**ارزیابی شاخص­های رشدی ژنوتیپ­های اسفناج در تحمل به سطوح مختلف رطوبت خاک**

**مصطفی کوهزاد دهمياني، بهرام عابدی، سید حسین نعمتی، حسین آرویی، ملیحه مرشدلو، مجتبی صلاحی استاد**

**1، 5 و 6- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد**

**2 و 3- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد**

**4- دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد**

Email: [abedy@um.ac.ir](mailto:abedy@um.ac.ir)

**چکیده**

خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم ترین و رایجترین تنشهاي محیطی است که تولیدات کشاورزي را با محدودیت روبر می­سازد. این پژوهش به منظور بررسی شاخص­های رشدی سه رقم اسفناج در سطوح مختلف رطوبت خاک به صورت آزمايش فاكتوريل در قالب طرح كاملا تصادفي با 4 تکرار در سال 1391 به اجرا در آمد. تیمار­های این آزمایش شامل 4 سطح رطوبتي (شاهد (100%)، 75%، 50% و 25% ظرفیت زراعی) و 2 رقم از اسفناج­هاي وارداتي شامل رقم اسفناج F1 هلندي و رقم استاندارد ايتاليايي و توده بومي مشهدي بود. جهت اعمال تنش رطوبتی از روش وزني استفاده شد. نتايج اين تحقيق بر روي بخش زير‌زميني ارقام اسفناج نظير وزن تر و خشك ريشه، مجموع طول ريشه نشان مي­دهد كه در رقم F1 هلندي با پيشرفت تنش خشكي نسبت به رقم استاندارد ايتاليايي و رقم خاردار بومي افزايش یافت. همچنين از لحاظ صفات وزن تر و خشك اندام هوايي، سطح برگ و ارتفاع گياه هر چند اختلافي معني‌داري بين ارقام وجود نداشت ولي با پيشرفت تنش خشكي در رقم F1 هلندي و استاندارد ايتاليايي كاهش بيشتري در این صفات نسبت به رقم خاردار بومي نشان دادند كه اين خود مي تواند يك سازوكار مناسب جهت سازگاري با شرايط تنش خشكي باشد.

**کلمات کلیدی:** تنش خشكي، سطح برگ، ظرفیت زراعی.

**1- مقدمه**

در رقم‌هاي گياهي، سازگاري و تحمل تنش خشكي دو مقوله جدا هستند. از نظر فيزيولوژيكي، تحمل ممكن است با توانايي گياه به رشد همراه با ريسك تحت تنش و تكميل دوره رشد، همراه باشد. از طرف ديگر ممكن است بعضي از گياهان يك روش سازگاري را نشان دهند كه به موجب آن رشد خود را تحت شرايط تنش محدود كنند، در حالي كه كمبود رطوبت در منطقه ريشه هنوز وجود دارد. يكي از اولين نشانه‌هاي كمبود آب كاهش تورژسانس و در نتيجه رشد و توسعه سلول بويژه در ساقه و برگ‌ها است. با كاهش رشد سلول اندازه اندام هوايي محدود مي شود و به همين دليل است كه اولين اثر محسوس كم‌آبي برروي گياهان را مي توان از اندازه‌ی كوچك‌تر برگ‌ها يا ارتفاع گياه تشخيص داد. به علاوه در شرايط كم‌آبي جذب آب و عناصر غذايي كاهش يافته و بنابراين رشد و توسعه برگ‌ها كاهش مي يابد و بديهي است كه با محدود شدن فرآورده‌هاي فتوسنتزي در شرايط كمبود آب، رشد گياه و در نهايت عملكرد آن دچار نقصان مي شود ([حسنی و امیدبیگی، 1381).](#حسنیوامیدبیگی11111381) رشد برگ تحت شرايط تنش شوري و خشكي محدود مي شود. تنش خشكي باعث ايجاد تغييرات در خصوصيات ساختماني برگ گياه مي شود. سطح برگ، اندازه سلول‌ها، حجم منافذ بين‌سلولي معمولا" كاهش مي يابد. نتيجه اين وضعيت ضخامت نسبتا" زياد، چرمي شدن و كوتيني شدن شاخ و برگ است كه از خصوصيات گياهان مقاوم به خشكي مي باشد. تعداد برگ و سطح برگ در گياه نقش مهم و حياتي در زندگي گياه ايفا مي كنند. تحقيقات نشان داده است كه اين دو فاكتور هر چند به ژنوتيپ گياه مربوط مي باشند، در عين حال به درجات مختلفي تحت تأثير تنش خشكي قرار مي گيرند. كاهش سطح برگ نيز يكي از واكنش‌هاي گياه نسبت به تنش كمبود آب است. اين امر مي تواند ناشي از كاهش تقسيم سلولي باشد. با كاهش سطح برگ، تعداد روزنه‌ها كاهش يافته و از خروج آب موجود در گياه جلوگيري مي شود ([لو و نومن، 1999).](#لوونومن1111111111999) سيستم ريشه‌اي هر چقدر كه فعال‌تر و توسعه يافته‌تر باشد باعث مي گردد كه ميزان آبي كه در كل در دسترس گياه و اندام‌هاي آن قرار مي گيرد، افزايش يابد و به همين خاطر است وقتي گياهان تحت شرايط تنش قرار مي گيرند نسبت وزن خشك ريشه به ساقه افزايش مي يابدكه علت اين پديده بخاطر تخصيص بيشتر ماده خشك به ريشه، جهت دوري گياه از خشكي مي باشد. اسفناج (*Spinacia oleraceae* L*.*)گياهي از سردسته تيره چغندریان، يكساله، جزء دو لپه‌ايها، داراي ساقه راست و شياردار تا ارتفاع 30 تا 80 سانتي‌متر مي باشد. برگهاي پهن و مثلثي‌شكل و منتهي به دمبرگ مشخصي مي باشد. گل‌هاي اين گياه خوشه‌اي، سبزرنگ و كوچك، داراي 5 پرچم و 5 كاسبرگ به هم چسبيده است. گل‌هاي اسفناج كه در فاصله ماه‌هاي خرداد تا شهريور پديد مي آيند به رنگ سبز كمرنگ مي باشد. هدف از این پژوهش بررسی شاخص­های رشدی سه رقم اسفناج تحت سطوح مختلف رطوبتی خاک است.

**1-1- مواد و روش­ها**

به منظور بررسی شاخص­های رشدی سه رقم اسفناج تحت سطوح مختلف خاک این پژوهش به صورت آزمايش فاكتوريل در قالب طرح كاملا تصادفي با 4 تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1391 به اجرا در آمد. کشت بذور در اواخر بهمن‌ماه سال 1391 صورت پذيرفت، دوره استقرار تحت آبیاری کامل تا اواخر اسفندماه و شروع تنش خشکی از اواخر اسفندماه انجام گرفت. اواخر فروردین‌ماه گیاهان جمع‌آوری گردیده و کلیه آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری صفات نیز در آزمایشگاه‌های گروه باغبانی، زراعت دانشکده کشاورزی انجام پذیرفت. دما در شب 18 و در روز 22 درجه سانتی­گراد تعین و رطوبت نسبی در محدوده 40% حفظ شد. مدت و شدت تابش نور هم با استفاده از پرده‌هایی که در سقف گلخانه تعبیه شده و همچنین لامپ‌های بخار سدیم 400 واتی قابل کنترل بود. به صورتی که در طی دوره انجام این آزمایش طول دوره روشنایی 16 ساعت و تاریکی 8 ساعت تنظیم گردید. تیمار­های این آزمایش شامل 4 سطح رطوبتي (شاهد (100%)، 75%، 50% و 25% ظرفیت زراعی) و 2 رقم از اسفناج­هاي وارداتي شامل رقم اسفناج F1 هلندي و رقم استاندارد ايتاليايي و توده بومي مشهدي بود. جهت اعمال تنش رطوبتی از روش وزني استفاده شد. وزن هر یک از گلدان‌ها به همراه زهکش آنها برابر 655 گرم بود، که این گلدان‌ها توسط 4500 گرم از خاک مورد نظر پر گردید. در هر یک از واحدهای آزمایش (گلدان ها) 10 عدد بذر کاشته شد و پس از سبز شدن و اطمینان از استقرار، تعداد گیاهان داخل گلدان به سطح نهایی 2 عدد در هر گلدان کاهش یافت. دردوره استقرار به مدت 25 روز همه گلدان‌ها یکسان آبیاری شد. برای این منظور گیاهان را از گلدان بیرون آورده و به دو قسمت بخش ریشه و اندام هوایی تقسیم کرده و ریشه‌ها را به آرامی شسته تا به صورت کامل و با حداقل آسیب‌دیدگی از خاک خارج گردند. سپس وزن تر ریشه و اندام هوایی با ترازو با دقت 001/0 گرم تعیین شد. سطح برگ بوسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، صفاتی همچون مجموع طول ریشه بوسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه توسط خط‌کش تعیین شد. در نهایت و پس از اندازه‌گیری اولیه ریشه و اندام هوایی به صورت مجزا به مدت 72 ساعت جهت خشک شدن در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاهان با استفاده از ترازوی با دقت 001/0 گرم تعیین گردید. به منظور تجزیه واريانس از نرم افزار JAMP استفاده شد. مقایسه میانگین صفات با استفاد از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5% ورسم نمودار بوسیله نرم افزارExcel انجام پذیرفت. تفاوت میانگین‌های اثرات اصلي و متقابل، در اشکال بوسیله میل‌بار(SE±) نشان داده شد.

**1-2- نتایج و بحث**

نتایج تجزیه واریانس داده­ها نشان می­دهد که اثر ساده ژنوتیپ در صفات وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی­دار شد. اثر ساده سطوح تنش رطوبتی در تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی­دار شد. همچنین اثر متقابل تیمارها در صفات وزن تر ریشه و طول ریشه معنی­دار شد (جدول 1).

جدول 1. تجزيه واريانس شاخص­های رشدی ژنوتیپ­های اسفناج در تحمل به سطوح مختلف رطوبت خاک

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | وزن تر ریشه | وزن خشک ریشه | طول ریشه | وزن تر اندام هوایی | وزن خشک اندام هوایی | سطح برگ | ارتفاع گیاه |
| ژنوتیپ | 2 | \*\*25/62 | \*\*77/1 | \*\*541850 | 57/310ns | 16/1ns | 53074ns | 48/18ns |
| سطوح تنش رطوبتی | 3 | \*\*84/302 | \*\*64/7 | \*\*203580 | 16/6549\*\* | 58/57\*\* | 1766528\*\* | 22/730\*\* |
| ژنوتیپ × سطوح تنش رطوبتی | 6 | \*11/8 | ns34/0 | \*105342 | 74/145ns | 81/1ns | 54977ns | 83/8ns |
| خطا | 36 | 37/3 | 21/0 | 413444 | 131 | 16/1 | 22228 | 92/10 |

ns، \* و \*\* به ترتیب نشان­دهنده­ی عدم معنی­داری، معنی­داری در سطح احتمال 5% و معنی­داری در سطح احتمال 1%

**1-2-1- وزن تر و خشک ریشه**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار خشکی بر صفات وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال 1% معنی‌دار شد (جدول 1). همچنین نتایج تجزیه واریانس در این جدول نشان می دهد که توده و رقم‌هاي مورد آزمایش نیز از نظر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌داری را نشان می دهند. اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی در مورد وزن تر ریشه در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود، در صورتی که در مورد وزن خشک ریشه اثر متقابل معني‌داري مشاهده نگرديد.

شکل 1. اثر ژنوتیپ بر وزن خشک ریشه ارقام اسفناج

با توجه به شکل 1 نشان داده شده است که بیشترین میزان وزن خشک ریشه با میانگین 63/1 گرم مربوط به ژنوتیپ F1 هلندی است که با توده خاردار بومی و استاندارد ایتالیایی اختلاف معنی‌داری را نشان می دهد. همچنین توده خاردار بومی و ژنوتیپ استاندارد ایتالیایی از نظر وزن خشک ریشه هیچ اختلافی با هم ندارند.

شکل 2. اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک ریشه در ارقام اسفناج

با توجه به شکل 2 نشان داده می شود که بیشترین میزان وزن خشک ریشه در تیمار FC100% با میانگین 91/1 گرم می باشد که با تیمار FC75% اختلاف آماری نشان نمی دهد ولی با تیمار FC 50% و 25% این اختلاف معنی‌داری است بطوریکه هر چه به سمت تنش شدید پیش می رویم باعث کاهش وزن خشک ریشه می شود که کمترین میزان وزن خشک ریشه در تیمار FC25% و با میانگین 15/ . گرم می باشد.

شکل3. اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف آبیاری بر وزن تر ریشه در ارقام اسفناج

با توجه به شکل 3 می توان نتیجه گرفت که بیشترین میزان وزن تر ریشه مربوط به رقم F1 هلندی و تیمار FC75% با میانگین 54/16 گرم بود که با تیمار دیگر اختلاف نشان می دهد و کمترین میزان وزن تر ریشه مربوط به توده اسفناج بذر خاردار در تیمار تنش شدید رطوبتی (FC 25%) با میانگین 14/1 بود که با رقم استاندارد ایتالیایی در تیمار تنش شدید رطوبتی (FC 25%) اختلاف نشان نداد ولی با سایر تیمارها اختلاف شدید نشان داد. تنش خشکی دارای اثرات زیادی بر الگوی رشد اسفناج است. یکی از مهم‌ترین این اثرات تغییر سیستم ریشه‌ای در شرایط نقصان رطوبتی خاک است. نتایج این تحقیق نیز حکایت از اثر تنش خشکی در کاهش وزن تر و خشک ریشه‌ها دارد (جدول 4-2). با افزایش تنش خشکی از وزن تر و خشک ریشه کاسته می شود، بطوریکه در بین ارقام اسفناج رقم F1 هلندی از لحاظ وزن تر و خشک ریشه نسبت به دو رقم دیگر افزایش نشان می دهد که مؤید مقاومت بیشتر این رقم به تنش خشکی نسبت به رقم استاندارد ایتالیایی و توده خاردار بومی است. همچنین در بین سطوح رطوبتی تیمار FC 75% برای وزن تر ریشه و برای وزن خشک ریشه تیمار FC75% بهترین نتیجه را در بر داشت. با پیشرفت تنش خشکی همچنان که فتوسنتز برگ کاهش پیدا می کند، احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی در گیاهان و به دنبال آن رشد ریشه به طور اجتناب‌ناپذیری متوقف می گردد. بنابراین خصوصا" در گیاهان حساس رشد و نمو ریشه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش می یابد ([لا و نیومن، 1998](#لاونیومن111111998)). نتایج این تحقیق نیز حساسیت رقم استاندارد ایتالیایی و توده خاردار بومی به تنش خشکی خصوصا" در منطقه ریشه را نشان می دهد. تنش خشکی سبب کاهش ماده خشک در ریشه می گردد.گیاه در شرایط بدون تنش از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخوردار است که در این شرایط پتانسیل فشاری لازم برای توسعه و تقسیم سلولی آن فراهم می باشد. لذا این شرایط باعث افزایش فعالیت متابولیسمی و رشد و سرعت توسعه ریشه می شود، بطوریکه با رشد ریشه جذب یون‌های غذایی بیشتر می شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می یابد ([کافی و دامغانی، 1379](#کافیودامغانی1111379)). ولی در شرایط تنش خشکی محددیت‌های تغذیه‌ای که از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می شود، رشد و سرعت توسعه ریشه را کاهش داده و به تبع آن تولید اندام هوایی کمتر و انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می یابد ([گریگوری، 2006](#گریگوری11112006)).

**1-2-2- مجموع طول ریشه**

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی بر مجموع طول ریشه در سطح احتمال 1% اختلاف معنی‌داری نشان می دهد (جدول 1). همچنین نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی بر مجموع طول ریشه مشخص شد که درسطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری را نشان می دهد.

شکل 4. اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف آبیاری بر مجموع طول ریشه ارقام اسفناج

با توجه به شکل 4 مشخص شد که بیشترین میزان مجموع طول ریشه مربوط به رقم F1 هلندی و در تیمار FC 100% با میانگین 5/130501میلی‌متر بود که با تیمار FC 75% رقم F1 هلندی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. کمترین میزان مجموع طول ریشه مربوط به توده اسفناج خاردار بومی در تیمار تنش شدید رطوبتی (FC 25%) با میانگین 5/7392 میلی‌متر بود که با رقم استاندارد ایتالیایی در تنش شدید رطوبتی (FC 25%) اختلاف معنی‌داری نشان نداد ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. یکی از فاکتورهای مؤثر در میزان جذب آب، مجموع طول ریشه‌ها بیان می شود. در واقع بالا بودن مجموع طول ریشه‌ها از جهت بهره‌برداری ریشه از بخش وسیع‌تری از خاک و افزایش نقاط جذب آب و عناصر غذایی، می تواند برای گیاه حائز اهمیت باشد (گنجعلی و همکاران، 1384). در این تحقیق بیشترین مجموع طول ریشه مربوط به رقم F1 هلندی است که نسبت به دو رقم دیگر بیشتر می باشد و در ارقام بکار برده شده با پیشرفت تنش خشکی باعث کاهش مجموع طول ریشه شده ولی در رقم F1 هلندی این کاهش کمتر می باشد و با پیشرفت تنش خشکی نسبت به دو رقم دیگر افزایش مجموع طول ریشه را نشان می دهد (شکل 4). این رقم بر خلاف دو رقم دیگر با افزایش مجموع طول ریشه خود در زمان خشکی شدید امکان اجتناب از خشکی را از طریق جذب رطوبت بیشتر از خاک، فراهم می سازد. همچنین در این آزمایش مشخص شد که محتوای نسبی آب برگ رقم F1 هلندی نسبت به دو رقم دیگر از وضعیت بهتری برخوردار است (شکل 4). بنابراین احتمالا" ریشه‌های آنها در خاک‌های خشک، وضعیت بهتری از نظر محتوای رطوبتی دارا می باشد. زمانی که آبیاری انجام نمی گیرد، سطح خاک به سرعت خشک می شود و رطوبت به لایه‌های عمیق‌تر خاک محدود می شود. بنابراین گیاهانی می توانند بوسیله مکانیسم اجتناب در برابر خشکی زنده مانده و به فعالیت حیاتی خود ادامه دهند، که قادر باشند ریشه‌های خود را به افق‌های پایین‌تر برسانند که با توجه به اینکه اسفناج دارای ریشه‌های عمیق است می تواند به راحتی این کار را ادامه بدهد که در این تحقیق رقم F1 هلندی بهتر از رقم استاندارد ایتالیایی و توده خاردار بومی این کار را انجام داده و دارای بیشترین طول ریشه می باشد و در این آزمایش نیز احتمالا" یکی از پاسخ‌های اسفناج‌های مورد آزمایش و خصوصا" رقم F1 هلندی را می توان افزایش مجموع طول ریشه آنها در برابر تنش خشکی دانست. تحقیقات انجام گرفته نیز نشان دهنده این است که با افزایش کمبود آب به دلیل رسیدن رطوبت خاک به نقطه پژمردگی، سرعت رشد ریشه کاهش یافته و پیری زودرس در ریشه اتفاق می افتد ([بلوم، 2005](#بلوم1111111112005)).

**1-2-3- وزن تر و خشک بخش هوایی**

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که تأثیر تیمار خشکی بر وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح احتمال 1% معنی‌دار بوده است. همچنین با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی بر وزن تر اندام هوایی در هیچ یک از سطوح احتمال 1 و 5 درصد معنی‌دار نشد (جدول 1).

شکل 5. اثر سطوح آبیاری بر وزن خشک بخش هوایی ارقام اسفناج

با توجه به شکل 5 مشخص می شود که بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی مربوط به تیمار FC 100% با میانگین 10/5 گرم می باشد که با تیمار FC 75% اختلاف نشان نمی دهد ولی با تیمار FC 50% و FC 25% اختلاف معنی‌داری نشان می دهد که هر چه به سمت تنش شدید پیش می رویم باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی می شود که کمترین میزان مربوط به FC 25% و با میانگین 54/ . گرم می باشد.

شکل 6. اثر سطوح آبیاری بر وزن تر اندام هوایی در ارقام اسفناج

با توجه به شکل 6 مشخص می شود که بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار FC 100% با میانگین 34/52 گرم می باشد که با تیمار FC 75% اختلاف نشان نمی دهد ولی با تیمار FC 50% و FC 25% اختلاف معنی‌داری نشان می دهد که هر چه به سمت تنش شدید پیش می رویم باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی می شود که کمترین میزان مربوط به FC 25% و با میانگین86/2گرم می باشد. یکی از اثرات آشکار تنش خشکی کاهش وزن قسمت هوایی گیاهان است. در این آزمایش نیز به نظر می رسد بدلیل اینکه تحت شرایط خشکی شدید، در محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان می دهد و یا به دلیل تغییر جهت مواد فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها، وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد کاهش نشان می دهد. به نظر می رسد به علت فرآیند قرینگی، تنش خشکی اندازه و تعداد در گیاه اسفناج را تحت تأثیر قرار می دهد و همانطور که کمبود آب باعث کاهش رشد و تقسیم سلول می گردد، تعداد و وزن خشک اندام هوایی گیاه را نیز کاهش می دهد. در شرایط تنش خشکی، دهیدراسیون و کاهش حجم سلولی در شاخه‌ها بیشتر از ریشه‌ها به وقوع می پیوندد و به عبارت دیگر تحت شرایط کم آبی، رشد شاخه‌ها بیشتر از رشد ریشه‌ها تحت تأثیر قرار می گیرد. چنین به نظر می رسد که تحت چنین شرایطی فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتر به ریشه‌ها اختصاص داده می شود. بعلاوه بالا بودن نسبت ریشه به شاخه در شرایط تنش خشکی می تواند به حساسیت ریشه‌ها و شاخه‌ها به اسید آبسیزیک درون‌زا و وقوع تنظیم اسمزی بیشتر ریشه‌ها مرتبط باشد. یکی از اولین پاسخ‌های گیاه به تنش‌های غیرزیستی، کاهش رشد گیاه است. هرچه دوره خشکی طولانی‌تر باشد، رشد اندام هوایی کاهش بیشتری را نشان می دهد (ین و همکاران، 2005). از آنجا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توأم با کاهش سلول اتفاق می افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدید پیدا می کند که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتز‌کننده گیاه می شود ([مندر و باکر، 2002](#مندروباکر111112002)؛ [بلوم، 2005](#بلوم1111111112005)؛ [گویال و همکاران، 1998).](#گویالوهمکاران1111111998)

**1-2-4- ارتفاع گیاه**

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که تأثیر تیمار خشکی بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال 1% معنی‌دار بوده است. همچنین با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی بر ارتفاع گیاه در هیچ یک از سطوح احتمال 1 و 5 درصد معنی‌دار نشد (جدول 1).

شکل 7. اثر سطوح آبیاری بر ارتفاع گیاه در ارقام اسفناج

با توجه به شکل 7 مشخص می­شود که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار FC 100% با میانگین 58/28 سانتی‌متر می باشد که با تیمار FC 75% اختلاف معنی‌داری نشان نمی دهد ولی با تیمارهای FC 50% و FC 25% اختلاف آن معنی‌دار است. با افزایش سطح تنش رطوبتی کاهش ارتفاع گیاه نیز مشاهده می­گردد بطوریکه کمترین میزان مربوط به تیمار FC 25% و با میانگین 37/11 سانتی‌متر است. نتایج تحقیق نشان می­دهد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع در گیاه اسفناج شده است که با افزایش سطح تنش از ارتفاع گیاه کاسته می شود بطوریکه کمترین میزان ارتفاع در شدیدترین تیمار تنش خشکی رخ داد. همچنین در این تحقیق بین رقم ها از لحاظ ارتفاع اختلافی مشاهده نشد (شکل 7). تحقیقات نشان داده است که کاهش عرضه آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش های شیمیایی این فرآیند می شود ([سدیکو و همکاران، 2000](#سدیکووهمکاران1111112000)). از طرفی کاهش محتوای آب سلول‌ها باعث افزایش غلظت شیره سلولی شده که فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون‌سلولی را تحت تأثیر قرار می­دهد ([کافی و همکاران، 1386](#کافیوهمکاران11111386)). با افزایش تنش آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش یافته و به تبع آن سرعت رشد، فتوسنتز و خصوصیات مورفولوژیک و در نهایت ارتفاع گیاه و زیست‌توده کاهش می یابد ( بلوم، 2005). اختلاف ارتفاع در اغلب گیاهان ناشی از خصوصیات ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی است. از آنجا که تقسیم و افزایش اندازه سلول به تنش خشکی بسیار حساس است، لذا به نظر می رسد که در تیمارهای تحت تنش خشکی، افزایش اندازه سلول تحت تأثیر قرار گرفته و با ممانعت از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع گیاه می گردد. همچنین علت کاهش ارتفاع، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلول در شرایط خشکی می باشد ([کابوسلی و همکاران، 2002](#کابوسلیوهمکاران11111112002)).

**1-2-5- سطح برگ**

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که تأثیر تیمار خشکی بر سطح برگ در سطح احتمال 1% معنی‌دار بوده است. همچنین با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح تنش رطوبتی بر سطح برگ در هیچ یک از سطوح احتمال 1 و 5 درصد معنی‌دار نشد (جدول 1).

شکل 8. اثر سطوح آبیاری بر سطح برگ در ارقام اسفناج

با توجه به شکل 8 مشخص می شود که بیشترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار FC100% با میانگین 75/857 میلی‌مترمربع می باشد که با تیمار FC 75% اختلاف نشان نمی دهد ولی با تیمار FC 50%و FC 25% اختلاف معنی‌داری نشان می دهد که هر چه به سمت تنش شدید پیش می رویم باعث کاهش سطح برگ می شود که کمترین میزان مربوط به FC 25% و با میانگین 48 میلی‌مترمربع می باشد. به عقیده [کازلوسکی (1968)](#کازلوسکی111111111968) تنش آب زمانی در یک گیاه افزایش می یابد که شدت تعرق در آن از میزان جذب آب تجاوز کند، لذا کاهش سطح تعرق برگ می تواند از اولین پاسخ های مرفولوژیک در برابر تنش خشکی در گیاهان باشد. در این تحقیق نیز نتایج به خوبی نشان می دهد که پایین‌ترین سطح تنش رطوبتی موجود در آزمایش باعث کاهش بسیار معنی‌دار سطح برگ در کلیه ارقام اسفناج شد (شکل 8). با توجه به نتایج موجود می توان گفت کاهش سطح برگ احتمالا" یکی از واکنش‌های تحمل به خشکی در اسفناج است. کاهش شاخص سطح برگ با افزایش فاصله آبیاری احتمالا" به علت پیری زودرس برگ ها است که با تشدید کمبود آب پیری تسریع می شود ([والنیتنوز و تولنر، 2004](#والنیتنوزوتولنر11111112004)). در این شرایط سرعت گسترش سطح برگ کمتر از سرعت زوال آنها است و مقدار مواد ذخیره کربوهیدرات گیاه به نسبت سطح برگ کاهش می یابد، ولی مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد گیاه افزایش می یابد. لذا در شرایط تنش شدید آب، گیاه قادر نخواهد بود که کربوهیدرات مورد نیاز برای ادامه رشد کامل گیاه را فراهم کند، در نتیجه گسترش سطح برگ متوقف شده و گیاه به مرور زمان ضعیف می گردد (والنیتنوز و تولنر، 2004). یکی از اولین نشانه های کمبود آب کاهش سطح برگ است. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می یابد ([هسیائو، 1973](#هسیائو111111973)). قابلیت کنترل مساحت برگ، مکانیسم مهمی است که یک گیاه تحت تنش خشکی به وسیله آن بر مصرف آب اعمال کنترل می کند ([بلوم، 1996](#بلوم1111111996)).

**1-3- نتیجه­گیری**

درشرایط تنش و وضعیت نامناسب آماس سلول، اختصاص مواد غذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش یافته و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات موردنیاز برای ادامه رشد را فراهم کند، به همین دلیل شیب کاهش وزن خشک اندام هوایی نسبت به وزن خشک ریشه شدیدتر است. رقم F1 هلندی در فاکتورهای ریشه نسبت به دو رقم دیگر مقاومت بیشتری را به خشکی نشان می دهد. در فاکتورهای بخش هوایی رقم F1 و استاندارد ایتالیایی نسبت به توده خاردار بومی با کاهش بیشتر اندام های خود به تنش مقاومت نشان می دهند. در توده خاردار بومی با توجه به افزایش اندام های هوایی خود می توان از این خصوصیت برای اصلاح و معرفی آن استفاده کرد.

**منابع**

1. [حسنی، غ. و امیدبیگی، ر. 1381. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی، 12 (3): 47-59.](#حسنیوامیدبیگی1381)

1. [کافی، م. و دامغانی، ع. 1379. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های خشکی محیطی در گیاهان. (ترجمه).انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. 467 صفحه.](#کافیودامغانی1379)

1. [گنجعلی، ع.، کافی، م.، باقری، ع. و شهریاری، ف. 1384. بررسی جنبه های فیزیومورفولوژیک مقاومت به خشکیژنوتیپ های نخود (](#گنجعلی1384)*[Cicer arientinum](#گنجعلی1384)* [L.). رساله دکتری، گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد.](#گنجعلی1384)

1. [کافی، م.، زند، الف.، کامکار، ب، شریفی، ح. و گلدانی، م. 1386. فیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد 1 و 2 (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.](#کافیوهمکاران1386)

1. [Blum, A., and Sullivan, C.Y. 1986. Comparative drought resistance of landraces of sorghum and milletfrom dry and humid regions.](#بلوموهمکاارن1986) *[Ann.Bot. 57: 835-846.](#بلوموهمکاارن1986)*

1. [Lu, Z., and Neumann, P.M. 1999. Water stress inhibits hydraulic conductance and leaf growth in Rice seedling but not the transport of water via mercury-sensitive water channels in the root](#لوونومن1999)*[. Plant Physiology. 120: 143-151.](#لوونومن1999)*
2. [Lu, Z., and Neumann, P.M. 1999. Water stress inhibits hydraulic conductance and leaf growth in Rice seedling but not the transport of water via mercury-sensitive water channels in the root](#لوونومن1999)*[. Plant Physiology. 120: 143-151.](#لوونومن1999)*

1. [Gregory, P.J. 2006. Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils).](#گریگوری2006) *[Blackwell Publishing, pp: 150-173.](#گریگوری2006)*

1. [Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y., and Li, C. 2005. Adaptive responses of Populus kangdigensis to drought stress.](#ینوهمکاران2005) *[Physiology Plant, 123:445-451.](#ینوهمکاران2005)*

1. [Mundree, S.G., and Baker, B. 2002. Physiological and molecular insights in to drought tolerance.](#مندروباکر2002) *[African Journal of Biotechnology. 1:28-38.](#مندروباکر2002)*

1. [Goyal, V., Sudha. J., and Bishnoi, N., 1998. Effect of terminal water stress on stomatal resistance, transpiration, and canopy temperature and millet yield.](#گویالوهمکاران1998) *[Annual Agriculture Biology Research. 3:119-122.](#گویالوهمکاران1998)*

1. [Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat.](#سدیکووهمکاران2000) *[Botanical Bulletin Academia Sinica. 41: 35-39.](#سدیکووهمکاران2000)*

1. [Cabuslay, G.S., Ito, O., and Alejal, A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (](#کابوسلیوهمکاران2002)*[Oryzasativa](#کابوسلیوهمکاران2002)* [L.) to water deficit](#کابوسلیوهمکاران2002)*[, Plant Science, 63:815–827.](#کابوسلیوهمکاران2002)*

1. [Kozlowski, T.T. 1968. Introduction. In T.T.Kozlowski, (ed.). Water deficit and plant growth. P. 1.](#کازلوسکی1968) *[Academic Press, New York.](#کازلوسکی1968)*

1. [Valentinuz, O., and Tollenar, M. 2004. Vertical profile of leaf area and leaf senescence during the grain- filling period in maize.](#والنیتنوزوتولنر2004) *[Crop Sci. 44: 827-834.](#والنیتنوزوتولنر2004)*

1. [Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress.](#هسیائو1973) *[Annu. Rev.Plant Physiol. 24:519-570.](#هسیائو1973)*