

## مقایسه کارایی تعرق و محتوی آب نسبی در هشت رقم یونجه در شرایط تنش ملایم خشکی

علی اکبر مقصودی مود<sup>۱</sup> و مهدی لردان<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، E-mail: akubaru2@yahoo.com

### چکیده

هشت رقم یونجه از لحاظ کارایی تعرق و محتوی آب نسبی، به عنوان شاخص‌های مقاومت به خشکی، در آزمایشی گلدانی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه مورد مقایسه قرار گرفتند. میان ارقام مختلف یونجه از لحاظ مقدار مصرف آب و ماده خشک (علوفه) تولید شده در مراحل مختلف رشد و در هر دوره برداشت اختلافهای معنی‌داری وجود داشت. وارپته‌های همدانی و دیابلوورده بیشترین و یزدی و سکونل کمترین کارایی تعرق را داشتند، اگر چه در مجموع اختلافهای میان آنها با احتمال بیش از ۹۵٪ معنی‌دار نبود. روند تغییرات محتوی نسبی آب برگ با کاهش رطوبت خاک در این دو گروه نشان داد که وارپته‌های با کارایی تعرق بالا در مقادیر کمتر رطوبت خاک، محتوی نسبی آب بالاتری دارند. ممکن است بالاتر بودن کارایی تعرق ناشی از توانایی حفظ آب در شرایط خشک در بافتهای برگ یا حفظ محتوی نسبی آب برگ در حد زیاد باشد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که ارقام همدانی و دیابلوورده به دلیل کارایی تعرق زیادتر در شرایط تنش ملایم و حفظ محتوی آب نسبی زیاد برگ می‌توانند برای کشت در مناطق خشک و در شرایط بروز خشکی تدریجی مناسب باشند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، یونجه (*Medicago sativa* L.)، محتوی آب نسبی و کارایی تعرق.

### مقدمه

تعریف مقاومت به خشکی تا حدودی مشکل است، ولی آنچه که اکثر محققان بر آن اتفاق نظر دارند این است که معمولا در شرایط خشک وارپته‌ای که عملکرد بیشتری داشته باشد مقاوم به خشکی محسوب می‌شود (Saranga et al., 1998)، (Blum, 1983) و (Blum & Penuel, 1990). اما با توجه به اینکه عملکرد تحت تأثیر تعداد زیادی ژن قرار دارد صفات متعددی می‌توانند در ایجاد مقاومت به خشکی در گیاه سهیم باشند. در شرایط خشک عملکرد دانه در گیاهان زراعی را می‌توان به صورت زیر بیان نمود (Passioura, 1977):

(۱)  $GY = WU \times WUE \times HI$  که در آن  $GY$  عملکرد دانه،  $WU$  مقدار آب جذب شده،  $WUE$  کارایی تعرق یا همان

هنگامی که فاصله زمانی میان دو بارندگی به قدری زیاد باشد که باعث کاهش رطوبت محیط و بروز اختلال در عملکرد طبیعی متابولیسم گیاه شود، خشکی بروز کرده است (Kramer, 1969). خشکی عامل مهم محدود کننده رشد گیاهان زراعی است و با توجه به وقوع مکرر آن در مناطقی از دنیا که کشور ما را نیز در بر می‌گیرد، عملکرد و تولید محصولات زراعی را به شدت کاهش می‌دهد. گیاهانی که در معرض خشکی قرار می‌گیرند، دچار پسابش شده و در نتیجه کاهش مقدار آب بافتها و سلول‌ها، عملکرد آنها کاهش می‌یابد (Kramer, 1969). یک راه حل اساسی برای حل این مشکل استفاده از وارپته‌های مقاوم به خشکی برای کشت در مناطق خشک است (Blum & Penuel, 1990) و (Richards, 1996) و (Whan et al., 1993).

کارایی تعرق گیاهان را تا حد ممکن افزایش داد (Tanner & Snicclair, 1983). کارایی تعرق به عنوان یک شاخص کلیدی تعیین کننده توانایی تولید محصول در گیاهان در شرایطی که رطوبت موجود در محیط محدود باشد، در نظر گرفته شده است (Richards & Farquhar, 1984; Blum & Penuel, 1990; Blum, 1988). در واقع بالا بودن کارایی تعرق می تواند باعث شود که بخش بزرگتری از آب جذب شده توسط گیاه در فرآیندهای دخیل در ساخت مواد مورد استفاده قرار گرفته و باعث افزایش عملکرد شود. با توجه به معادله (۲) در شرایط خشک این عمل باعث افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش مقاومت به خشکی خواهد شد. کارایی تعرق را می توان به طور مستقیم به عنوان یک شاخص در برنامه های اصلاحی برای تولید واریته های مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار داد (Blum, 1988; Blum & Penuel, 1990; Ludlow & Muchow, 1990; Saranga et al., 1998). در صورتی که تنوع ژنتیکی کافی وجود داشته و وراثت پذیری نیز در حد بالایی باشد اصلاح واریته های با کارایی تعرق بالا کار ساده ای خواهد بود (Blum, 1983). آزمایش های انجام شده تا کنون وجود تنوع ژنتیکی را در این صفت در میان واریته های مختلف گیاهان زراعی مثل گندم (Anderson & Read, 1966)، جو (Acevedo, 1993; Crauford et al., 1991)، یولاف، کتان (Anderson & Read, 1966)، آفتابگردان (Virgona et al., 1990)، برنج (Dingkuhn et al., 1991)، لوبیا (Ehleringer, 1990)، پنبه (Saranga et al., 1998)، گاو دانه (Hall et al., 1992)، بادام زمینی (Hubick et al., 1986) و یونجه (Ray et al., 1998; Claypool et al., 1997; Jhonson & Tiezen, 1994, Rumbough, 1995). نشان داده اند.

آزمایش های انجام شده نشان داده اند که میزان کارایی تعرق یونجه در لاین هایی که برگ تیره دارند ۱/۴۷ و در لاین هایی که برگ روشن دارند ۱/۲۲ گرم ماده خشک به ازای یک کیلوگرم آب مصرف شده است (Claypool et

کارایی فیزیولوژیکی مصرف آب که در واقع نسبت میان کربن جذب شده در جریان فتوسنتز به مقدار آب تلف شده در جریان تعرق گیاه است و HI شاخص برداشت هستند. در مورد گیاهان علوفه ای رابطه فوق را می توان به صورت زیر نوشت:

$$FY = WU \times WUE \quad (2)$$

که در آن FY عملکرد علوفه است.

با توجه به اینکه میان اجزای عملکرد در سمت راست معادلات فوق همبستگی وجود ندارد (Passioura, 1977) بنابراین هر صفتی که بتواند در شرایط خشک هر یک از این اجزا را افزایش دهد، می تواند باعث افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش مقاومت به خشکی گردد.

از نظر زراعی کارایی مصرف آب نسبت میان مقدار محصول تولید شده به مقدار آب مصرف شده برای آبیاری مزرعه می باشد. افزایش کارایی مصرف آب می تواند هم در مناطقی که آبیاری انجام می شود و هم در مناطق خشک که بیشتر تولید محصول متکی به بارندگی است، مفید واقع شود. در چند دهه اخیر با ابداع و بکارگیری روش های کارآمد در آبیاری مزارع، کارایی مصرف آب تا حد قابل ملاحظه ای افزایش یافته است (Tanner & Snicclair, 1983). در مورد یونجه با وجود اینکه این گیاه در طول دوره رشد خود مقدار زیادی آب مصرف می کند، اما چون در تمام طول سال رشد کرده و محصول تولید می کند، شاخص برداشت آن حداکثر بوده و در عین حال سیستم ریشه ای عمیق دارد که پس از سال اول که بوته ها مستقر می شوند در جذب آب وارد شده به خاک بسیار مؤثر عمل می کنند و علاوه بر این در سالهای دوم به بعد در مزرعه آن مقدار زیادی آب برای مرحله جوانه زنی و استقرار بوته ها مصرف نمی شود، آب مصرفی با بازده زیادی مورد استفاده قرار می گیرد. با این وجود برای افزایش استفاده کارآمد از آب در مزارع یونجه راهکارهایی وجود دارد. به عنوان مثال، برای افزایش هر چه بیشتر کارایی مصرف آب می توان

جایگزین اندازه‌گیری کارایی تعرق پیشنهاد شده‌اند (Ray et al., 1998; Johnson et al., 1995). میزان همبستگی بین  $\Delta$  و کارایی تعرق بین ۰/۶۳ و ۰/۷۳ برآورد شده است (Johnson & Tieszen, 1994). تنوع ژنتیکی در میان واریته‌های مختلف یونجه از نظر مقدار  $\Delta$  دیده شده است (Johnson & Rumbaugh, 1995). قابلیت ترکیب عمومی زیاد و قابلیت ترکیب خصوصی کم در مورد  $\Delta$  در یونجه نشان می‌دهند که از این صفت برای اصلاح واریته‌های با کارایی تعرق زیاد می‌توان استفاده نمود (Johnson & Rumbaugh, 1995). در میان لاین‌ها و واریته‌های مختلف یونجه از نظر مقدار  $\Delta$ ، زمان رسیدگی، عملکرد، درجه حرارت برگ، خاکستر گیاهی، وزن به‌ویژه برگ و سطح ویژه برگ، تنوع ژنتیکی مشاهده شده است (Ray et al., 1999). بین  $\Delta$  و درجه حرارت برگ خاکستر گیاهی و وزن به‌ویژه برگ و نسبت وزن برگ به ساقه همبستگی ضعیفی دیده شده است که نشان می‌دهد هیچ کدام به عنوان جایگزین  $\Delta$  قابل استفاده نیستند (Ray et al., 1999). نتایج بدست آمده نشان داده‌اند که باید میان واریته‌ها از نظر هدایت روزنه‌ای یا ظرفیت فتوسنتزی اختلاف وجود داشته باشد (Hatterford et al., 1990). غلظت گاز CO<sub>2</sub> در فضاهای داخل برگ و وزن به‌ویژه برگ نیز به عنوان صفاتی که می‌توانند برای اصلاح به منظور افزایش کارایی تعرق مورد استفاده قرار گیرند توصیه شده‌اند. نشان داده شده است که این دو صفت دارای وراثت‌پذیری زیاد بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیط قرار می‌گیرند (Gutschick & Currier, 1992).

در صورتی که این صفات علاوه بر کارایی تعرق با عملکرد نیز همبستگی داشته باشند، می‌توان از آنها در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود (Condon & Richards, 1993). آزمایش‌های انجام شده وجود همبستگی مثبت میان عملکرد و  $\Delta$  (۰/۶۴) را نشان داده‌اند (Ray et al., 1999). همبستگی مثبت میان عملکرد علوفه و  $\Delta$  نشان می‌دهد که

همچنین کارایی تعرق واریته‌هایی که برگهای کوچک دارند ۱/۲۹ و واریته‌هایی که برگهای بزرگ دارند ۱/۴۳ گرم به ازای یک کیلوگرم آب مصرف شده می‌باشد. معلوم شده است که میزان تعرق ژنوتیپ‌هایی که برگهای بزرگ دارند ۱۲ تا ۱۷ درصد بیشتر از ژنوتیپ‌هایی که برگهای کوچک دارند و میزان تعرق ژنوتیپ‌هایی که برگهای روشن دارند ۲۵ تا ۲۹ درصد بیشتر از میزان تعرق ژنوتیپ‌هایی است که برگهای تیره دارند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهند که اصلاح یونجه به منظور افزایش استفاده کارآمد از آب، با افزایش میزان کارایی تعرق امکان پذیر است (Claypool et al., 1997).

برای افزایش کارایی تعرق در یونجه بایستی صفاتی را که با آن در ارتباط هستند شناسایی و در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار داد. میزان تعرق، مقاومت روزنه‌ها در برابر خروج بخار آب، ظرفیت فتوسنتزی برگها (Farquhar & Richards, 1984; Tanner & Snicclair, 1983; خصوصیات مورفولوژیکی و آناتومیکی آنها (Chilcote et al., 1981) و مورفولوژی ریشه‌ها (Johnson et al., 1998) از گروه این صفات هستند. علاوه بر این چون اندازه‌گیری مستقیم کارایی تعرق تنها با استفاده از روشهای لایسیمتری امکان پذیر است و در صورتی که تعداد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش زیاد باشند، کاربرد این روش بسیار پرهزینه و وقت‌گیر خواهد بود، استفاده از صفات جایگزین که همبستگی قوی با کارایی تعرق دارند، مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است (Chilcote et al., 1981) میزان تبعیض ایزوتوپ‌های کربن که با  $\Delta$  نشان داده می‌شود (Ray et al., 1998; Farquhar & Richards, 1984; Johnson & Rumbaugh, 1995)، درجه حرارت پوشش گیاهی (Gutschick & Currier, 1992; Ray et al., 1999)، مقدار عناصر معدنی موجود در بافت‌های گیاهی یا خاکستر گیاه (Masle et al., 1992; Mayland et al., 1993) نسبت برگ به ساقه و وزن به‌ویژه برگ به عنوان

## مواد و روشها

### اندازه‌گیری کارایی تعرق: با توجه به عمیق بودن

سیستم ریشه‌ای یونجه برای اینکه شرایط خاک مشابه شرایط معمول رشد یونجه در مزرعه باشد، گلدانهای ویژه‌ای از لوله‌های PVC به قطر ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتیمتر تهیه و در کف آنها صفحه‌هایی از همین جنس چسبانده شد به طوری که راه خروج آب کاملاً مسدود باشد (Briggs & Shantz, و Farquhar & Richards, 1984) خاک مورد استفاده پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری به طور یکنواخت با کود حیوانی پوسیده به نسبت ۱:۴ مخلوط شد. توده خاک به مدت یک هفته روی یک نایلون در معرض هوا قرار گرفته و هر روز چند بار مخلوط گردید تا به طور یکنواخت خشک شده و به رطوبت ثابت ۴ درصد برسد. به هر گلدان ۱۰ کیلوگرم خاک خشک اضافه و برای جلوگیری از گرم شدن آنها در اثر تابش آفتاب، بدنه تمام گلدانها با ورقه‌های نازک آلومینیومی پوشانده شدند. پس از آبیاری با محلول غذایی هوگلند (Farquhar & Richards, 1984)، تعداد ۷-۱۰ بذر از ۸ رقم یونجه (چهار وارپته گرمسیری شامل بمی، یزدی، نیک شهری و دیابلوورده و چهار وارپته سردسیری شامل همدانی، سکوئل، سوئدی و سی‌یور) در هر گلدان کشت شدند. گلدانها در مدت دو هفته تحت شرایط دمایی حداکثر ۲۵ درجه و حداقل ۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا بذرها در آنها جوانه زده و گیاهچه‌ها مستقر گردیدند. در مرحله ۸-۶ برگی در هر گلدان یک بوته حفظ و بقیه حذف شدند. جهت جلوگیری از تبخیر از خاک، سطح گلدانها با یک لایه ۳ سانتیمتری از پرلایت پوشیده شد. در طی دوره آزمایش برای اعمال تنش ملایم گلدانها در فواصل زمانی ۲ تا ۵ روزه به صورت مرتب توزین و با جبران آب از دست رفته مقدار رطوبت آنها در حد ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه حفظ شد. کاهش وزن گلدانها به عنوان مقدار آب مصرف شده در نظر گرفته شد.

در هنگام انتخاب بوته‌ها برای افزایش کارایی تعرق از طریق انتخاب برای  $\Delta$  بایستی هر دو صفت را مورد ارزیابی قرار داد تا احتمال کاهش عملکرد در اثر انتخاب بوته‌ها برای  $\Delta$  کاهش یابد. درجه حرارت پوشش گیاهی و میزان خاکستر گیاهی در یونجه در شرایط خشک با دلتا همبستگی منفی داشته‌اند (Ray et al., 1999).

از طرف دیگر حفظ مقدار زیادتر محتوی آب سلول در شرایطی که گیاه در معرض خشکی قرار می‌گیرد نیز می‌تواند به عنوان شاخصی از مقاومت به خشکی تلقی گردد. زیرا به این ترتیب بوته‌ها می‌توانند از بروز اثرات مخرب خشکی در سلولها و بافتهای خود اجتناب نموده و عملکرد خود را بالا ببرند (Morgan, 1988).

کاهش محتوی آب نسبی در شبدر سفید باعث کاهش میزان قابلیت زنده ماندن دانه‌های گرده، گرده‌افشانی، تشکیل دانه و کاهش میزان پر شدن دانه‌ها شده است (Danyach & Wery, 1988). مقدار گلهای حاوی شهد نیز به میزان ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافته‌اند (Danyach & Wery, 1988). با این وجود در مقایسه با خشکی شدید و رطوبت زیاد، کمبود آب در حد متوسط باعث کاهش گرده‌افشانی نشده و حتی باعث تشکیل دانه به میزان حداکثر و افزایش وزن هزار دانه شده است (Danyach & Wery, 1988).

در مناطق خشک و نیمه خشک یونجه معمولاً تحت شرایط فاریاب کشت می‌گردد. در شرایطی که پتانسیل تبخیر و تعرق زیاد و فواصل آبیاری طولانی می‌شود، بوته‌ها تحت تأثیر تنش ملایم خشکی قرار می‌گیرند. این موضوع می‌تواند ناشی از افزایش شدت تعرق در ساعات میانی روز باشد. در بعضی مواقع تأخیر در آبیاری مزارع ممکن است باعث بروز تنش خشکی ملایم شده و باعث کاهش عملکرد شود. هدف از انجام این تحقیق مقایسه چند وارپته مختلف یونجه از نظر کارایی تعرق و حفظ محتوی نسبی آب سلول در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

که در آن  $RWC$  = محتوی نسبی آب،  $F_w$  = وزن تازه برگ،  $D_w$  = وزن خشک برگ،  $S_w$  = وزن اشباع برگ می باشد.

میانگین مقادیر بدست آمده به عنوان محتوی نسبی آب در نظر گرفته شد. آزمایش در چهار بلوک کامل تصادفی تکرار شد. داده های حاصل مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند.

### نتایج

مقادیر کل آب مصرف شده، کل ماده خشک تولید شده و کارایی تعرق واریته ها در طول ۵ برداشت در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود اگر چه از لحاظ مقدار آب مصرف شده و مقدار ماده خشک تولید شده میان واریته ها اختلافهای معنی داری وجود دارد، اما از لحاظ کارایی تعرق اختلافهای میان آنها در سطح احتمال ۰.۵٪ معنی دار نیست. به طور کلی واریته های دیابلوورده، همدانی و سوندی با کارایی تعرق بیش از ۲/۰۲ حداکثر و واریته های یزدی و سکونل با کارایی تعرق کمتر از ۱/۸۰ حداقل مقادیر کارایی تعرق را داشتند.

جدول ۱- مقادیر میانگین آب مصرفی، ماده خشک (علوفه) تولیدی و کارایی تعرق ۸ رقم یونجه مورد استفاده در آزمایش در طول پنج برداشت

کارایی تعرق	ماده خشک تولید شده (میلی گرم)	آب مصرفی (گرم)	
۱/۸۸a	۱۰۵۰۲/۵b	۵۶۴۱/۳۵c	نیک شهری
۲/۰۳a	۹۴۲۰/۷b	۴۶۰۴/۵۵abc	همدانی
۱/۷۷a	۷۹۸۳/۵ab	۴۴۲۵/۷۵abc	یزدی
۱/۹۵a	۷۳۴۸/۱ab	۳۷۶۲/۳۵ab	بمی
۲/۰۲a	۹۴۵۰/۲b	۴۶۸۰/۳۲bc	سوندی
۲/۰۴a	۸۹۰۱/۲ab	۴۳۶۱/۲abc	دیابلوورده
۱/۹۳a	۷۹۵۴/۹ab	۴۱۲۶/۳۷abc	سی ریور
۱/۷۹a	۵۵۲۸/۵a	۳۰۰۷/۷a	سکونل

اختلاف میانگین هایی که دارای حروف الفبای مشابه هستند با اطمینان ۹۵ درصد معنی دار نیست.

بوته ها در طی ۸ ماه در مجموع ۵ بار در زمان ۳۰٪ گلدهی برداشت شدند. پس از هر برداشت قسمت هوایی بوته ها در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و توزین شدند، با استفاده از مقادیر مربوط به ماده خشک و کل آب مصرف شده در هر برداشت، کارایی مصرف آب ( $WUE$ ) توسط رابطه زیر برای هر رقم محاسبه گردید که در آن  $D_w$  = وزن خشک علوفه و  $W_w$  = میزان آب مصرف شده توسط بوته ها می باشند.

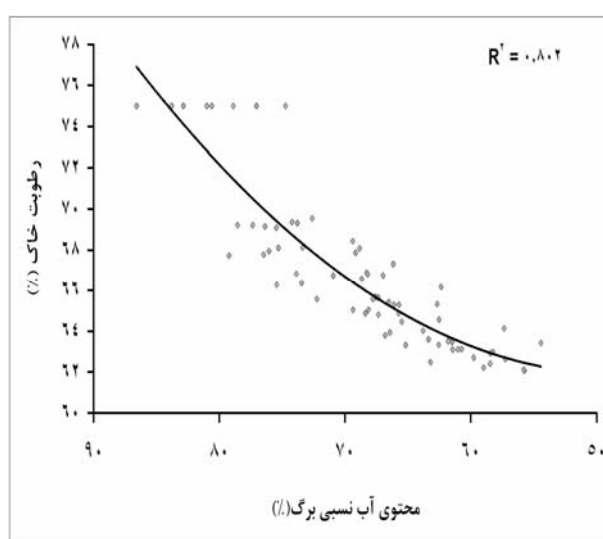
$$WUE = \frac{D_w}{W_w} \quad (۳)$$

اندازه گیری محتوی آب برگ: در یک آزمایش جداگانه تعداد ۴۰ گلدان آماده و بذره های واریته ها در آنها کشت شدند. پس از اینکه بوته ها در چین دوم تعداد زیادی برگ تولید نمودند رطوبت گلدانها به ۷۵ درصد وزنی رسیده و سپس در طی یک دوره ۴ هفته ای از آبیاری آنها خودداری شد. در طی این دوره در فواصل زمانی ۳ روزه ضمن اندازه گیری وزن گلدانها و محاسبه درصد وزنی رطوبت خاک از هر بوته سه نمونه برگ به تصادف انتخاب شد. برای جلوگیری از اتلاف آب برگ در اثر تعرق، برگها بلافاصله در پاکتهای پلاستیکی زیپ دار در محیط تاریک درون یک ظرف حاوی یخ قرار گرفته و به سرعت به آزمایشگاه منتقل و به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند. پس از آن نمونه ها به مدت سه ساعت در ظرفهای حاوی آب مقطر در تاریکی قرار گرفته و پس از رسیدن به حالت اشباع دوباره توزین شدند. سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد خشک شدند. نمونه برداری از تمام تکرارها هر بار در فاصله ساعت ۱۱:۳۰ تا ۱۲:۳۰ به وقت محلی و از برگهای هم سن و با موقعیت مشابه روی بوته انجام شد. محتوی نسبی آب نمونه های برگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Barr et al., 1962):

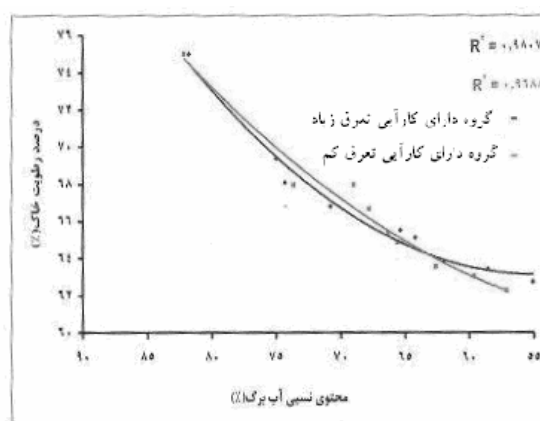
$$RWC = \frac{F_w - D_w}{S_w - D_w} \times 100 \quad (۴)$$

نسبی آب با کاهش رطوبت خاک، مشابه بوده، اما با کاهش بیشتر رطوبت خاک به پایین تر از ۶۵٪ محتوی نسبی آب در ارقام مقاوم به یک ثبات نسبی می رسد. به عبارت دیگر محتوی نسبی آب، در رقم های با کارایی تعرق زیاد، با نقصان بیشتر رطوبت خاک، کاهش نیافته در صورتی که در ارقام با کارایی تعرق کم این روند نزولی، ادامه یافته است.

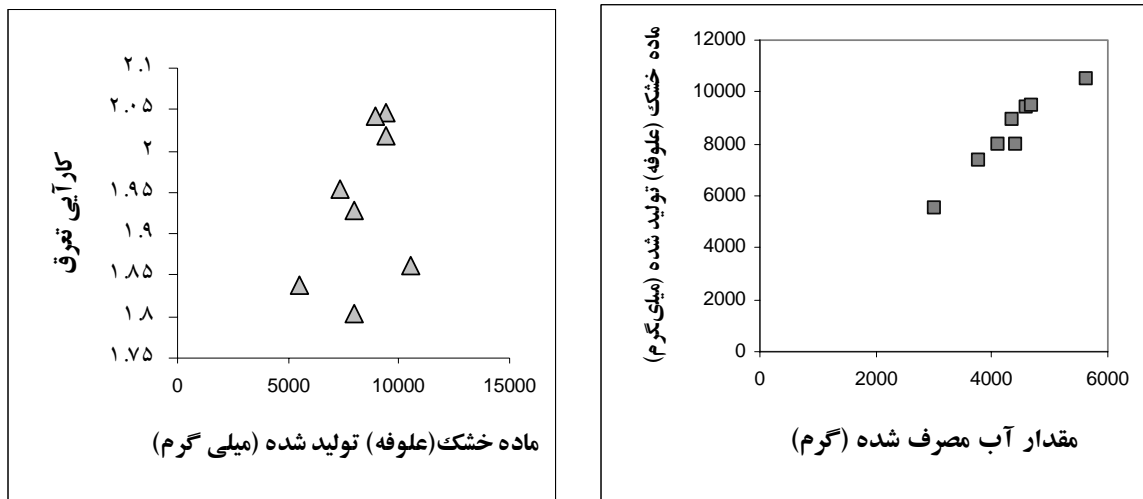
داده های حاصل نشان می دهد که با کاهش درصد وزنی رطوبت خاک، محتوی نسبی آب برگها نیز کاهش می یابد. این روند نزولی در تمام رقمها تقریباً یکسان می باشد ( شکل ۱). با این وجود مقایسه روند کاهش درصد وزنی رطوبت خاک با محتوی نسبی آب برگها در ارقام یزدی و سکوئل که کارایی تعرق کمتر دارند و ارقام همدانی و دیابلوورده که کارایی تعرق بالاتری دارند نشان می دهد که در ابتدا برای هر دو گروه، روند کاهش محتوی



شکل ۱- روند تغییرات محتوی آب نسبی برگ همراه با کاهش رطوبت خاک در واریته های مختلف یونجه



شکل ۲- تغییرات محتوی نسبی آب در بافت برگ واریته های یونجه (که بر حسب مقدار کارایی تعرق خود به دو گروه با کارایی تعرق زیاد و کم تقسیم شده اند) با کاهش تدریجی آب خاک



شکل ۳- رابطه ماده خشک (علوفه) تولید شده با کارایی تعرق (راست) و مقدار آب مصرف (جذب) شده (چپ) در ۸ رقم یونجه

بنابراین ممکن است اختلافهای احتمالی میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ کارایی تعرق بیشتر بوده باشد. در شرایطی که محیط به تدریج خشک می‌شود، گیاهانی که محتوی نسبی آب زیادتری دارند بایستی بتوانند آب بیشتری از خاک جذب و در بافتهای خود نگهداری کنند. در نتیجه تورژسانس سلول‌ها زیاد خواهد شد. مقدار رشد ریشه‌ها و اندام‌های هوایی ( $r$ ) برابر با حاصل ضرب اختلاف فشار تورژسانس ( $p$ ) و آستانه تولید دیواره سلولی ( $y$ ) در ضریب تولید دیواره ( $m$ ) می‌باشد (Green *et al.*, 1971).

$$r = m(p - y)$$

بنابراین در اثر حفظ محتوی نسبی آب برگها در حد زیاد فشار تورژسانس برگها زیاد و رشد سلول‌ها بیشتر خواهد شد. در نتیجه برگها بیشتر رشد نموده و سطح تعرق کننده و همچنین فتوسنتزکننده بزرگتری ایجاد خواهد شد. رشد و تراکم ریشه‌ها نیز بیشتر و در اثر جذب آب زیاد، تنش وارده بر گیاه کاهش و غلظت آبیسیک اسید کم خواهد شد. از طرف دیگر به دلیل رابطه میان مقدار آب جذب شده توسط گیاه و رشد آن (شکل ۳) گیاهانی که توانایی حفظ محتوی آب سلول در

## بحث

کارایی تعرق به عنوان یک شاخص مقاومت به خشکی برای اصلاح واریته‌های مقاوم مطرح و مورد استفاده قرار گرفته است (Saranga *et al.*, 1998; Blum, 1983; Ludlow & Muchow, 1990). نتایج حاصل از این آزمایش اختلافهایی را از لحاظ کارایی تعرق میان واریته‌ها نشان نداده است. بر اساس نظریه و نتایج آزمایشهای انجام شده، رطوبت نسبی هوای محیط رشد گیاه بر مقدار کارایی تعرق آن به شدت تأثیر می‌گذارد (Farquhar & Richards, 1984; Tanner & Sinclair, 1984). زیرا اگر رطوبت نسبی هوای اطراف زیاد شود، اختلاف فشار بخار جزئی آب در هوای اطراف برگ و داخل آن کاهش یافته و تعرق کاهش و در نتیجه کارایی تعرق افزایش می‌یابد. در این آزمایش گلدانها در طول دوره رشد خود در محیط با رطوبت نسبتا زیاد قرار داشته‌اند. مقادیر کارایی تعرق برای یونجه در این آزمایش در مقایسه با آنچه که قبلا گزارش شده است زیاد می‌باشد (Claypool *et al.*, 1997) که می‌تواند ناشی از زیادتر بودن رطوبت هوای محیط رشد بوته‌ها باشد.

محتوی نسبی آب فقط در یک مقطع زمانی اندازه‌گیری شده است.

با توجه به رابطه (۳) بایستی میان مقدار علوفه تولید شده با کارایی تعرق و همچنین مقدار آب جذب شده با کارایی تعرق رابطه مستقیم خطی وجود داشته باشد. این روابط برای ارقام مورد استفاده در این آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. ضریب همبستگی میان این کمیت‌ها در مورد ۸ واریته مورد استفاده در این آزمایش بسیار معنی‌دار می‌باشد و نشان می‌دهد که در یونجه نیز با افزایش میزان جذب آب و مقدار کارایی تعرق می‌توان به افزایش عملکرد دست یافت.

### منابع مورد استفاده

- Acevedo, E., 1993. Potential of carbon isotope discrimination as a selection criterion in barley breeding. In "Stable isotopes and plant carbon-water relations" (J. R. Ehrlinger, A. E. Hall, and G. D. Farquhar. Eds.). pp 399-417. Academic Press, San Diego
- Anderson, C.D. and Read, D. W. L., 1966. Water-use efficiency of some varieties of wheat, oats, barley, and flax grown in the greenhouse. *Can. J. Soil Sci.* 46:375-378.
- Barr, H.D. and Weatherley, P. E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15:413-428.
- Blum, A. 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press
- Blum, A., 1983. Evidence for genetic variability in drought resistance and its implications for plant breeding. In 'Drought Resistance in Crops, with Emphasis on Rice'. pp. 53-68. (International Rice Research Institute: Los Banos.)
- Blum, A. and Pnuel, Y., 1990. Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 799-810
- Briggs, L.J. and Shantz, H. L., 1913. The water requirement of plants: 1. Investigations in the Great Plains in 1910 and 1911. *USDA Bureau Plant Industry Bull.* 284.
- Chilcote, D.O., Frakes, R. V., and Ackerson, R. C., 1981. Specific leaf weight profiles of selected alfalfa genotypes. p. 79 86. In R. H. Delaney (ed.) *Physiological and morphological criteria for alfalfa plant breeding*. Univ. Wyoming Agric. Exp. Stn. Res. J. 164.
- Claypool, D. R., Ditterline, D. R. and Lockerman, R., 1997. Genetic improvement of alfalfa to conserve

شرایط تنش در آنها زیاد است باید بتوانند ماده خشک بیشتری تولید کنند. در نتیجه در شرایط خشک این گیاهان باید کارایی تعرق بیشتری داشته باشند. در این آزمایش در شرایط خشک (۶۵ درصد وزنی رطوبت خاک) در ارقام یزدی و سکوتل که کارایی تعرق کمتری داشته‌اند مقدار محتوی آب نسبی کمتر از واریته‌های همدانی و دیابلوورده که کارایی تعرق بیشتری داشته‌اند، بوده است که نشان می‌دهد این واریته‌ها در شرایط خشک نیز می‌توانند کارایی تعرق بیشتری داشته باشند. به‌طور کلی کاهش تدریجی مقدار آب خاک باعث کاهش پتانسیل آب برگها می‌شود و می‌توان انتظار داشت که در این شرایط گیاهانی که می‌توانند محتوی نسبی آب خود را در حد زیادتری نگه دارند بایستی بتوانند تورژسانس خود را حفظ کرده و در نتیجه اندام‌های هوایی و ریشه‌های آنها بهتر رشد کند (Morgan, 1988). رشد ریشه‌ها به‌ویژه در اعماق زیاد خاک باعث جذب هر چه بیشتر آب خاک می‌شود و نیاز آبی حاصل از افزایش سطح برگها را تأمین می‌کند و این به‌نوبه خود مانع کاهش محتوی نسبی آب برگ می‌شود.

در این آزمایش کارایی تعرق واریته‌ها در شرایط تنش ملایم خشکی (درصد وزنی رطوبت خاک ۷۵٪) مورد مقایسه قرار گرفته و از طرف دیگر در این حد از رطوبت خاک مقدار محتوی آب نسبی برگ واریته‌ها اختلافهای معنی‌داری را نشان نداده است. اگر محدوده ۶۵٪ تا ۷۵٪ وزنی رطوبت خاک را به عنوان محدوده تنش ملایم تا نسبتاً ملایم در نظر بگیریم با توجه به نتایج حاصل می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که واریته‌هایی که می‌توانند محتوی آب نسبی خود را در این شرایط در حد بالایی حفظ کنند، ماده خشک و علوفه بیشتری تولید خواهند نمود. محاسبه ضریب همبستگی میان مقدار کارایی تعرق با مقدار محتوی نسبی آب سلول در حد ۶۵٪ در این مورد بی‌معنی است. زیرا کارایی تعرق در کل دوره رشد اندازه‌گیری شده است، در حالی‌که



- Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationships: a modern synthesis. New York: McGrawHill.
- Ludlow, M. M. and Muchow R.C., 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv Agron* 43: 107-153.
- Masle, J., and Farquhar, G. D. and Wong, S. C., 1992. Transpiration ratio and plant mineral content are related among genotypes of a range species. *Aust. J. Plant Physiol.* 19:709-721.
- Mayland, H.F., Johnson D. A., Asay, K. H. and Read, J. J., 1993. Ash, carbon isotope discrimination, and silicon as estimators of transpiration efficiency in crested wheatgrass. *Aust. J. Plant Physiol.* 20:361-369.
- Morgan, J. M. 1988. The use of coleoptile responses to water stress to differentiate wheat genotypes for osmoregulation; growth and yield. *Annals of Botany* 62, 193-8
- Passioura, J. B., 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J Aust. Inst. Agric. Sci.* 43, 117-20.
- Ray I. M., Townsend, M. S. and Henning J. A., 1998. Variation for yield, water-use efficiency, and canopy morphology among nine alfalfa germplasms. *Crop Sci.* 38:1386-1390
- Ray J.M., Townsend M.S., Muncy C.M. and Henning J. A., 1999. Heritabilities and water use efficiency traits and correlations with agronomic traits in water stresses alfalfa. *Crop sci.* 39:494-498.
- Ray, I.M., Townsend M.S. and Henning J.A., 1998. Variation for yield, water use efficiency, and canopy morphology among nine alfalfa germplasms. *Crop Science.* 38:1386-1390.
- Richards, R.A., 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant growth regulation.* 20: 157-166.
- Saranga, Y., Flash I. and Yakir D., 1998. Variation in water use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. *Crop Sci.* 38:782-787.
- Tanner, C.B., and Sinclair, T.R., 1983. Efficient water use in crop production: research or re-research. In 'Limitation to efficient water use in crop production'. (Ed. H. Tylor) pp. 1-28. (Am. Soc. Agron.:Madison)
- Virgona, J.M., Hubick K.T., Rawson H.M., Farquhar G.D. and Downes R.W. 1990. Genotypic variation in transpiration efficiency, carbon isotope discrimination and carbon allocation during early growth in sunflower. *Austral. J. plant Physiol.* 17:207-214.
- Whan, B.R., Carlton G.P., K.H., Siddique M., Regan K.L., Turner N.C. and Anderson W. K., 1993. Integration of breeding and physiology: lessons from a water limited environment. In "International crop science, I; International crop science congress, Ames, Iowa, USA. July 14-22, xxviii+895p. 607-614.
- water. Wyoming water conference. April 21-23, Casper. WY.
- Condon, A.G., and Richards, R. A. 1993. Exploiting genetic variation in transpiration efficiency in wheat: an agronomic view. p. 435-450. In J.R. Ehleringer et al. (ed.) *Stable isotopes and plant carbon-water relations.* Academic Press, San Diego.
- Craufurd, P.Q., Austin, R.B., Acevedo, E. and Hall, M. A., 1991. Carbon isotope discrimination and grain yield in barley. *Field Crops Res.* 27: 301-313.
- Danyach, M., and Wery, J. 1988. Effect of drought stress and mineral nitrogen supply on growth and seed yield of white clover in mediterranean conditions. *J. Appl. Seed Prod.* 6:14-19.
- Dingkuhn, M.G., Farquhar, G. D., Datta, S.K., and O'Toole, J. C., 1991. Discrimination of  $^{13}C$  among upland rices having different water use efficiencies. *Austral. J. Agr. Res.* 422:1123-1131.
- Ehleringer, J. R., 1990. Correlations between carbon isotope discrimination and leaf conductance to water vapor in common beans. *Plant Physiol.* 93: 1422-1425.
- Farquhar, G. D. and Richards, R.A., 1984. Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use efficiency of wheat genotypes. *Aust J Plant Physiol* 11: 539-552.
- Green, P.B., Erickson, R. O. and Buggy, J., 1971. Metabolic and physical control of cell elongation rate. In vivo studies in *Nitella*. *Plant physiol.* 47:423-430.
- Gutschick, V.P. and Currier C. G. 1992. Increased water-use efficiency in alfalfa by selection for two key heritable physiological traits. New Mexico Water Resources Research Institute Report No. 263, New Mexico State University, Las Cruces, NM.
- Hall, A.E., Mutters, R.G., Hubick, K. T. and Farquhar, G.D., 1992. Genotypic variation in carbon isotope discrimination in cowpea under wet and dry field conditions. *Crop Sci.* 30:300-305.
- Hattendorf, M.J., Evans, D.W. and Peaden, R.N. 1990. Canopy temperature and stomatal conductance of water-stressed dormant and nondormant alfalfa types. *Agron. J.* 82:873-877.
- Hubick, K.T., Farquhar, G.D. and Shorter, R., 1986. Correlation between water use efficiency and carbon isotope discrimination in diverse peanut (*Arachis*) germplasms. *Austral. J. plant Physiol.* 13:803-816.
- Johnson, D.A., and Rumbaugh, M. D., 1995. Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *J. Range Manage.* 48:126-131.
- Johnson, L. D., Marquez-Ortiz, J. J., Lamb, J. F. S. and Barnes, D. K., 1998. Root morphology of alfalfa plant introductions and cultivars. *Crop Sci.* 38:497-502.
- Johnson, R. C. and Tieszen, L. L., 1994. Variation for water-use efficiency in alfalfa germplasm. *Crop Sci.* 34:452-458.

## Transpiration efficiency and relative water content of eight alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under mild water stress condition

A. Maghsoudi<sup>1</sup> moud and M. Lordan<sup>1</sup>

1- Shahid Bahonar University, Kerman, E-mail: akubaru2@yahoo.com

### Abstract

Two pot experiments were conducted under a shelter in order to compare transpiration efficiency and relative water content of eight alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. Pots were made of 80 cm long P.V.C. tubes with 10 cm in diameter. During the experiment, plants were harvested five times and each time pots were weighted and the amount of water used and dry matter produced were recorded. During a period of two weeks without irrigation, leaf samples were taken every 3 days and relative water content was measured. Cultivars used different amount of water and produced different amount of dry matter in each growth period. However, differences were not significant at whole growth period. Cultivars Hamedani and Diabloverde which showed the highest values of transpiration efficiency also had the highest values of relative water content at 65% soil water content, while Sequel and Yazdi had the lowest values. Cultivars with highest values of transpiration efficiency are suggested to be better for cultivation under mild water stress conditions.

**Key words:** Water stress, Alfalfa (*Medicago sativa* L.), Relative water content and Transpiration efficiency