فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۱٤ شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۱۳۷ - ۱۲۸، (۱۳۸۵)

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

علی‌اکبر مقصودی مود[۱] و مهدی لردان[۱]

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

چکیده

هشت رقم یونجه از لحاظ کارآیی تعرق و محتوی آب نسبی، به‌عنوان 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. واریته‌های همدانی و دیابلوورده بیشترین و یزدی و سکوئل کمترین کارآیی 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 واریته‌های با کارآیی تعرق بالا در مقادیر کمتر رطوبت خاک، محتوی نسبی آب بالاتری دارند. ممکن است بالاتر بودن کارآیی تعرق ناشی از توانایی حفظ آب در شرایط خشک در بافتهای برگی 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 کارآیی 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 کارآیی تعرق.

مقدمه

هنگامی که فاصله زمانی میان دو بارندگی به‌قدری 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 واریته‌های مقاوم به خشکی برای کشت در مناطق خشک است (Blum & Penuel, 1990) و (Richards, 1996) و (Whan *et al*., 1993).

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 واریته‌ای 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 کارآیی تعرق یا همان

Archive of SID

www.SID.ir

کارآیی 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 علوفه‌ای رابطه فوق را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$FY = WU \times WUE \qquad (۲)$$

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، می‌تواند باعث افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش مقاومت به خشکی گردد.

از نظر زراعی کارآیی مصرف آب نسبت میان مقدار محصول تولید شده به مقدار آب مصرف شده برای آبیاری مزرعه می‌باشد. افزایش کارآیی مصرف آب می‌تواند هم در مناطقی که آبیاری انجام می‌شود و هم در مناطق خشک که بیشتر تولید محصول متکی به بارندگی است، مفید واقع شود. در چند دهه اخیر با ابداع و بکارگیری روشهای کارآمد در آبیاری مزارع، کارآیی مصرف آب تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است (Tanner & Sniclair, 1983). در مورد یونجه با وجود اینکه این گیاه در طول دوره رشد خود مقدار زیادی آب مصرف می‌کند، اما چون در تمام طول سال رشد کرده و محصول تولید می‌کند، شاخص برداشت آن حداکثر بوده و در عین حال سیستم ریشه‌ای عمیق دارد که پس از سال اول که بوته‌ها مستقر می‌شوند در جذب آب وارد شده به خاک بسیار مؤثر عمل می‌کنند و علاوه بر این در سالهای دوم به بعد در مزرعه آن مقدار زیادی آب برای مرحله جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها مصرف نمی‌شود، آب مصرفی با بازده زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود برای افزایش استفاده کارآمد از آب در مزارع یونجه راهکارهایی وجود دارد. به‌عنوان مثال، برای افزایش هر چه بیشتر کارآیی مصرف آب می‌توان کارآیی تعرق گیاهان را تا حد ممکن افزایش داد (Tanner & Sniclair, 1983). کارآیی 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, 1984 & Blum, 1988 ;Blum & Penuel, 1990 ;Farquhar). در واقع بالا بودن کارآیی تعرق می‌تواند 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. کارآیی تعرق را می‌توان به‌طور مستقیم به عنوان یک شاخص در برنامه‌های اصلاحی برای تولید واریته‌های 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 وراثت‌پذیری نیز در حد بالایی باشد اصلاح واریته‌های با کارآیی تعرق بالا کار ساده‌ای خواهد بود (Blum, 1983). آزمایشهای انجام شده تا کنون وجود تنوع ژنتیکی را در این صفت در میان واریته‌های 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)، گاودانه (Hall *et al.*, 1992)، بادام زمینی (Hubick *et al.*, 1986) و یونجه (Ray *et al.*, 1998; Claypool *et al.*, 1997; Jhonson & Jhonson, 1994, Rumbough, 1995) نشان داده‌اند.

آزمایشهای انجام شده نشان داده‌اند که میزان کارآیی تعرق یونجه در لاین‌هایی که برگ تیره دارند ۱/٤۷ و در لاین‌هایی که برگ روشن دارند ۱/۲۲ گرم ماده خشک به ازای یک کیلوگرم آب مصرف شده است (Claypool *et*

Archive of SID

www.SID.ir

al., 1997). همچنین کارآیی تعرق واریته‌هایی که برگهای کوچک دارند ۱/۲۹ و واریته‌هایی که برگهای بزرگ دارند ۱/٤۳ 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 کارآیی تعرق امکان پذیر است (Claypool *et al*., 1997).

برای افزایش کارآیی 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 (Farquha & Richards, 1984; Tanner & Sniclair, 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 کارآیی 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 کارآیی تعرق دارند، مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است (Chilcote *et al*., 1981) میزان تبعیض ایزوتوپ‌های کربن که با Δ نشان داده می‌شود (Ray *et al*., 1998; Farquhar & Richards, 1984; Johnson & Rumbaug, 1995)، درجه حرارت پوشش گیاهی (Gutschich & 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 جایگزین اندازه‌گیری کارآیی تعرق پیشنهاد شده‌اند (Ray *et al*., 1998; Johnson *et al*., 1995). میزان همبستگی بین Δ و کارآیی تعرق بین ۰/٦۳ و ۰/۷۳ برآورد شده است (Johnson & Tieszen, 1994). تنوع ژنتیکی در میان واریته‌های مختلف یونجه از نظر مقدار Δ دیده شده است (Jhonson & Rumbaugh, 1995). قابلیت ترکیب عمومی زیاد و قابلیت ترکیب خصوصی کم در مورد Δ در یونجه نشان می‌دهند که از این صفت برای اصلاح واریته‌های با کارآیی تعرق زیاد می‌توان استفاده نمود (Jhonson & Rumbaugh, 1995). در میان لاین‌ها و واریته‌های مختلف یونجه از نظر مقدار Δ، 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 Δ 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 Δ 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 داسته باشد (Hatterford *et al*., 1990). غلظت گاز CO_2 در فضاهای داخل برگ و وزن به‌ویژه برگ نیز به عنوان صفاتی که می‌توانند برای اصلاح به منظور افزایش کارآیی تعرق مورد استفاده قرار گیرند توصیه شده‌اند. نشان داده شده است که این دوصفت دارای وراثت‌پذیری زیاد بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیط قرار می‌گیرند (Gutschick & Currier, 1992).

در صورتی که این صفات علاوه بر کارآیی 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 Δ (۰/٦٤) را نشان داده‌اند (Ray *et al*., 1999) همبستگی مثبت میان عملکرد علوفه و Δ نشان می‌دهد که

Archive of SID

www.SID.ir

در هنگام انتخاب بوته‌ها برای افزایش کارآیی تعرق از طریق انتخاب برای Δ بایستی هر دوصفت را مورد ارزیابی قرار داد تا احتمال کاهش عملکرد در اثر انتخاب بوته‌ها برای Δ 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 زنده‌ماندن دانه‌های گرده، گرده‌افشانی، تشکیل دانه و کاهش میزان پر شدن دانه‌ها شده است (Danyach &Wery, 1988). مقدار گلهای حاوی شهد نیز به میزان ٦۰ 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 معمولا 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 واریته مختلف یونجه از نظر کارآیی تعرق و حفظ محتوی نسبی آب سلول در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روشها

اندازه‌گیری کارآیی 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 به‌طوری‌که راه خروج آب کاملا مسدود باشد (Briggs & Shantz, 1913 و Farquhar & Richards, 1984) خاک مورد استفاده پس از عبور از الک ۲ میلیمتری به طور یکنواخت با کود حیوانی پوسیده به نسبت ۱:٤ مخلوط شد. توده خاک به مدت یک هفته روی یک نایلون در معرض هوا قرار گرفته و هر روز چند بار مخلوط گردید تا به‌طور یکنواخت خشک شده و به رطوبت ثابت ٤ درصد برسد. به هر گلدان ۱۰ کیلوگرم خاک خشک اضافه و برای جلوگیری از گرم شدن آنها در اثر تابش آفتاب، بدنهٔ 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 واریته گرمسیری شامل بمی، یزدی، نیک شهری و دیابلوورده و چهار واریته سردسیری شامل همدانی، سکوئل، سوئدی و سی‌یور) در هر گلدان کشت شدند. گلدانها در مدت دو هفته تحت شرایط دمای حداکثر ۲۵ درجه و حداقل ۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا بذرها در آنها جوانه زده و گیاهچه‌ها مستقر گردیدند. در مرحلهٔ ۸-٦ 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 دورهٔ 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.

Archive of SID

www.SID.ir

بوته‌ها در طی ۸ ماه در مجموع ۵ بار در زمان ۳۰٪ گلدهی برداشت شدند. پس از هر برداشت قسمت هوایی بوته‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت خشک و توزین شدند، با استفاده از مقادیر مربوط به ماده خشک و کل آب مصرف شده در هر برداشت، کارآیی مصرف آب (WUE) توسط رابطهٔ زیر برای هر رقم محاسبه گردید که در آن D_w= وزن خشک علوفه و W_u= میزان آب مصرف شده توسط بوته ها می‌باشند.

$$WUE = \frac{D_w}{W_u} \qquad (۳)$$

اندازه‌گیری محتوی آب برگ: در یک آزمایش جداگانه تعداد٤۰ گلدان آماده و بذرهای واریته‌ها در آنها کشت شدند. پس از اینکه بوته‌ها در چین دوم تعداد زیادی برگ تولید نمودند رطوبت گلدانها به ۷۵ درصد وزنی رسیده و سپس در طی یک دوره ٤ هفته‌ای از آبیاری آنها خودداری شد. در طی این دوره در فواصل زمانی ۳ روزه ضمن اندازه‌گیری وزن گلدانها و محاسبه درصد وزنی رطوبت خاک از هر بوته سه نمونهٔ برگ به تصادف انتخاب شد. برای جلوگیری از اتلاف آب برگ در اثر تعرق، برگها بلافاصله در پاکتهای پلاستیکی زیپ‌دار درمحیط تاریک درون یک ظرف حاوی یخ قرار گرفته و به سرعت به آزمایشگاه منتقل و به‌وسیله ترازو با ٦ دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند. پس از آن نمونه‌ها به مدت سه ساعت در ظرفهای حاوی آب مقطر در تاریکی قرار گرفته و پس از رسیدن به حالت اشباع دوباره توزین شدند. سپس نمونه‌ها به مدت٢٤ ساعت، در دمای ۷۵ درجهٔ سانتیگراد خشک شدند. نمونه‌برداری 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 نمونه‌های برگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Barr *et al.*, 1962):

$$RWC = \frac{F_w - D_w}{S_w - D_w} \times 100 \qquad (٤)$$

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

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

نتایج

مقادیر کل آب مصرف شده، کل ماده خشک تولید شده و کارآیی تعرق واریته‌ها در طول ۵ برداشت در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اگر چه از لحاظ مقدار آب مصرف شده و مقدار ماده خشک تولید شده میان واریته‌ها اختلافهای معنی‌داری وجود دارد، اما از لحاظ کارآیی تعرق اختلافهای میان آنها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیست. به طور کلی واریته‌های دیابلوورده، همدانی و سوئدی با کارآیی تعرق بیش از ۲/۰۲ حداکثر و واریته‌های یزدی و سکوئل با کارآیی تعرق کمتر از ۱/۸۰ حداقل مقادیر کارآیی تعرق را داشتند.

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

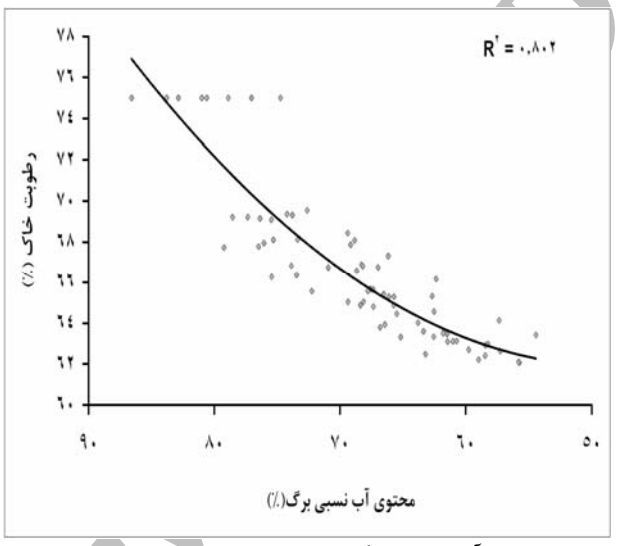
	آب مصرفی (گرم)	ماده خشک تولیدشده(میلی گرم)	کارآیی تعرق
نیک‌شهری	۵۶۴۱/۳۵ c	۱۰۵۰۲/۵b	۱/۸۸a
همدانی	۴۶۰۴/۵۵abc	۹۴۲۰/۷b	۲/۰۳a
یزدی	۴۴۲۵/۷۵abc	۷۹۸۳/۵ab	۱/۷۷a
بمی	۳۷۶۲/۳۵ab	۷۳۴۸/۱ab	۱/۹۵a
سوئدی	۴۶۸۰/۳۲bc	۹۴۵۰/۲b	۲/۰۲a
دیابلوورده	۴۳۶۱/۲abc	۸۹۰۱/۲ab	۲/۰۴a
سی ریور	۴۱۲۶/۳۷abc	۷۹۵۴/۹ab	۱/۹۳a
سکوئل	۳۰۰۷/۷a	۵۵۲۸/۵a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

اختلاف میانگین‌هایی که دارای حروف الفبای مشابه هستند با اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نیست.

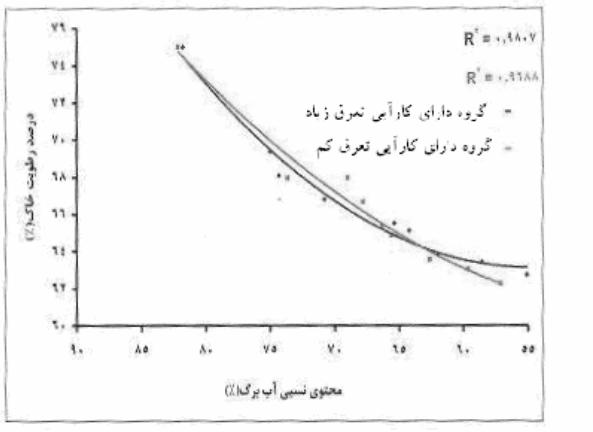
Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های حاصل نشان می‌دهد که با کاهش درصد وزنی رطوبت خاک، محتوی نسبی آب برگها نیز کاهش می‌یابد. این روند نزولی در تمام رقم‌ها تقریباً یکسان می‌باشد (شکل ١). با این وجود مقایسه روند کاهش درصد وزنی رطوبت خاک با محتوی نسبی آب برگها در ارقام یزدی و سکوئل که کارآیی تعرق کمتر دارند و ارقام همدانی و دیابلوورده که کارایی تعرق بالاتری دارند نشان می‌دهد که در ابتدا برای هر دو گروه، روند کاهش محتوی نسبی آب با کاهش رطوبت خاک، مشابه بوده، اما با کاهش بیشتر رطوبت خاک به پایین‌تر از ٦٥٪ محتوی نسبی آب در ارقام مقاوم به یک ثبات نسبی می‌رسد. به عبارت دیگر محتوی نسبی آب، در رقم‌های با کارآیی تعرق زیاد، با نقصان بیشتر رطوبت خاک، کاهش نیافته در صورتی‌که در ارقام با کارآیی تعرق کم این روند نزولی، ادامه یافته است.

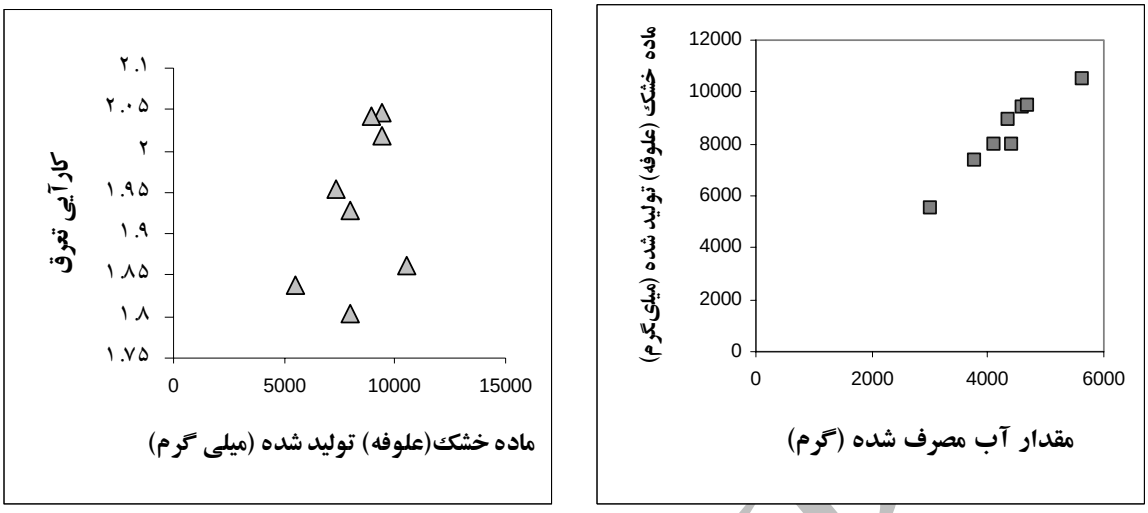


شکل ١- روند تغییرات محتوی آب نسبی برگ همراه با کاهش رطوبت خاک در واریته‌های مختلف یونجه



شکل ٢- تغییرات محتوی نسبی آب در بافت برگ واریته‌های یونجه (که بر حسب مقدار کارآیی تعرق خود به دو گروه با کارآیی تعرق زیاد و کم تقسیم شده‌اند) با کاهش تدریجی آب خاک

Archive of SID
www.SID.ir



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

بحث

کارآیی 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) متأسفانه نتایج حاصل از این آزمایش اختلافهایی را از لحاظ کارآیی تعرق میان واریته‌ها نشان نداده است. بر اساس نظریه و نتایج آزمایشهای انجام شده، رطوبت نسبی هوای محیط رشد گیاه بر مقدار کارآیی 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 کارآیی تعرق افزایش می‌یابد. در این آزمایش گلدانها در طول دوره رشد خود در محیط با رطوبت نسبتا زیاد قرار داشته‌اند. مقادیر کارآیی 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.

بنابراین ممکن است اختلافهای احتمالی میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ کارآیی 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 آبسیسیک اسید کم خواهد شد. از طرف دیگر به‌دلیل رابطه میان مقدار آب جذب شده توسط گیاه و رشد آن (شکل ۳) گیاهانی که توانایی حفظ محتوی آب سلول در

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط تنش در آنها زیاد است باید بتوانند ماده خشک بیشتری تولید کنند. در نتیجه در شرایط خشک این گیاهان باید کارآیی تعرق بیشتری داشته باشند. در این آزمایش در شرایط خشک (٦٥ درصد وزنی رطوبت خاک) در ارقام یزدی و سکوئل که کارآیی تعرق کمتری داشته‌اند مقدار محتوی آب نسبی کمتر از واریته‌های همدانی و دیابلوورده که کارآیی تعرق بیشتری داشته‌اند، بوده است که نشان می‌دهد این واریته‌ها در شرایط خشک نیز می‌توانند کارآیی 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 کارآیی 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 ٦٥٪ تا ۷۵٪ وزنی رطوبت خاک را به عنوان محدوده تنش ملایم تا نسبتا 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 کارآیی تعرق با مقدار محتوی نسبی آب سلول در حد ٦٥٪ در این مورد بی‌معنی است. زیرا کارآیی تعرق در کل دوره رشد اندازه‌گیری شده است، در حالی‌که محتوی نسبی آب فقط در یک مقطع زمانی اندازه‌گیری شده است.

با توجه به رابطه (۳) بایستی میان مقدار علوفه تولید شده با کارآیی تعرق و همچنین مقدار آب جذب شده با کارآیی 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 کارآیی تعرق می‌توان به افزایش عملکرد دست یافت.

منابع مورد استفاده

Acevado, 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 transpiatration 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-search. 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 13C 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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

A. Maghsoudi[1] moud and M. Lordan[1]

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

Archive of SID

www.SID.ir