه سطح تنش خشکی براساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیر در شرایط اقلیمی سمنان، به عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل از تراکم در سه سطح (۴۰،۳۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و اکوتیپ در دو سطح طرود و طبس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. دو اکوتیپ مورد بررسی از لحاظ خصوصیات ظاهری با یکدیگر متفاوت بودند. اکوتیپ طبس دارای سیرچه‌هایی با پوششی سفید رنگ و ضخیم‌تر بوده و اکوتیپ طرود دارای سیرچه‌هایی با پوششی صورتی رنگ و نازک‌تر بود. برای محاسبه نیاز آبی سیر، از پارامترهای هواشناسی روزانه ثبت شده ایستگاه سینوپتیک سمنان استفاده گردید و نیاز آبی بر پایه دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان و برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از معادله پنمن- مونتیث فائو- ۵۶ استفاده شد (Allen et al., 1998).

جدول ۱- برخی از مؤلفه‌های مهم اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهرستان سمنان

Table 1- Some important climate parameters of Semnan's synoptic station

مؤلفه‌های اقلیمی Climate parameters	میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) Mean of wind speed ($m.s^{-1}$)	متوسط درصد رطوبت نسبی (٪) Mean percentage of relative humidity (%)	مجموع ساعت آفتابی (ساعت) Total hours of sunshine (h)	بارندگی (میلی-متر) Precipitation (mm)	متوسط دما (C°) Mean of temperature (°C)
دوره بلند مدت آماری Long-term period	2.1	41	3043.3	144.4	18.5
سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ Crop year 2009-2010	2.2	43	3044.6	120.4	19.3
سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ Crop year 2010-2011	2.1	39	3114.7	110.9	19.2
سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ Crop year 2011-2012	2.24	43	3101.3	183.2	17.4

حجم‌های آبیاری لازم برای سطوح مختلف نیاز آبی توسط اندازه‌گیری دقیق به‌وسیله کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب اعمال شد. در طی فصل رشد، مبارزه با علف‌های هرز در زمان‌های مورد نیاز به صورت دستی انجام پذیرفت.

در اواخر دی، نمونه‌برداری‌های مربوط به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن تر و خشک برگ و وزن تر و خشک غده به روش تخریبی و به صورت یک هفته در میان تا اواسط خرداد، مجموعا شامل هشت نمونه‌برداری، انجام شد. برای این منظور در هر نوبت سه بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب گردید. در اواخر اردیبهشت ماه، ارتفاع و تعداد برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (Delta-T) انجام شد. در هر نمونه‌برداری، گیاه پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شد. برای برآورد شاخص‌های رشد از مقادیر وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی و همچنین سطح برگ به‌دست آمده در واحد سطح برای هر تیمار در هر نمونه‌برداری استفاده شد. برای تعیین تغییرات ماده خشک کل[1] (TDM)، سرعت رشد محصول[2] (CGR)، سرعت رشد نسبی[3] (RGR)، شاخص سطح برگ[4] (LAI) و سرعت اسیمیلاسیون خالص[5] (NAR) از روابط ارائه شده توسط احمدزاده قویدل و همکاران (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016) و برنامه اسلاید رایت[6] استفاده گردید.

$$TDM = \frac{a}{(1 + b * e^{-ct})} \quad (۱)$$

$$CGR = \frac{dTDM}{dt} = \frac{a * b * c * e^{-ct}}{(1 + b * e^{-ct})^2} \quad (۲)$$

$$RGR = \frac{d^2TDM}{dt^2} = \frac{b * c * e^{-ct}}{1 + b * e^{-ct}} \quad (۳)$$

1- Total dry matter
2- Crop growth rate
3- Relative growth rate
4- Leaf area index
5- Net assimilation rate
6- Slidewrite

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رشد، تعداد برگ و ارتفاع بوته دو اکوتیپ سیر تحت سطوح مختلف تنش خشکی و تراکم کاشت

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of growth characteristics, number of leaves and plant height of two garlic ecotypes under different levels of drought stress in three planting densities

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص NAR_{max}	حداکثر سرعت رشد نسبی RGR_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max}	حداکثر تجمع ماده خشک TDM_{max}	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	تعداد برگ Leaves number	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.59^{ns}	0.0007^{ns}	20.19^{ns}	8965.4^{ns}	4.877^{ns}	9.12^{ns}	61.72^{ns}
تنش خشکی Drought stress (D_s)	2	22.82^{*}	0.0013^{ns}	82.22^{*}	97709.6^{*}	19.498^{**}	1.95^{ns}	167.56^{ns}
خطای اصلی Error a	4	1.54	0.0003	6.71	9015.3	0.902	1.52	58.58
اکوتیپ Ecotype (E)	1	0.04^{ns}	0.0426^{***}	69.07^{**}	17940.1^{*}	0.377^{ns}	17.42^{***}	189.53^{**}
تراکم کاشت Density (D)	2	11.72^{**}	0.0003^{ns}	17.54^{ns}	45429.9^{***}	6.599^{*}	1.30^{ns}	1.09^{ns}
اکوتیپ×تراکم کاشت (E) × (D)	2	0.79^{ns}	0.0002^{ns}	0.93^{ns}	1838.8^{ns}	0.347^{ns}	0.04^{ns}	67.11^{*}
تنش خشکی×تراکم کاشت (D_s) × (D)	4	1.87^{ns}	0.0028^{*}	13.73^{ns}	3046.3^{ns}	1.659^{ns}	0.49^{ns}	9.56^{ns}
تنش خشکی×اکوتیپ (D_s) × (E)	2	1.27^{ns}	0.0047^{*}	3.34^{ns}	7596.7^{ns}	0.110^{ns}	0.16^{ns}	61.53^{*}
تنش خشکی×اکوتیپ×تراکم کاشت (D_s) × (E) × (D)	4	2.78^{ns}	0.0002^{ns}	1.94^{ns}	1894.8^{ns}	1.073^{ns}	0.43^{ns}	21.46^{ns}
خطای فرعی Error b	30	1.62	0.0010	7.96	3994.9	1.341	0.97	18.13

*، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در (P≤ ۰/۰۵)، (P≤ ۰/۰۱) و (P≤ ۰/۰۰۱). ns = معنی‌دار نبودن

*, ** and *** significant at P≤0.05, P≤0.01 and P≤0.001, respectively. ns = non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده و تعداد برگ در دو اکوتیپ سیر

Table 3- Mean comparison of growth characteristics and number of leaves of two garlic ecotypes

اکوتیپ Ecotype	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) CGR_{max} ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM_{max} ($g.m^{-2}$)	تعداد برگ (عدد) Leaves number (No.)
طبس Tabas	$6.975\pm0.489^{b*}$	320.73 ± 18.51^{a}	9.68 ± 0.1645^{a}
طرود Toroud	9.237 ± 0.763^{a}	284.28 ± 19.18^{b}	8.54 ± 0.2530^{b}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test (P ≤ 0.05).

$$LAI = a + \frac{b * 4 * e^{-(t-c)/d}}{(1 + e^{-(t-c)/d})^2} \quad (۴)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (۵)$$

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS نسخه ۹/۱ و MSTATC تجزیه شدند. برای مقایسات میانگین از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[1] در سطح پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از برنامه اسلاید رایت رسم گردیدند.

نتایج و بحث

ارتفاع و تعداد برگ: بین دو اکوتیپ از نظر تعداد برگ تفاوت

1- Least significant difference (LSD)

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). اکوتیپ طرود با آبیاری ۱۰۰درصد نیاز آبی، بیشترین و اکوتیپ طبس در تنش ۶۰ درصد نیاز آبی، کم‌ترین ارتفاع بوته را دارا بود (جدول ۴). ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود و در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۴۵/۱۵ سانتیمتر) در اثر اعمال و تشدید تنش به ترتیب به مقادیر ۳۶/۲۲ و ۳۷/۳۰ سانتی‌متر تنزل یافت، اما اعمال تنش خشکی و تشدید تنش، در ارتفاع اکوتیپ طبس تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ بر حداکثر سرعت رشد نسبی و ارتفاع بوته گیاه سیر

Table 4- Mean comparison of interaction effect between drought stress and ecotype on maximum relative growth rate and height

تنش خشکی× اکوتیپ Ecotype × drought stress	حداکثر سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) RGR_{Max} ($g.g^{-1}.day^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)
۱۰۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas ×[1] ETc 100%	0.0917±0.0060^{bc*}	37.26±1.0701^{b}
۱۰۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 100%	0.1184±0.0113^{b}	45.15±2.5021^{a}
۸۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas × ETc 80%	0.0682±0.0073^{c}	35.44±1.3472^{b}
۸۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 80%	0.1191±0.0084^{b}	36.22±1.8891^{b}
۶۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas × ETc 60%	0.0645±0.0101^{c}	34.72±1.1294^{b}
۶۰٪ نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 60%	0.1554±0.0159^{a}	37.30±1.4417^{b}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

1- Crop evapotranspiration (ETc)

جدول۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ و تراکم کاشت بر ارتفاع بوته گیاه سیر

Table 5- Mean comparison of interaction effect between ecotype and planting density on garlic of plant height

اکوتیپ×تراکم کاشت Ecotype×planting density	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
اکوتیپ طبس×۳۰ بوته در متر مربع Tabas×30 plant.m^{-2}	33.74±1.287^{c*}
اکوتیپ طبس×۴۰ بوته در متر مربع Tabas×40 plant.m^{-2}	36.57±0.744^{bc}
اکوتیپ طبس× ۵۰ بوته در متر مربع Tabas×50 plant.m^{-2}	37.11±1.278^{bc}
اکوتیپ طرود×۳۰ بوته در متر مربع Toroud×30 plant.m^{-2}	41.94±2.353^{a}
اکوتیپ طرود× ۴۰ بوته در متر مربع Toroud×40plant.m^{-2}	38.22±2.692^{ab}
اکوتیپ طرود×۵۰ بوته در متر مربع Toroud×50 plant.m^{-2}	38.50±1.996^{ab}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

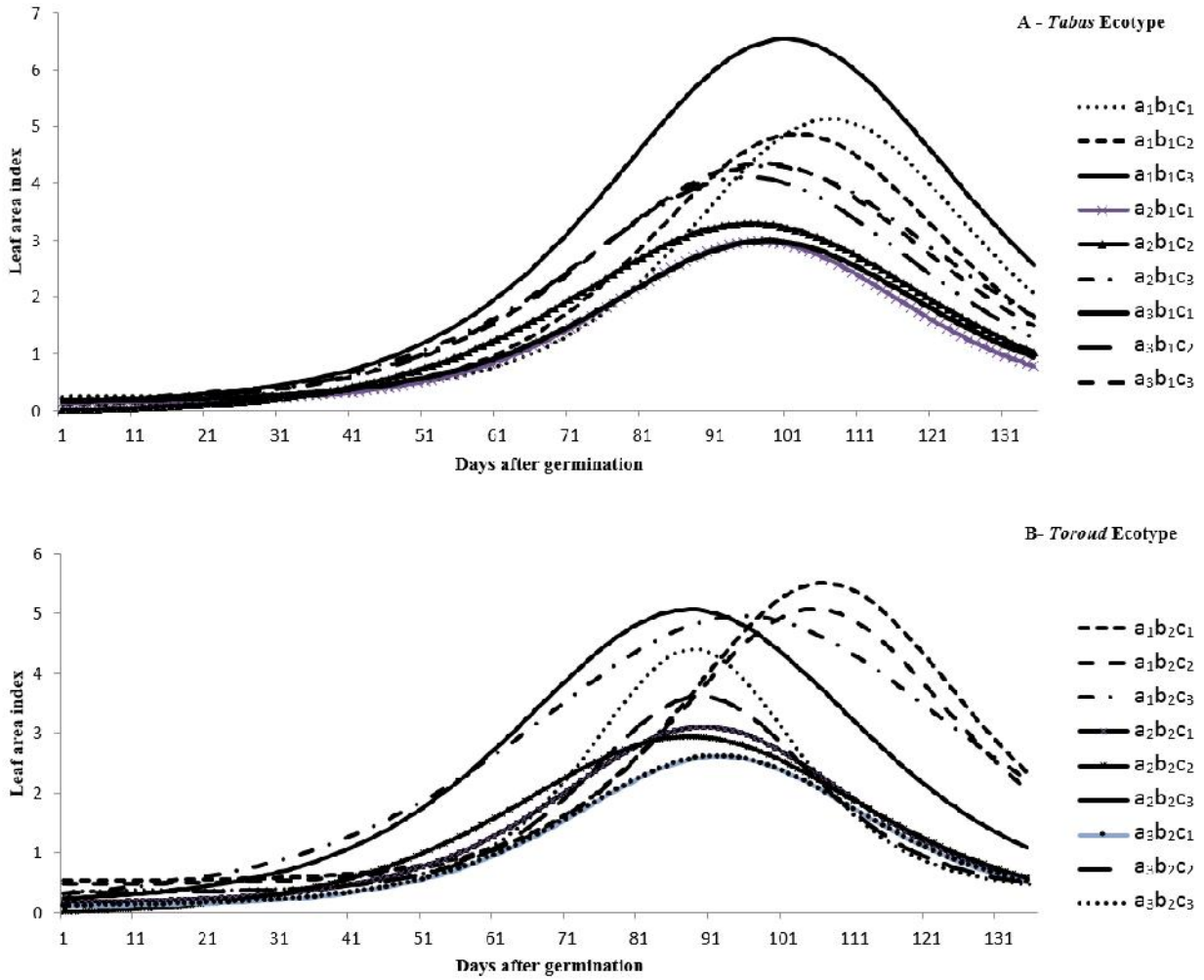
1- Crop evapotranspiration

www.SID.ir

Archive of SID

چنین به نظر می‌رسد که ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود، نسبت به اعمال تنش خشکی حساس‌تر و آسیب پذیرتر بوده است. در ارتفاع بوته هر یک از دو اکوتیپ، با افزایش تراکم، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و ارتفاع دو اکوتیپ تنها در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع با یکدیگر متفاوت بود بدین صورت که کمترین ارتفاع (۳۳/۷۴ سانتی‌متر)، از اکوتیپ طبس در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع و بیشترین ارتفاع (۴۱/۹۴ سانتی‌متر) از اکوتیپ طرود در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول ۵).

شاخص سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ در اکوتیپ‌ها، تراکم‌ها و سطوح آبیاری متفاوت، مشابه بود (شکل۱). شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد گیاه به‌علت کامل نبودن پوشش گیاهی و کوچک بودن برگ‌ها، کم بود ولی به‌تدریج با رشد و افزایش برگ‌ها، شاخص سطح برگ افزایش یافت تا به حداکثر خود رسید و حداکثر شاخص سطح برگ در بازه زمانی ۸۸ – ۱۱۰ روز پس از سبز شدن حاصل شد و سپس تا انتهای فصل رشد در تمامی تیمارهای آزمایش به‌علت زرد شدن و پیری و ریزش برگ‌ها و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی روندی کاهشی در شاخص سطح برگ مشاهده شد (شکل۱).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 1- Trend of changes in leaf area index of two garlic ecotypes under different irrigation levels with three planting densities

a_1: ۱۰۰ ٪ نیاز آبی، a_2: ۸۰ ٪ نیاز آبی، a_3: ۶۰ ٪ نیاز آبی؛ b_1: اکوتیپ طبس، b_2: اکوتیپ طرود، c_1: ۳۰ بوته در مترمربع، c_2: ۴۰ بوته در مترمربع و c_3: ۵۰ بوته در مترمربع.

a_1: 100% ETc, a_2: 80% ETc, a_3: 60% ETc, b_1: Tabas, b_2: Toroud, c_1: 30 plants.m^{-2}, c_2: 40 plants.m^{-2}, c_3: 50 plants.m^{-2}.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقایسات میانگین برخی شاخصه‌های رشد سیر در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 6- Mean comparisons for the growth characteristics of garlic in different levels of drought stresses

تنش خشکی Drought stress	حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص (گرم بر مترمربع برگ در روز) NAR_{max} ($g.m^{-2}leaf.\ day^{-1}$)	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) CGR_{max} ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM_{max} ($g.m^{-2}$)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}
۱۰۰٪ نیاز آبی ET_C 100%	4.92±0.401[a]	10.47±0.0914[a*]	387.53±20.45[a]	5.537±0.266[a]
۸۰٪ نیاز آبی ET_C 80%	3.71±0.334[b]	6.31±0.464[b]	262.60±20.37[b]	3.745±0.305[b]
۶۰٪ نیاز آبی ET_C 60%	2.66±0.248[b]	7.53±0.723[b]	257.39±14.72[b]	3.724±0.308[b]

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD range test ($P \leq 0.05$).

جدول ۷- مقایسات میانگین برخی شاخصه‌های رشد سیر در تراکم‌های کاشت متفاوت

Table 7- Mean comparisons for the growth characteristics in different planting densities

تراکم کاشت Plant density ($plants.m^{-2}$)	حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص (گرم بر متر مربع برگ در روز) NAR_{max} ($g.m^{-2}leaf.\ day^{-1}$)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM_{max} ($g.m^{-2}$)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}
30	4.61 ± 0.429[a*]	261.57 ± 22.93[b]	3.861 ± 0.380[b]
40	3.01 ± 0.223[b]	287.37 ± 16.69[b]	4.128 ± 0.304[b]
50	3.67 ± 0.416[b]	358.57 ± 24.22[a]	5.017 ± 0.326[a]

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

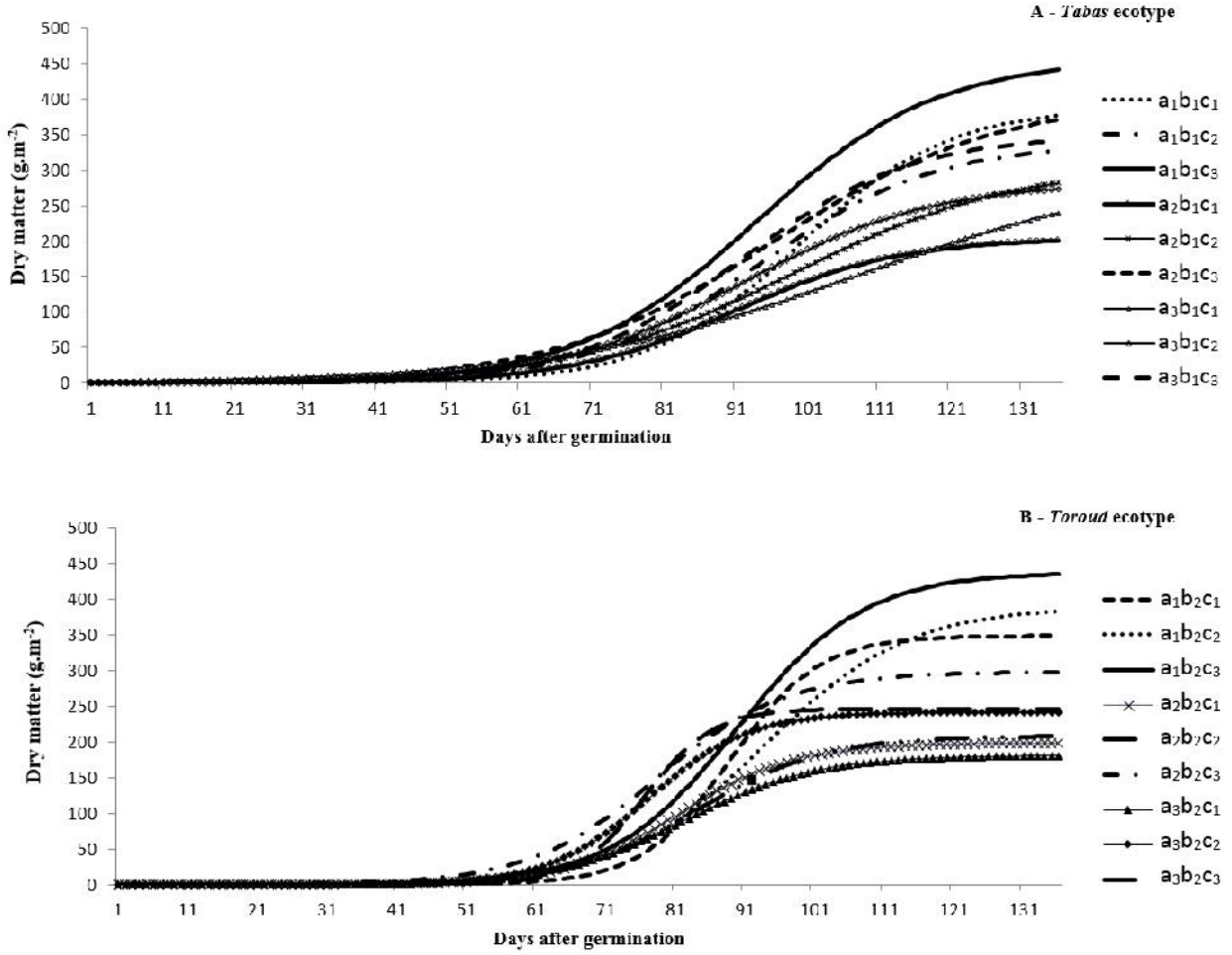
تاخیری که در رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در برخی نمودارهای اکوتیپ طرود مشاهده می‌گردد، مربوط به تیمارهای مطلوب آبیاری می‌باشد؛ بنابراین، وقوع تنش خشکی سبب بروز زودهنگام‌تر حداکثر شاخص سطح برگ و تسریع در تکمیل رشد رویشی شد. اثر تنش خشکی درسطح ($p\leq$ ۰/۰۱) و اثر تراکم کاشت در سطح ($p\leq$ ۰/۰۵) بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). در شرایط آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی، حداکثر شاخص سطح برگ (۵/۵۴) حاصل گردید و با اعمال و تشدید تنش این ویژگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). با افزایش درصد تخلیه آب خاک، شاخص سطح برگ گیاه بالنگو (*Lallemantia royleana* L.) نیز از ۲/۶۸ در تیمار ۴۰ درصد به ۲/۰۲ در تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، کاهش یافت (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014). در بیشترین تراکم، حداکثر شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تراکم کاشت دیگر بود (جدول ۷).

تجمع ماده خشک کل: الگوی اندوخته شدن ماده خشک کل (اندام‌های هوایی و ریشه) برای تمامی تیمارهای آزمایش مشابه و سیگموئیدی بود (شکل ۲). روند تغییرات ماده خشک در اکوتیپ‌های مختلف سیر نشان داد که افزایش تجمع ماده خشک در ابتدای فصل رشد کند بود و سپس روند افزایش تجمع ماده خشک به صورت خطی درآمد و سپس در اواخر فصل رشد از سرعت تجمع ماده خشک کاسته شد و تا آخر فصل رشد به صورت ثابت در آمد. به نظر می‌رسد که کم بودن شاخص سطح برگ در ابتدای فصل رشد سبب کاهش جذب نور، کاهش سرعت رشد محصول و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک می‌شود، ولی به تدریج با افزایش شاخص سطح برگ، افزایش جذب نور و فتوسنتز گیاه، سرعت تجمع ماده خشک به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (Lafarge & Hammer, 2002).

اکوتیپ و تنش خشکی در سطح ($p\leq$ ۰/۰۵) اثر معنی‌داری بر حداکثر تجمع ماده خشک داشتند (جدول ۲). به صورتی‌که اکوتیپ طبس با ۳۲۰/۷۳ گرم در مترمربع و اکوتیپ طرود با ۲۸۴/۲۸ گرم در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین حداکثر تجمع ماده خشک را دارا بودند (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- روند تغییرات ماده خشک کل دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 2- Trend of changes for total dry matter of two garlic ecotypes under different irrigation levels with three planting densities

a_1: ۱۰۰ ٪ نیاز آبی، a_2: ۸۰ ٪ نیاز آبی، a_3: ۶۰ ٪ نیاز آبی؛ b_1: اکوتیپ طبس، b_2: اکوتیپ طرود، c_1: ۳۰ بوته در مترمربع، c_2: ۴۰ بوته در مترمربع و c_3: ۵۰ بوته در مترمربع.

a_1: 100% ETc, a_2: 80% ETc, a_3: 60% ETc, b_1: Tabas, b_2: Toroud, c_1: 30 plants.m^{-2}, c_2: 40 plants.m^{-2}, c_3: 50 plants.m^{-2}.

حداکثر تجمع ماده خشک در ۱۰۰٪ نیاز آبی دارای بیشترین مقدار بود و سپس با اعمال و تشدید تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). در اثر تنش خشکی، به‌دلیل کاهش سطح فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به مخزن و تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). شریف روحانی و همکاران (Sharif Rouhani et al., 2012) گزارش کردند که با افزایش فواصل آبیاری، وزن خشک برگ و عملکرد غده گیاه موسیر (*Allium altissimum* Regel.) کاهش یافته است.

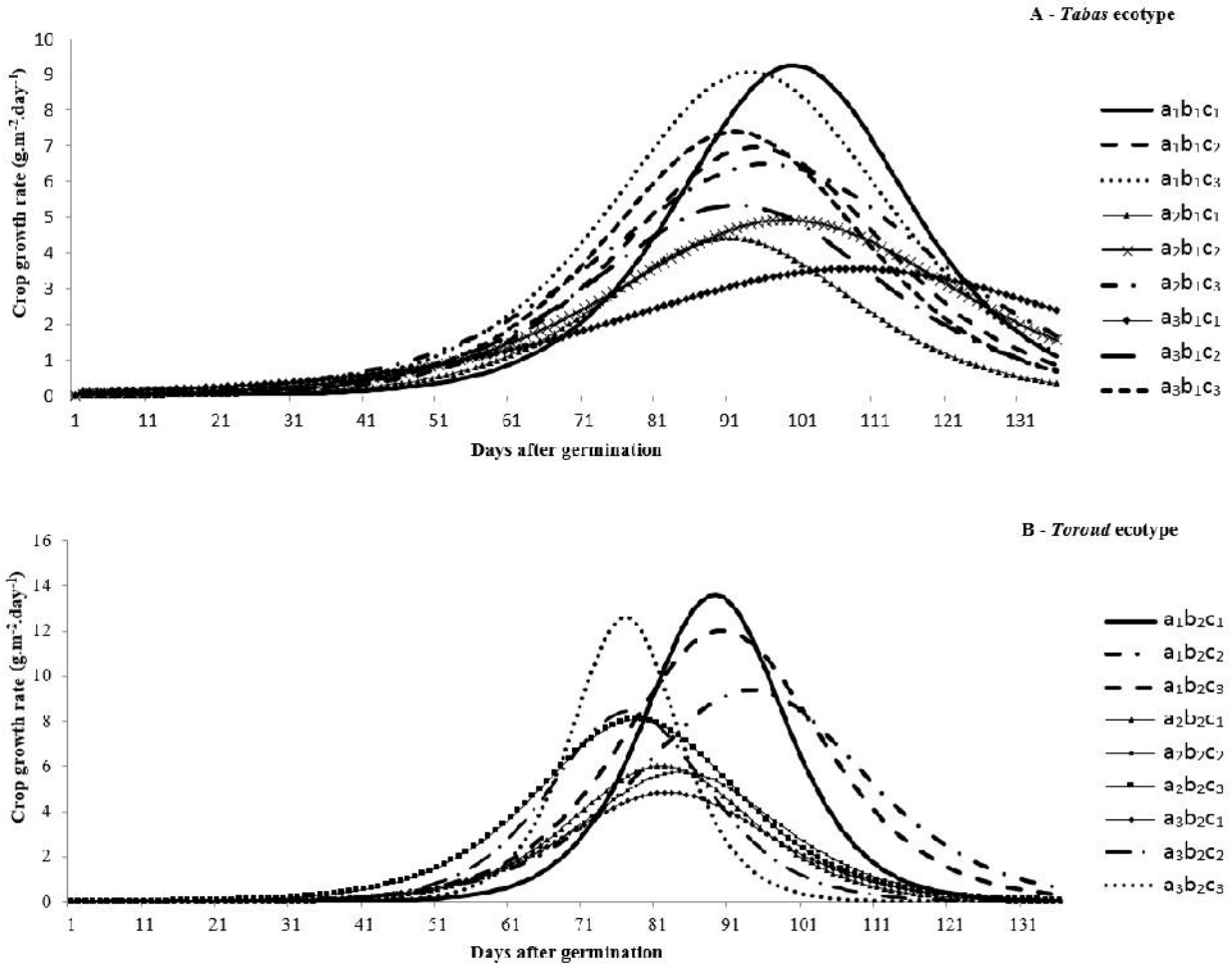
تراکم کاشت به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۰۱) بر حداکثر تجمع ماده خشک اثرگذار بود (جدول ۲). تراکم کاشت ۵۰ و ۳۰ بوته در مترمربع با حداکثر وزن خشک ۳۵۸/۵۷ و ۲۶۱/۵۷ گرم در مترمربع، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این صفت را دارا بودند (جدول ۷). تراکم ۵۰ بوته در متر مربع سبب کسب بالاترین شاخص سطح برگ شد. عامل اصلی تفاوت در تولید و تجمع ماده خشک در گیاهان، تفاوت در سطح برگ از لحاظ اندازه تک برگ و میزان و سرعت ظهور برگ‌های جدید می‌باشد. افزایش شاخص سطح برگ سبب جذب بیشتر تشعشع رسیده به کانوپی می‌شود و تجمع ماده خشک افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

می‌یابد (Lindquist et al., 2005). با کاهش شاخص سطح برگ گیاه، نور دریافتی توسط کانوپی کاهش یافته و در نتیجه تجمع ماده خشک در گیاه افت می‌نماید (Tedeschi et al., 2011).

سرعت رشد محصول: سرعت رشد گیاه در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در اوایل دوره رشد، به دلیل پایین بودن درصد جذب تشعشع و دمای پایین هوا، گیاه از سرعت رشد کمتری برخوردار بوده است. سپس روند صعودی به دلیل افزایش تدریجی جذب تشعشع خورشیدی همزمان با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). سپس با رسیدن به بلوغ و کاهش رشد رویشی گیاه، زرد شدن برگ‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول به‌تدریج کاهش می‌یابد (Jamali, 2013). زمان رسیدن به حداکثر سرعت رشد محصول ۹۱ الی ۱۰۷ روز پس از سبز شدن در اکوتیپ طبس و ۸۰ الی ۱۰۱ روز پس از سبز شدن در اکوتیپ طرود بود (شکل ۳). این زمان بر زمان وقوع حداکثر سطح برگ منطبق بود. تنش خشکی در سطح ($p\leq$ ۰/۰۵) بر سرعت رشد محصول اثرگذار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار حداکثر سرعت رشد محصول به ترتیب در ۱۰۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی مشاهده شد (جدول ۶).



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 3- Trend of changes for crop growth rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

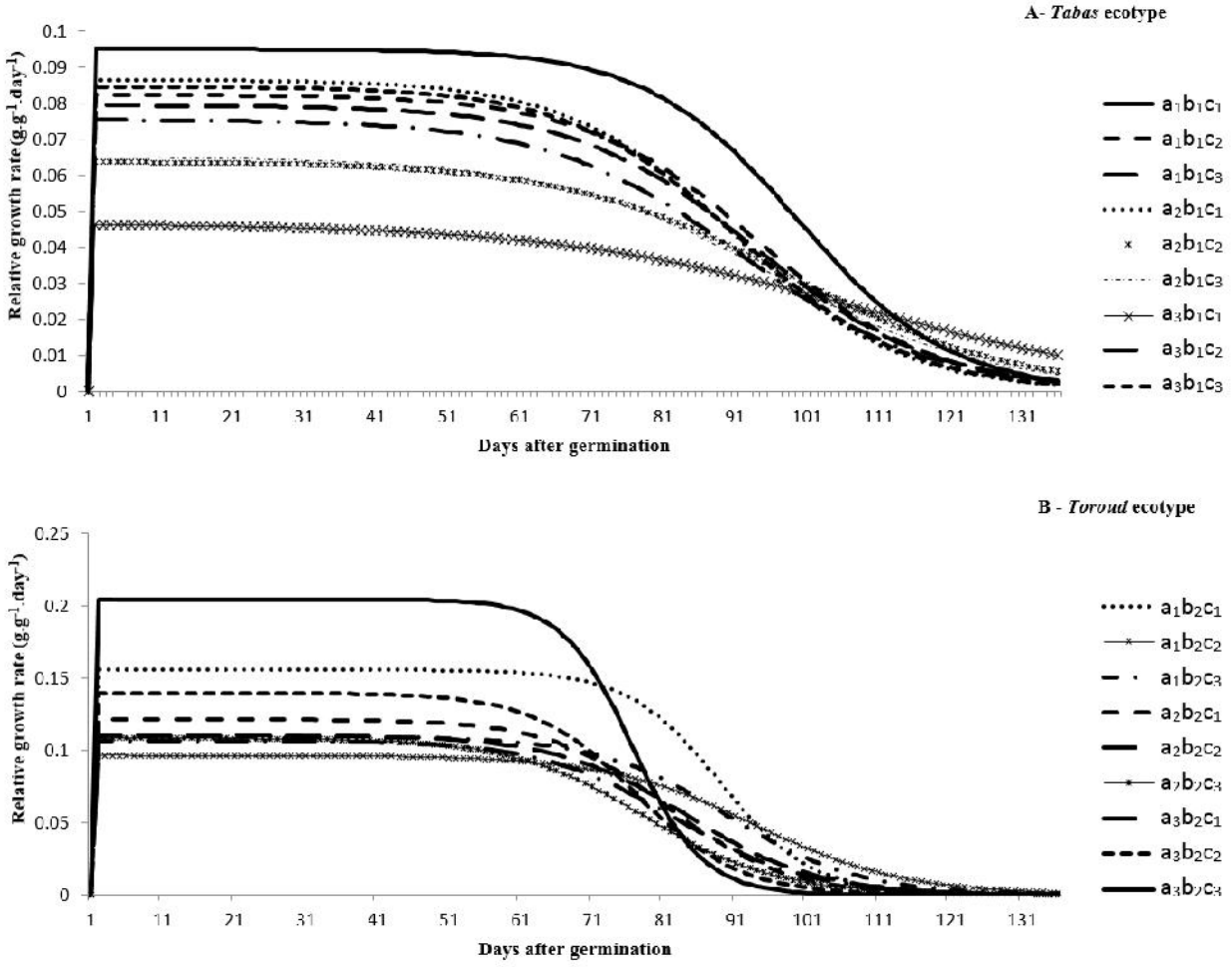
a_1: ۱۰۰ ٪ نیاز آبی، a_2: ۸۰ ٪ نیاز آبی، a_3: ۶۰ ٪ نیاز آبی؛ b_1: اکوتیپ طبس، b_2: اکوتیپ طرود، c_1: ۳۰ بوته در مترمربع، c_2: ۴۰ بوته در مترمربع و c_3: ۵۰ بوته در مترمربع.

a_1: 100% ETc, a_2: 80% ETc, a_3: 60% ETc, b_1: Tabas, b_2: Toroud, c_1: 30 plants.m^{-2}, c_2: 40 plants.m^{-2}, c_3: 50 plants.m^{-2}.

www.SID.ir

Archive of SID

به نظر می‌رسد با افزایش بیشتر سطح برگ در شرایط بدون تنش، نور بیشتری توسط گیاه دریافت می‌شود که به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد. نتایج بررسی‌های سایر محققین نیز مؤید کاهش سرعت رشد محصول در اثر تنش خشکی می‌باشد (Goldani & Rezvani Moghddam, 2007; Hamidvand et al., 2013). افزون بر این در اثر تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای و رشد سلولی کاهش می‌یابد و سلول‌های کوچک‌تر و کمتری تولید می‌شوند. تمامی این موارد در کاهش سرعت رشد محصول در اثر تنش خشکی، دخیل می‌باشند (Kafi and Keshmiri, 2016). اکوتیپ نیز در سطح ($p\leq$ ۰/۰۱) بر حداکثر سرعت رشد محصول اثرگذار بود (جدول ۲) و این صفت در اکوتیپ طرود بیشتر از اکوتیپ طبس بود (جدول۳).



شکل .Error! No text of specified style in document-٤ **روند تغییرات سرعت رشد نسبی دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت**

Fig. 4- Trend of changes for relative growth rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

a_1: ۱۰۰ ٪ نیاز آبی، a_2: ۸۰ ٪ نیاز آبی، a_3: ۶۰ ٪ نیاز آبی؛ b_1: اکوتیپ طبس، b_2: اکوتیپ طرود، c_1: ۳۰ بوته در مترمربع، c_2: ۴۰ بوته در مترمربع و c_3: ۵۰ بوته در مترمربع.

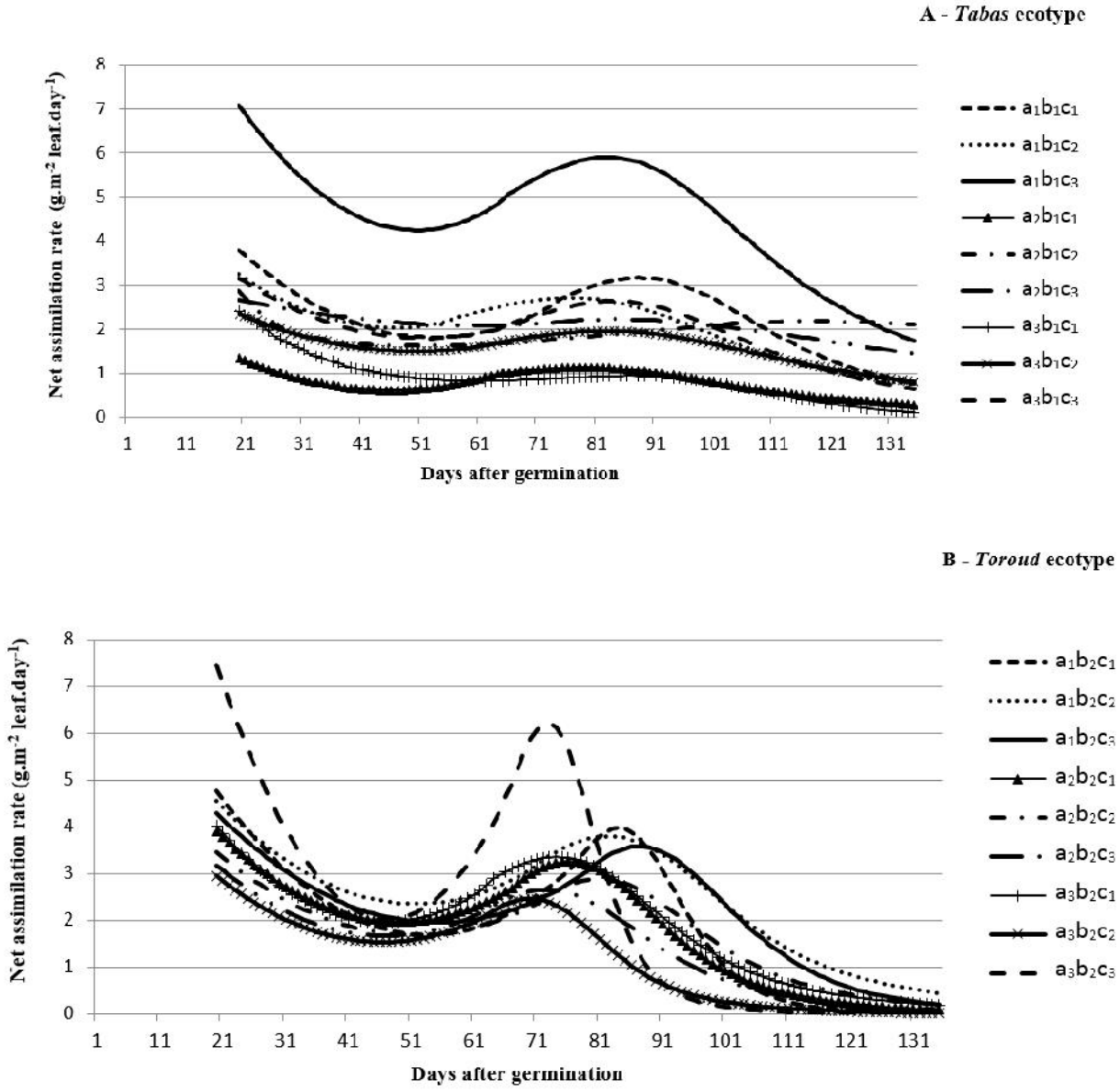
a_1: 100% ETc, a_2: 80% ETc, a_3: 60% ETc, b_1: Tabas, b_2: Toroud, c_1: 30 plants.m^{-2}, c_2: 40 plants.m^{-2}, c_3: 50 plants.m^{-2}.

سرعت رشد نسبی: روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تمامی تیمارها تقریباً مشابه بود. سرعت رشد نسبی در اوایل فصل

www.SID.ir

Archive of SID

رشد حداکثر بود و پس از آن به‌دلیل افزایش ماده خشک تجمع یافته و بافت‌های ساختمانی، کاهش یافت. با گذشت زمان، به‌دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان برای کسب آب، مواد غذایی و دریافت نور و همچنین در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی بوته و کاهش توانایی فتوسنتزی آن‌ها، سرعت تجمع ماده خشک اولیه کاهش یافت و این امر سبب کاهش سرعت رشد نسبی شد (شکل‌های ۲ و ۴). در ابتدای فصل رشد میزان سرعت رشد نسبی به علت نفوذ نور بیشتر، سایه- اندازی کمتر برگ‌ها و فتوسنتز خالص، بالاتر می‌باشد که با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). از آن‌جایی‌که در طول زمان بر میزان بافت‌های ساختاری گیاه که جزء بافت‌های فعال متابولیکی نمی‌باشند و سهمی در رشد ندارند افزوده می‌شود، سرعت رشد نسبی با گذشت زمان کاهش می‌یابد (Hokmalipour & Seyedsharifi, 2014).



شکل ۵- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 5- Trend of changes in net assimilation rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

a_1: ۱۰۰ ٪ نیاز آبی، a_2: ۸۰ ٪ نیاز آبی، a_3: ۶۰ ٪ نیاز آبی؛ b_1: اکوتیپ طبس، b_2: اکوتیپ طرود، c_1: ۳۰ بوته در مترمربع، c_2: ۴۰ بوته در مترمربع و c_3: ۵۰ بوته در مترمربع.

a_1: 100% ETc, a_2: 80% ETc, a_3: 60% ETc, b_1: Tabas, b_2: Toroud, c_1: 30 plants.m^{-2}, c_2: 40 plants.m^{-2}, c_3: 50 plants.m^{-2}.

www.SID.ir

Archive of SID

اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ در سطح ($p\leq$ ۰/۰۵) بر این صفت اثرگذار بود (جدول ۴). حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طبس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این صفت مشاهده شد (جدول ۴)، که احتمالا به‌علت به‌کارگیری مکانیسم‌های تحمل به خشکی به‌خصوص در مراحل اولیه رشد گیاه در این اکوتیپ بوده است.

سرعت اسیمیلاسیون خالص: روند سرعت اسیمیلاسیون خالص نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در مراحل اولیه رشد که شاخص سطح برگ کم و برگ‌ها به طور کامل در معرض نور قرار دارند، مشاهده شد و به تدریج با افزایش سن گیاه کاهش یافت (شکل ۵) این امر عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه ایجاد سایه‌اندازی بین آن‌ها می‌باشد (Hemmati & Soleymani, 2014). یک روند کاهشی سریع‌تر و شدیدتری از ۷۵ تا ۱۲۰ روز پس از سبز شدن در سرعت اسیمیلاسیون خالص مشاهده شد که به نظر می‌رسد این موضوع به‌علت مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل، کاهش غلظت کلروفیل در سطح برگ و همچنین افزایش سرعت تنفس در مقایسه با فتوسنتز به‌علت نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک باشد. حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص به طور معنی‌داری در سطح ($p\leq$ ۰/۰۵) تحت تأثیر تنش خشکی و در سطح ($p\leq$ ۰/۰۱) تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۲). حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمار آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی بیشتر از تیمارهای دیگر آبیاری بود، اما در اثر تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص در اثر تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Hejri, 2008; Hemmati & Soleymani, 2014). حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در تراکم کاشت ۳۰ بوته در مترمربع اسیمیلاسیون خالص نسبت به دو تراکم کاشت دیگر بیشتر بود (جدول ۷). بیشتر بودن این صفت در کمترین تراکم کاشت مورد آزمایش می‌تواند نتیجه قرار گرفتن بیشتر برگ‌ها در معرض نور و کاهش سایه‌اندازی باشد.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی موجب کاهش حداکثر تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلاسیون خالص شد. با توجه به اینکه حداکثر سرعت رشد محصول در اکوتیپ طرود بیشتر بود و در مقابل تعداد برگ و حداکثر تجمع ماده خشک در اکوتیپ طبس بالاتر بود، در مجموع این دو اکوتیپ برتری محسوسی نسبت به یکدیگر نداشتند. همچنین بدین سبب که با اعمال و تشدید تنش، ارتفاع در اکوتیپ طرود به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما در ارتفاع اکوتیپ طبس تأثیر معنی‌داری نداشت، اما در مقابل، حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طبس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این ویژگی مشاهده شد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در مجموع ویژگی‌های رشدی دو اکوتیپ در شرایط تنش بر دیگری برتری چشمگیری نداشتند. تراکم کاشت بالاتر به سبب حضور سطح فعال فتوسنتز کننده بیشتر در واحد سطح، سبب افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید. در مجموع با توجه به این نکته که کاهش‌های وقوع‌یافته ناشی از کمبود آب در مؤلفه‌های رشدی، در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی نیز بروز یافته است، در نتیجه توصیه می‌شود از مواجهه گیاه سیر حتی با شرایط تنش خشکی ملایم، اجتناب و سعی شود تا نیاز آبی آن به خوبی تأمین گردد.

منابع

Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G.A., Naseri Pouryazdi, M.T., Ghorbani, R., and Khorramdel, S. 2016. Effects of plant density and cow manure levels on growth criteria of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 8(2): 296-317. (In Persian with English Summary)

Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2016. The effects of drought stress on yield, yield components and antioxidant of two Garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. Journal of Agroecology 8(1): 95-106. (In Persian with English Summary)

Allen, R.G, Periera, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water

www.SID.ir

Archive of SID

requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.

Amiri Deh ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjeali, A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian with English Summary)

Amirmoradi, S., and Rezvani Moghadam, P. 2011. Effect of plant density and time of nitrogen application on morphological, phenological characteristics, yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science 25(3): 251-260. (In Persian with English Summary)

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., and Igic, R. 2008. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). Food Chemistry 111: 925-929.

Goldani, M., and Rezvani moghaddam, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 229-242. (In Persian with English Summary)

Hamidvand, Y., Abdollahi, M.R., and Shaban, M. 2013. Investigation of growth analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and Zn fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(5): 517-521.

Hamim, H., Banon, S., and Dorly, D. 2016. Comparison of physiological and anatomical changes of C_3 (*Oryza sativa* L.) and C_4 (*Echinochloa crusgalli* L.) leaves in response to drought stress. Earth and Environmental Science 31: 1-10.

Hanson, B.R., May, D., Voss, R., Cantwell, M., and Rice, R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural Water Management Journal 58: 29-43.

Hayatu, M., Muhammad, S.Y., and Habibu, U.A. 2014. Effect Of water stress on the leaf relative water content and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotype. International Journal of Scientific and Technology Research 3(7): 148-152.

Hejri, A. 2008. The effect of drought stress on growth indices, agronomical traits, yield and yield components of sunflower cultivars. MSc Thesis. Agriculture Faculty. Isfahan Branch of Islamic Azad University, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)

Hemmati, M.H., and Soleymani, A. 2014. A study about some physiological indices of sunflower growth under drought stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(3): 553-563.

Hokmalipour, S., and Seyedsharifi, R. 2014. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgar* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 822-833. (In Persian with English Summary)

Jamali, M.M. 2013. Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). International Journal of Farming and Allied Sciences 2(20): 872-879.

Johnson, M., Olaleye, O.N., and Kolawole, O.S. 2016. Antimicrobial and antioxidant properties of aqueous garlic (*Allium sativum*) extract against staphylococcus aureus and pseudomonas aeruginosa. British Microbiology Research Journal 14(1): 1-11.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2010. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 502 p. (In Persian)

Kafi, M., and Keshmiri, E., 2016. The changes in the physiological growth and the react of the salinity and number of irrigation water of two cumin cultivars (*Cuminum cyminum* L.). Jounal of Agroecology 8(3): 463-475. (In Persian with English Summary)

Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O., and Rouphael, Y. 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management 75: 226-244.

Lafarge, T.A., and Hammer, G.L. 2002. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning, and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities. Field Crops Research

www.SID.ir

Archive of SID

77: 137-151.

Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Walters, D.T., Cassman, K.G., and Dobermann, A. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal 97: 72-78.

Maleki Farahani, S., and Abdollahi, M. 2014. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of two different species of balangu (*Lallemantia royleana* and *iberica* L.) from Mashhad and Urmia. Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 502-515. (In Persian with English Summary)

Moravčević, D.J., Bjelić, V., Moravčević, M., Gvozdanović Varga, J., Beatović, D., and Jelačić, S. 2011. Effect of plant density on the bulb quality and spring garlic yield (*Allium sativum* L.). Proceedings. In: 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia p. 554-557.

Pattangul, W., and Madore, M.A. 1999. Water deficit on raffinose family oligosaccharide metabolism in Coleus. Plant Physiology 121: 987-993.

Samvati, H.A. 2014. Effects of drought stress on some physiological indices in three varieties of onion (*Allium cepa* L.). First National Conference on Sustainable Agricultural Development with the Use of Crop Pattern. February 13, 2014, Hamedan, Iran. (In Persian)

Saravia, D., Farfan-vignolo, E.R., Gutierrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., and Khan, M.A. 2016. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. The American Journal of Potato Research 93: 288-295.

Sharif Rouhani, M., Kafi, M., Nezami, A., Jahedipour, F., Jahedipour, S., and Farajian, M.A. 2012. Irrigation regimes and depth of planting on yield of medicinal and industrial plant, shallots (*Alliumm altissimum* Regel.) in Mashhad weather conditions. In: National Conference on Natural Products and Medicinal Plants, Bojnourd, North Khorasan University of Medical Sciences, September 27- 26. (In Persian)

Tedeschi, A., Riccardi, M., and Menenti, M. 2011. Melon crops (*Cucumis melo* L., cv. Tendral) grown in a Mediterranean environment under saline–sodic conditions: Part II. Growth analysis. Agricultural Water Management 98: 1339-1348.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 559-574

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۵۷۴-۵۵۹

Effect of Drought Stress on Growth and Morphological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes in Different Planting Densities

S. Akbari[1], M. Kafi[2*] and S. Rezvan Beidokhti[3]

Submitted: 04-01-2017
Accepted: 09-05-2017

Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2017. Effect of drought stress on growth and morphological characteristics of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes in different planting densities. Journal of Agroecology 9(2): 559-574.

Introduction

Plants may be exposed to various stresses and water deficit is the most important limiting factor of growth and yield in many parts of the world and Iran. Stress induced growth decrement can be because of cell development decrease due to decrement of turgor pressure and meiosis and photosynthesis decrease due to stomata closure. Determination of desired planting density is one of the success factors of plant growth and production. Garlic (*Allium sativum*) has been an important medicinal plant over centuries in human life. According to the importance of medicinal plants and studying the effects of drought stress on them, the goal of this research is to investigate the effect of drought stress and planting density on growth and morphological characteristics of two ecotypes of garlic and determining the preferable ecotype and density from the perspective of these traits.

Material and Methods

This experiment was performed in 2012 in a farm in south east of Semnan. It was conducted on a split-plot factorial arrangement based on randomized complete blocks design with three replications. Three levels of drought stress with 60, 80 and 100 percent of crop evapotranspiration (ETc) were the main plot factors and factorial combination of three planting density (30, 40 and 50 plants.m^{-2}) and two ecotypes of *Tabas* and *Toroud* were the levels of sub plot factors. To estimate water requirement of garlic, daily measured meteorology parameters of Semnan synoptic station were used and water requirement was calculated based on FAO-56 instructions. From mid-January, the sampling of leaf area, bulb and leaf fresh and dry weight was started with destructive method every other week and continued until middle of Jun. three plant were selected randomly from each plot in each turn. From middle of May, height and number of leaves were measured. Leaf area measurement was done by leaf area meter (Delta-T). To estimate growth indices, dry weight of aerial and underground organs and leaf area from measured samples of treatments were used.

Results and Discussion

The results showed that the highest value of maximum leaf area index (LAI), maximum total dry matter accumulation (TDM), maximum crop growth rate (CGR) and maximum of net assimilation rate (NAR) were observed at 100% ETc with the value of 5.537, 387.53 $g.m^{-2}$, 10.47 $g.m^{-2}day^{-1}$ and 4.92 $g.m^{-2}leaf.day^{-1}$ respectively; and by applying the irrigation treatment of 80% ETc these values decreased to 3.745, 262.60 $g.m^{-2}$, 6.31 $g.m^{-2}day^{-1}$ and 3.71 $g.m^{-2}leaf.day^{-1}$ respectively. Drought stress can decrease cell development and division and plant photosynthesis, and thus, it can decrease leaf area index and consequently decrease light absorption, photosynthetic area, dry matter and crop growth rate. Difference between ecotypes in terms of number of leaves, maximum total dry matter accumulation and maximum crop growth rate was significant. Maximum crop growth rate (CGR) in *Toroud* ecotype was higher than *Tabas* ecotype but number of leaves and maximum concentration of total dry matter (TDM) in *Tabas* ecotype were higher than corresponding values in *Toruod* ecotype. The

1, 2 and 3- Former MSc student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad Islamic university, Damghan branch; Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad Islamic university, Damghan branch, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: m.kafi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.62141

www.SID.ir

Archive of SID

effect of planting density on maximum leaf area index (LAI), maximum total dry matter (TDM) and maximum net assimilation rate (NAR) was significant. The highest value of maximum leaf area index (5.017) and maximum total dry matter (358.57 $g.m^{-2}$) concentration were obtained from 50 $plants.m^{-2}$ density. The highest value of maximum net assimilation rate (4.61) was obtained from 30 $plants.m^{-2}$ density. It could be because of having leaves exposed to more light and less shading.

Conclusion

Applying drought stress at the irrigation treatment of 80% ETc decreased studied growth characteristics of garlic. Therefore, it is recommended that garlic should be avoided from facing drought stress and its water requirement must be met as much as possible. In general, under drought stress, two studied ecotypes did not have any preference related to the studied growth characteristics. Higher planting density, due to higher active photosynthetic area over unit area, increased the dry matter in unit area.

Keywords: Crop growth rate, Dry matter, Evapotranspiration, Leaf area index, Plant height

www.SID.ir