"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و دوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی بر القای خواب تابستانه و تسهیم ماده خشک در اکوتیپ‌های یونجه (*Medicago sativa* L.)

Effect of drought stress on the induction of summer dormancy and dry matter partitioning in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes

سیدمحمدعلی مفیدیان[۱]، جعفر احمدی[۲] و علی مقدم[۳]

چکیده

مفیدیان.،س. م. ع.، ج. احمدی و ع. مقدم. ۱۳۹۹. اثر تنش خشکی بر القای خواب تابستانه و تسهیم ماده خشک در اکوتیپ‌های یونجه (*Medicago sativa* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲(۱): ۱۰۷-۹۴.**

ارزیابی پتانسیل اکوتیپ‌های یونجه از نظر نحوه تسهیم زیست‌توده به بخش‌های قابل برداشت و غیر قابل برداشت در شرایط تنش خشکی و القای خواب تابستانه، می‌تواند به انتخاب رقم مطلوب، متناسب با هدف برنامه اصلاحی و نظام زراعی مورد نظر، کمک کند. به منظور بررسی اثر تیمارهای آبیاری شامل؛ آبیاری کامل (بدون تنش خشکی) و قطع آب به مدت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز (تنش خشکی) بر رشد و عملکرد ۱۰ اکوتیپ یونجه، چهار آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) به مدت دو سال (۹۷-۱۳۹۵) اجرا شدند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش و بدون تنش، اکوتیپ‌های گرمسیری نیکشهری ویزدی با رشد مجدد سریع و اکوتیپ سردسیری KFA6 با بیشترین تعداد ساقه در واحد سطح، بالاترین قابلیت زنده‌مانی را در شرایط القای خواب تابستانه داشتند. در تیمار آبیاری کامل بیشترین مقدار زیست توده (۱۷/۳۱ تن در هکتار) تولید شد و بالاترین عملکرد بخش غیر قابل برداشت (۷/۰۲ تن در هکتار) در تیمار ۴۰ روز قطع آبیاری مشاهده شد. در کلیه تیمارهای آزمایشی، اکوتیپ KFA6 با ۱۵/۷۶ و اکوتیپ یزدی با ۱۵/۷۱ تن در هکتار بیشترین مقدار زیست‌توده را به ترتیب در بین اکوتیپ‌های سردسیری وگرمسیری تولید کردند، بنابراین به نظر می‌رسد که می‌توان از این اکوتیپ‌ها برای انجام تلاقی در گروه خود استفاده کرد. از نظر نحوه تسهیم زیست‌توده، اکوتیپ‌های KFA17، KFA6 و یزدی به ترتیب با نسبت‌های ۱/۶۳، ۱/۴۳ و ۱/۴۰، بیشترین نسبت بخش قابل برداشت به بخش غیرقابل برداشت را داشتند، در نتیجه اکوتیپ‌های داخلی در تیمارهای آبیاری گزینه‌های مناسبی جهت تولید علوفه محسوب می‌شوند. از نظر نحوه تسهیم علوفه (نسبت برگ به ساقه)، اکوتیپ بغدادی در بین اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی بالاترین نسبت برگ به ساقه را دارا بود (۱/۲۹). این اکوتیپ در تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری نیز بالاترین کیفیت علوفه را داشت. بر اساس نتایج این آزمایش در صورتی که هدف برنامه اصلاحی یونجه، تولید محصول در شرایط بدون تنش و تنش، همزمان برای بهبود عملکرد علوفه و عملکرد بخش غیر قابل برداشت باشد، اکوتیپ گرمسیری یزدی و اکوتیپ سردسیری KFA6 گزینه‌های مناسبی خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، رشد مجدد، عملکرد علوفه، نسبت برگ به ساقه و یونجه.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۲ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین، ایران و مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: amofidian@ymail.com)

۲- استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

۳- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

مقدمه

افزایش جمعیت جهان و افزایش نیاز غذایی مردم جهان، نیاز به شیوه‌های تولید و ارقام زراعی جدیدی دارد تا جذب آب و عناصر غذایی به صورت کارآمدتری انجام شود(Paez-Garcia *et al.*, 2015). برنامه‌های اصلاح گیاهان علوفه‌ای بطور سنتی بر بهبود تولید اندام‌های هوایی گیاه شامل دانه یا علوفه متمرکز بوده است. در شرایط کمبود آب، اصلاح ارقام بر مبنای صفات ریشه که از آب و مواد غذایی خاک بطور مؤثرتری استفاده شود، اهمیت بیشتری دارد (Hufnagel *et al.*, 2014; Kell, 2011; Uga *et al.*, 2013). بعلاوه میزان کربن ورودی به خاک از بقایای گیاهی از دو منبع؛ کاهبن و بقایای بالای سطح خاک و ریشه‌ها و بقایای زیر خاک تأمین می‌شود (Bolinder *et al.*, 2002). رشد سلول‌های گیاهی نسبت به کمبود آب بسیار حساس است (Hsiao and Acevedo, 1974) و برخی از گیاهان با داشتن ریشه‌های عمیق می‌توانند پتانسیل آبی را در حد بالایی حفظ کنند. در این گیاهان در شرایط تنش، نسبت وزن ریشه به اندام‌های هوایی آنها تا ۹۰ درصد وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد (Turner, 1986). یونجه یکی از گیاهان علوفه‌ای با تولید علوفه بالا و از مؤثرترین گیاهان جهت حفاظت از خاک، آب و نیتروژن است (Li *et al.*, 2002). آمار بلندمدت سطح زیر کشت یونجه در ایران نشان می‌دهد که سطح کشت و میزان تولید این محصول مهم در طی سالیان متمادی و با وجود شرایط مختلف محیطی، کمتر دستخوش نوسانات شدید شده است. این گیاه زراعی به تحمل خشکی مشهور است، زیرا می‌تواند بوسیله سیستم ریشه-ای قوی، آب را از عمق خاک جذب نماید، هر چند با رشد تقاضا برای مصرف آب در بخش غیر کشاورزی و یا کاهش بارش‌ها، بدلیل تغییرات آب و هوایی، تحمل خشکی همچنان هدفی مهم در برنامه‌های اصلاحی این گیاه قلمداد می‌شود (Annicchiarico *et al.*, 2013). یونجه بهترین گیاه برای قطع آبیاری در طول دوره رشد و آبیاری مجدد در زمان دسترسی به آب، با کمترین اثر منفی بر عملکرد علوفه، محسوب می‌شود (Schonhorst *et al.*, 1963). این گیاه قادر است در طول دوره خشکسالی به خواب رفته و این ویژگی آن را به یکی از محدود گیاهانی تبدیل کرده که بعد از رفع بی آبی، قابلیت بازیابی دارد. این قابلیت مزایای زیادی را در زراعت این گیاه بوجود آورده است به طوری که گیاهان دارای خواب، تحمل بالاتری نسبت به تنش‌های غیر زنده نشان می‌دهند (Volenec, 2010). گونه‌های علوفه‌ای چندساله مانند یونجه در شرایط خشکی شدید از طریق سازوکارهایی مانند خواب رشد رویشی و پیری برگ، امکان بقای بیشتر پس از سپری شدن تنش دارند (Norton *et al.*, 2009). در گیاه یونجه در شرایط محدودیت جذب آب از خاک، ابتدا رشد آن کاهش یافته و سپس متوقف می‌شود (Erice *et al.*, 2010). در شرایط تنش شدید خشکی، لازم است ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر از گیاه بالای سطح خاک باقی مانده و برداشت نشود تا گیاه وارد خواب تابستانی شود. این ارتفاع باعث می‌شود تا ریشه و فعالیت‌های عملکردی گیاه فعال باقی بماند که نتیجه آن بقای گیاه است (Mc Williams, 2002). خواب تابستانه در اکثر علوفه‌های چندساله با منشا نیمه خشک و خشک، به عنوان یک سازگاری در راستای تحمل خشکی محسوب می‌شود (Norton *et al.*, 2009). نتایج تحقیقات نشان داده است که با در نظر گرفتن تنوع ارقام یونجه، رابطه عملکرد با تحمل به تنش و خواب می‌تواند جنبه منفی رابطه خواب بالا و عملکرد کم را با حفظ مزایای تحمل تنش تغییر دهد که نتایج آن باعث آزادسازی ارقام متحمل به خشکی بوده است (Brouwer *et al.*, 2000; Brummer *et al.*, 2000).

هدف از اجرای این پژوهش شناسایی روابط صفات زراعی و نحوه تسهیم زیست توده در اکوتیپ‌های گرمسیری و سردسیری یونجه در شرایط

قطع آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج اجرا شد. محل اجرای آزمایش دارای ارتفاع ۱۳۲۱متر از سطح دریا و بین ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی واقع شده است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش طی دو سال در جدول ۱ ارائه شده است. بر این اساس، حداکثر دمای هوا روز در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در تیر به ترتیب ۳۵/۷ و ۳۸/۷ درجه سانتی گراد بود. کمبود آب در ماه تیر بدلیل کشت محصولات تابستانه و رقیب، شدیدتر است. با این ترتیب آزمایش با تیمارهای قطع آبیاری از ابتدای تیر اجرا شد. در سه ماهه تابستان سال اول و دوم آزمایش که زمان اعمال تیمارهای قطع آبیاری بود، میانگین حداقل دما به ترتیب ۱۹ و ۱۹/۴ درجه سانتی گراد، میانگین حداکثر دما ۳۴/۹ و ۳۶/۸ درجه سانتی گراد و میانگین رطوبت نسبی ۳۴/۸ و ۳۰/۲ درصد بود. در نتیجه سال دوم آزمایش، به مراتب گرم و خشک تر از سال اول بود. بر اساس نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بافت خاک متوسط مایل به رسی (رسی- لومی)، pH خاک قلیایی، غیرشور با هدایت الکتریکی ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر و ماده آلی ۱/۱۲ و رطوبت اشباع ۳۶/۳۷ درصد بود. میزان پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک در حد کفایت (به ترتیب ۲۲۸/۹ و ۸/۱۷ میلی گرم برکیلوگرم) بود.کود نیتروژن (از منبع اوره) در ابتدای فصل زراعی سال اول به مقدار ۶۰ کیلوگرم درهکتار به خاک افزوده شد. خاک از لحاظ عنصر روی (Zn) کمبود داشت که با توجه به آهکی بودن و pH قلیایی آن، کمبود عناصر میکرو محتمل است. دفع علف های هرز در هر دو سال بصورت مکانیکی و دستی در سه نوبت انجام شد. در این تحقیق اکوتیپ یونجه شامل چهار اکوتیپ برتر مناطق سردسیری از توده همدانی و قره‌یونجه و چهار اکوتیپ رایج گرمسیری و دو رقم سردسیری و گرمسیری خارجی مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۲). آزمایش به صورت چهار آزمایش جداگانه (آبیاری)، هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار شامل؛ آبیاری کامل بر اساس شروع آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (بدون تنش خشکی) و تیمارهای تنش خشکی شامل؛ قطع آبیاری به مدت ۲۰ (تنش ملایم)، ۴۰ (تنش شدید) و ۶۰ (تنش خیلی شدید) روز از ابتدای تیر و سپس از سرگیری آبیاری کامل، اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کاشت برای هر اکوتیپ به طول چهار متر با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. زمان کشت اواسط شهریور ۱۳۹۵ بود و سال اول به عنوان سال استقرار بوته‌های یونجه لحاظ گردید. در آزمایش‌های قطع ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روزه آبیاری، از ابتدای تیر ماه، میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A در سال اول به ترتیب ۲۲۰ ، ۴۲۵ ، ۶۲۲ و در سال دوم ۲۶۴ ، ۵۵۹ ، ۸۴۲ میلی‌متر بود. آبیاری ثقلی بصورت جوی و پشته و با استفاده از لوله‌های پلی اتیلنی و بطور مجزا برای هر ردیف کاشت صورت گرفت. برای تعیین حجم آب مصرفی در هر تیمار، روز قبل از آبیاری نمونه برداری از خاک انجام شد و درصد رطوبت وزنی خاک تعیین و سپس حجم آب آبیاری تعیین شد (Doorenbos and Kassam, 1979). مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور که در ابتدای فلکه اصلی قرار داده شده بود، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ارتفاع بوته در زمان برداشت و ارتفاع رشد مجدد گیاه ۱۴ روز بعد از هر چین انجام شد. برای این کار در هر کرت میانگین ارتفاع پنج بوته به طور تصادفی از ناحیه طوقه اندازه-گیری شد. در زمان برداشت از قسمت مشخص هر کرت، تعداد ساقه‌ها در یک مترمربع شمارش شدند.

جدول ۱- اطلاعات ماهانه دما (درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی (درصد) محل اجرای آزمایش (کرج- ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 1. Monthly temperature (°C) and relative humidity (%) of the experiment site (Karaj- 2017 and 2018)

		۱۳۹۶ 2017						۱۳۹۷ 2018					
Month	ماه	کمینه دما T_{max}	بیشینه دما T_{min}	دمای متوسط T_m	کمینه رطوبت H_{min}	بیشینه رطوبت H_{max}	متوسط رطوبت H_m	کمینه دما T_{max}	بیشینه دما T_{min}	دمای متوسط T_m	کمینه رطوبت H_{min}	بیشینه رطوبت H_{max}	متوسط رطوبت H_m
Mar 21- Apr 20	۱ فروردین-۳۱ فروردین	7.8	17.8	12.8	37.0	73.1	55.0	7.4	22.0	14.4	23.8	66.2	43.2
Apr 21- May 21	۱ اردیبهشت- ۳۱ اردیبهشت	12.8	26.6	19.5	28.5	71.8	50.1	10.4	23.7	16.4	32.6	79.5	56.1
May 22- Jun 21	۱ خرداد- ۳۱ خرداد	16.4	33.0	25.3	12.8	53.8	33.3	15.3	32.1	23.3	19.0	70.1	43.5
Jun 22- Jul 22	۱ تیر- ۳۱ تیر	19.6	35.7	27.8	14.9	55.4	35.1	20.6	38.7	29.8	12.5	45.5	25.6
Jul 23- Aug 22	۱ مرداد- ۳۱ مرداد	19.9	35.9	28.4	15.2	57.1	36.1	20.9	37.7	29.2	14.6	53.8	30.7
Aug 23-Sep 22	۱ شهریور- ۳۱ شهریور	17.6	33.2	25.4	15.2	51.5	33.3	16.6	34.0	24.8	15.8	59.8	34.3
Average of spring	میانگین بهار	12.3	25.8	19.2	26.1	66.2	46.1	11.0	25.9	18.0	25.1	71.9	47.6
Average of summer	میانگین تابستان	19.0	34.9	27.2	15.1	54.7	34.8	19.4	36.8	27.9	14.3	53.0	30.2
Average of year	میانگین سال	15.7	30.4	23.2	20.6	60.5	40.5	15.2	31.4	23.0	19.7	62.5	38.9

جدول ۲- اسامی و منشا اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی

Table 2. Name and the origin of alfalfa ecotypes used in the experiment

Code کد	Ecotype اکوتیپ	Origin* منشاء	Code کد	Ecotype اکوتیپ	Origin منشاء
G1	Bami بمی	L-W بومی، گرمسیری	G6	KFA6 قره‌یونجه	L-C بومی، سردسیری
G2	Yazdi یزدی	L-W بومی، گرمسیری	G7	KFA13 قره‌یونجه	L-C بومی، سردسیری
G3	Nikshahri نیکشهری	L-W بومی، گرمسیری	G8	Laklak لک لک، همدانی	L-C بومی، سردسیری
G4	Baghdadi بغدادی	L-W بومی، گرمسیری	G9	Mesasersa مساسرسا	E-W خارجی، گرمسیری
G5	KFA17 همدانی	L-C بومی، سردسیری	G10	Diabloverde دیابلوردہ	E-C خارجی، سردسیری

* L: Landrace; E: Exotic; C: Cold region; W: Warm region

پس از جداکردن نمونه اندام‌های هوایی از سطح ۰/۲۵ مترمربع از هرکرت و تفکیک برگ و ساقه و توزین آنها، نسبت برگ به ساقه تعیین گردید. برای اندازه گیری عملکرد قسمت غیرقابل برداشت شامل؛ ریشه و طوقه، در هر سال پس از آخرین برداشت، دو نمونه تصادفی از هر کرت به مساحت ۸۱/۷ سانتی‌مترمربع تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه حفاری و اوگر مخصوص تهیه شد، نمونه‌ها به آرامی و طی چند مرحله با آب شسته و از غربال‌های مختلف عبور داده شدند تا تنها خاک آن جدا شود. نمونه‌های ریشه و طوقه در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ ساعت خشکانده و وزن خشک آنها در واحد سطح محاسبه شد (Shewmaker and Thaemert, 2004). برای اندازه‌گیری عملکرد کل زیست توده خشک، برای هر برداشت در مرحله ۱۰ درصد گلدهی بوته‌ها، ابتدا علوفه تر از هر کرت (۶ مترمربع) برداشت و توزین شد و سپس با خشکاندن نمونه‌ها در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت، مجموع سالیانه عملکرد ماده خشک اندام هوایی در واحد سطح محاسبه گردید و با افزودن آن به عملکرد قسمت غیر قابل برداشت، عملکرد کل زیست توده خشک و با تقسیم عملکرد قسمت قابل برداشت بر عملکرد قسمت غیر قابل برداشت، نسبت عملکرد قابل برداشت به عملکرد غیر قابل برداشت محاسبه شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌های صفات زراعی و عملکرد بر اساس کرت‌های خرد شده در زمان و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و با استفاده از نرم افزارهای EXCEL 2016 و SPSSv.22 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری برای کلیه صفات زیست توده و نسبت عملکرد قابل برداشت به غیر قابل برداشت در سطح احتمال یک درصد و برای صفات ارتفاع رشد مجدد، تعداد ساقه و عملکرد ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، به عبارت دیگر تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. اکوتیپ‌های یونجه از نظر عملکرد ریشه و نسبت عملکرد قابل برداشت به غیر قابل برداشت در سطح احتمال پنج درصد و از نظر سایر صفات در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که از این صفات می‌توان در شرایط تنش کم‌آبی بعنوان شاخص‌های مناسب برای تفکیک اکوتیپ‌های یونجه استفاده کرد. بجز برای نسبت برگ به ساقه در سال اول و دوم آزمایش، اثر سال برای سایر صفات معنی‌دار بود. این نتیجه با توجه به اطلاعات هواشناسی شامل؛ افزایش میزان تبخیر، دما و شدت خشکی در سال دوم نسبت به سال اول قابل توجیه است (جدول ۱). برهمکنش اکوتیپ در آبیاری برای صفت تعداد ساقه در سطح احتمال یک درصد، برهمکنش سال در آبیاری برای صفات ارتفاع رشد مجدد، تعداد گره در ساقه و عملکرد ریشه در سطح احتمال پنج درصد و برهمکنش سال در اکوتیپ برای زیست توده، ارتفاع بوته، ارتفاع رشد مجدد و تعداد ساقه در سطح احتمال یک درصد و برای تعداد گره در ساقه در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار بود. بر این اساس اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی از نظر تعداد ساقه در تیمارهای آبیاری و در سال‌های آزمایش و از نظر ارتفاع بوته، ارتفاع رشد مجدد و زیست توده در سال‌های آزمایش رفتارهای متفاوتی داشتند.

اندازه‌گیری ارتفاع رشد مجدد بوته در انتهای فصل رشد معیار مهمی در طبقه‌بندی ارقام یونجه بشمار می‌رود. ارتفاع رشد مجدد بوته در شرایط مختلف آبیاری و پس از هر برداشت، سرعت بازیابی گیاه را نشان داده و با تحمل تنش‌های غیرزنده مانند سرما و خشکی در ارتباط است (Brummer *et al.*, 2000). در این پژوهش میانگین ارتفاع رشد مجدد بوته‌های یونجه در شرایط آبیاری کامل ۳۳ سانتی‌متر و در تیمارهای

قطع آبیاری ۲۸ سانتی‌متر بود (جدول ۳). دلیل نزدیک بودن میانگین ارتفاع رشد مجدد در بین تیمارهای قطع آبیاری، اندازه‌گیری این صفت در طول سال زراعی و پس از هر برداشت شامل چین‌های مختلف قبل از اعمال تنش و چین‌های پس از القای خواب تابستانه و از سرگیری آبیاری بود.

نتایج یک آزمایش نشان داد که رشد مجدد بوته‌های یونجه در تیمار تنش خیلی شدید (قطع ۶۰ روزه آبیاری) نسبت به تیمار آبیاری کامل ۴۲ درصد کمتر بود (Annicchiarico *et al.*, 2013). مقایسه رشد مجدد بوته با ارتفاع بوته یونجه در زمان برداشت نشان داد که بوته یونجه با استفاده از سیستم ریشه‌ای قوی و با از سرگیری آبیاری، تنها با کند شدن سرعت رشد مجدد، بخوبی بازیابی را انجام داده و ساقه‌هایی که بعد از دوره خواب باقی مانده بودند بخوبی رشد کرده و به ارتفاع مشابه با شرایط بدون تنش در زمان برداشت رسیدند. در بین اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی، رقم مساسرسا و اکوتیپ یزدی با ۵۳ سانتی‌متر و رقم دیابلورده با ۳۹ سانتی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین ارتفاع یونجه در زمان برداشت را داشتند. بیشترین ارتفاع رشد مجدد در اکوتیپ گرمسیری یزدی با ۳۶ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن در رقم دیابلورده با ۱۹ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). همبستگی منفی و معنی‌دار ارتفاع رشد مجدد با تعداد ساقه (r=-۰/۲۴۵) را می‌توان به رقابت بین ساقه‌های جدید در جذب نور و مواد فتوسنتزی برای ادامه رشد بعد از برداشت نسبت داد (جدول ۴). در کلیه تیمارهای آبیاری (شکل ۲-الف)، اکوتیپ‌های گرمسیری سرعت رشد مجدد بالاتری نسبت به اکوتیپ‌های سردسیری داشتند و بالاترین ارتفاع رشد مجدد در شرایط آبیاری کامل به اکوتیپ یزدی و نیکشهری با ۴۱ سانتی‌متر تعلق داشت و در شرایط القای خواب، بیشترین مقدار رشد مجدد با قطع آبیاری ۴۰ و ۶۰ روزه در اکوتیپ نیکشهری به ترتیب با ۳۸ و ۳۷ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱-الف).

میانگین تعداد ساقه‌ها در تیمارهای قطع آبیاری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روزه به ترتیب ۳، ۱۴ و ۱۸ درصد کاهش یافت (شکل ۱-ب). در سال دوم آزمایش تعداد ساقه‌ها در مترمربع نسبت به سال اول ۱۹ درصد کاهش داشت که ناشی از اثر بازمانده تنش سال اول و تنش شدیدتر دوره قطع آبیاری در سال دوم بوده است (جدول ۳). علاوه بر این اُفت گیاه در سال دوم عامل مهمی در کاهش تعداد ساقه‌ها در یونجه است (Leach, 1970). اکوتیپ KFA17 و رقم مساسرسا به ترتیب با ۴۱۸ و ۳۰۶ ساقه در مترمربع بیشترین و کمترین مقادیر را در بین اکوتیپ‌های یونجه داشتند (جدول ۳). در مجموع اکوتیپ‌های سردسیری نسبت به اکوتیپ‌های گرمسیری تعداد ساقه بیشتری تولید کردند که در تطابق با طوقه بزرگتر در این اکوتیپ‌ها است (Marquez-Ortiz, *et al.*, 1996). در شرایط بدون تنش اکوتیپ سردسیری KFA13 با ۴۸۸ عدد، بالاترین تعداد ساقه در مترمربع را در بین کلیه اکوتیپ‌ها و تیمارهای آبیاری داشت و کمترین کاهش تعداد ساقه از محیط بدون تنش تا تنش خیلی شدید (قطع ۶۰ روزه آبیاری) در اکوتیپ سردسیری KFA6 با شش درصد و سپس در اکوتیپ گرمسیری یزدی با ۱۱ درصد مشاهده شد (شکل ۱-ب). در نتیجه این دو اکوتیپ بیشترین بقا و قابلیت زنده‌مانی را در شرایط القای شدید خواب دارا بودند.

نسبت برگ به ساقه از عوامل مهم و موثر در کیفیت علوفه یونجه محسوب می‌شود (Moore and Undersander, 2002). مطالعه فراتحلیل شامل ۱۶۴ پژوهش انجام شده روی نحوه تسهیم زیست توده در شرایط تنش خشکی نشان داد که وزن ساقه و برگ هر دو کاهش پیدا می‌کنند و در نتیجه نسبت برگ به ساقه در شرایط تنش خشکی دچار نوسان چندانی نمی‌شود (Eziz *et al.*, 2017). در این آزمایش و در تیمارهای آبیاری، چین‌های برداشت شده تحت تاثیر تنش خشکی

جدول ۳- میانگین صفات گیاهی و زیست توده اکوتیپ‌های یونجه در تیمارهای آبیاری (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 3. Mean comparisons of plant traits and biomass of alfalfa ecotypes in irrigation treatments (2017 and 2018)

		ارتفاع بوته Plant height (cm)	ارتفاع رشد مجدد Regrowth height (cm)	تعداد ساقه No. Stem	تعداد گره No. Node	برگ : ساقه Leaf : Stem	زیست توده Biomass ($t.h^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($t.h^{-1}$)	بخش قابل برداشت:غیرقابل برداشت Harvestable:Non-Harvestable
Irrigation treatments	تیمارهای آبیاری								
Full irrigation	آبیاری کامل	51a	33a	404a	8.9a	1.09a	17.31a	6.58b	1.75a
Irrigation withhold; 20 days	۲۰ روز قطع آبیاری	50a	28b	391a	9.1a	1.12a	15.10b	6.11b	1.52b
Irrigation withhold; 40 days	۴۰ روز قطع آبیاری	50a	28b	344b	8.7a	1.09a	13.79bc	7.02a	1.10c
Irrigation withhold; 60 days	۶۰ روز قطع آبیاری	51a	28b	333b	8.6a	1.11a	13.06c	6.91a	1.02c
Year	سال								
2017	۱۳۹۶	53a	28b	406a	9.0a	1.09a	16.19a	6.74a	1.45a
2018	۱۳۹۷	48b	31a	330b	8.7b	1.12a	13.54b	6.68a	1.25b
Alfalfa ecotypes	اکوتیپ‌های یونجه								
Bami	بمی	52ab	31c	361b	8.8b-d	1.06cd	15.35ab	7.11ab	1.27ab
Yazdi	یزدی	53a	36a	350bc	9.3ab	1.15bc	15.71a	6.86ab	1.40ab
Nikshahri	نیکشهری	51ab	38a	322cd	9.3ab	1.27a	14.04bc	6.74ab	1.19b
Baghdadi	بغدادی	51ab	33b	337b-d	9.1a-c	1.29a	14.64bc	6.46ab	1.34ab
KFA17		51ab	25e	418a	8.5de	0.99d	14.74bc	6.10ab	1.63a
KFA6		52ab	27d	414a	8.5de	0.98d	15.76a	6.84ab	1.43ab
KFA13		50b	26de	415a	8.5de	0.98d	15.44ab	7.38a	1.17b
Laklak	لک لک	51ab	26de	414a	8.7cd	0.98d	14.94bc	6.46ab	1.39ab
Mesasersa	مساسرسا	53a	31c	306d	9.4a	1.18ab	15.59a	7.24a	1.30ab
Diabloverde	دیابلوردہ	39c	19f	344bc	8.1e	1.16bc	11.95c	5.38b	1.26ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Tukey's test

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی و زیست توده اکوتیپ‌های یونجه در تیمارهای مدیریت آبیاری (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 4. Correlation coefficients between plant traits and biomass of alfalfa ecotypes in irrigation treatments (2017 and 2018)

Plant traits	صفات گیاهی	ارتفاع رشد مجدد Regrowth height	تعداد ساقه No. Stem	تعداد گره No. Node	برگ : ساقه Leaf : Stem	زیست توده Biomass	وزن خشک ریشه Root dry weight	بخش قابل برداشت:غیرقابل برداشت Harvestable: Non-Harvestable
Plant height	ارتفاع بوته	0.435**	0.269**	0.531**	-0.105	0.543**	0.134*	0.275**
Regrowth height	ارتفاع رشد مجدد		-0.245**	0.430**	0.278**	0.275**	0.156*	0.116
No. Stem	تعداد ساقه			-0.016	-0.382**	0.426**	-0.033	0.319**
No. Node	تعداد گره				0.161*	0.309**	0.042	0.205**
Leaf:Stem	برگ:ساقه					-0.150*	-0.006	-0.140*
Biomass	زیست توده						0.651**	0.052
Root dry weight	وزن خشک ریشه							-0.632**

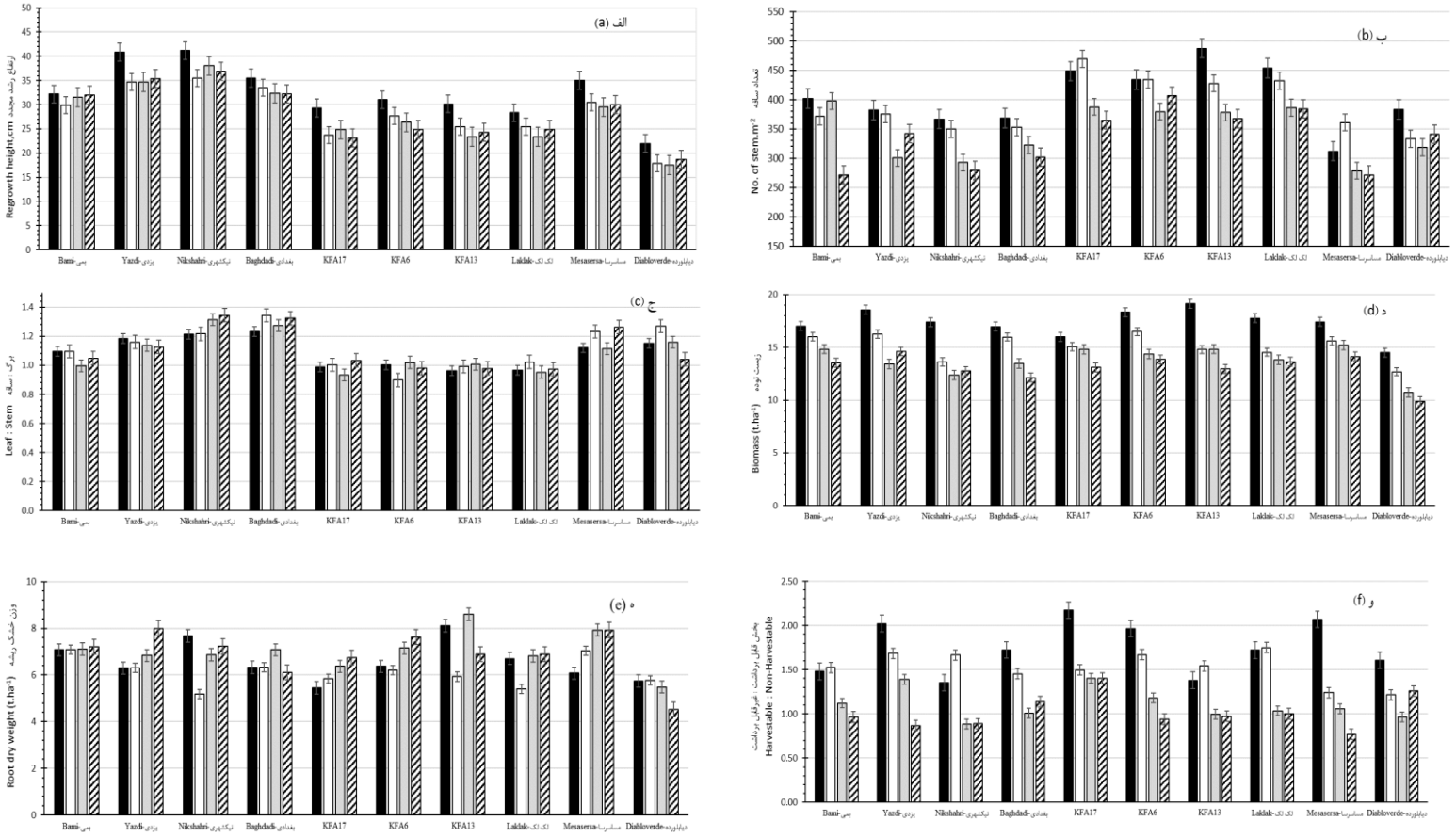
*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

قرار نگرفتند و بوته‌ها تنها یک دوره خشکی را طی کرده و آبیاری مجدد تا مرحله رسیدگی علوفه، از سرگرفته شد، در نتیجه در تیمارهای قطع آبیاری و با القای خواب، نسبت برگ به ساقه بین ۱/۰۹ تا ۱/۱۲ در نوسان بود. نسبت برگ به ساقه در سال دوم آزمایش بدلیل ارتفاع کمتر بوته، بیشتر از سال اول بود (جدول ۳).

بالاترین نسبت برگ به ساقه در کل آزمایش در اکوتیپ بغدادی با ۱/۲۹ مشاهده شد. اکوتیپ بغدادی در تیمار آبیاری کامل در بین اکوتیپ‌های یونجه بالاترین نسبت برگ به ساقه (۱/۲۳) را دارا بود و در تیمارهای قطع آبیاری نیز اکوتیپ بغدادی با نسبت ۱/۳۱ برترین اکوتیپ بود و پس از آن اکوتیپ نیکشهری با نسبت ۱/۲۹ بیشترین مقدار برگ به ساقه را داشت (شکل ۱-ج). همانطور که مورد انتظار است، نسبت برگ به ساقه رابطه معکوس و معنی‌دار با زیست توده داشت (جدول ۵).

در اغلب مطالعات خشکی بر گونه‌های گیاهی یکساله و نحوه حفظ رشد و عملکرد آنها در شرایط کمبود آب تمرکز شده است (Turner, 1997)، در حالی که در نظام‌های زراعی پایدار نقش ویژه گونه‌های علوفه‌ای چندساله در شرایط تنش اهمیت زیادی دارد (Ridley *et al.*, 1997). سازوکارهای بقا در شرایط تنش خشکی شامل اجتناب، تحمل (Levitt, 1980) و خواب تابستانه (Volaire and Norton, 2006) هستند. شناسایی نحوه تسهیم زیست توده و انتخاب اکوتیپ‌های یونجه در شرایط کم‌آبی منجر به معرفی ارقام سازگار به شرایط خشکی شده است (Annicchiarico, 2007). گرم شدن هوا در تابستان باعث کاهش عملکرد یونجه نسبت به فصل بهار می‌شود که به آن اُفت تابستانی(Summer Slump) گفته می‌شود. گزارش شده که با مصرف ۴۰ درصدنیاز آبیاری سالانه طی دو ماه اول تابستان تنها ۲۰ درصد عملکرد سالانه در این مدت تولید شد، بعلاوه عدم آبیاری در تیرماه، ۶۸ درصد عملکرد چین را نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش داد و با طولانی شدن قطع آبیاری از تیر تا انتهای مرداد، عملکرد سالیانه ماده خشک از ۲۱/۵ تن در هکتار در تیمار آبیاری کامل با افت ۱۸ درصد، به ۱۷/۷ تن در هکتار رسید (Metochis and Orphanos,1981). در پژوهش حاضر مقدار زیست توده در تیمار آبیاری کامل ۱۷/۳۱ تن در هکتار بود که با قطع ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روزه آبیاری به ترتیب ۱۳، ۲۰ و ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). نتایج یک آزمایش نشان داد که با تعویق آبیاری به مدت ۹ هفته در تابستان تولید زیست توده در ۱۶ اکوتیپ یونجه مورد ارزیابی ۲۵ تا ۴۱ درصد کاهش داشت (Bouizgaren *et al.*, 2010). نتایج یک آزمایش در خصوص قطع آبیاری در یونجه در آریزونای آمریکا نشان داد که قطع آبیاری در تابستان (از تیر تا مهر) باعث کاهش عملکرد از ۱/۸۸ به ۰/۶۷ تن در هکتار در هر چین می‌شود. عوامل زیادی مانند نوع خاک، بارندگی، دمای هوا، سن بوته‌های یونجه و میزان دسترسی به آب زیر سطحی، بر بقا و عملکرد یونجه بعد از قطع آبیاری اثر دارند (Ottman *et al.*, 1996). وزن خشک ریشه با قطع آبیاری طی ۲۰ روز کاهش نسبی یافت و در تیمار قطع آبیاری به مدت ۴۰ و ۶۰ روز که فعالیت اندام‌های هوایی کاملا متوقف شده و بوته یونجه کاملاً به خواب رفته بود، وزن خشک ریشه نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۶ و ۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی، وزن خشک ریشه در ارقام یونجه دارای خواب، بیشتر از ارقام بدون خواب است (Hattendorf *et al.*, 1990). صفات ریشه‌ای همواره هدف برنامه‌های اصلاحی گیاهان در شرایط محدودیت آب بوده تا بهره‌وری تولید حفظ شود (Paez-Garcia *et al.*, 2015)، زیرا در بسیاری از گونه‌های گیاهی حفظ نسبی عملکرد ریشه و در شرایط حاد، افزایش آن یک سازوکار مفید جهت بقای گیاه در شرایط تنش خشکی است



آبیاری کامل ■ قطع ۲۰ روزه آبیاری □ قطع ۴۰ روزه آبیاری ▭ قطع ۶۰ روزه آبیاری □

Full irrigation ■ Irrigation withhold; 20 days □ Irrigation withhold; 40 days ▭ Irrigation withhold; 60 days □

شکل ۱- میانگین ارتفاع رشد مجدد (الف)، تعداد ساقه در مترمربع (ب)، نسبت برگ به ساقه (ج)، زیست توده (د)، وزن خشک ریشه (ه) و نسبت بخش قابل برداشت به غیرقابل برداشت (و) اکوتیپ‌های یونجه در تیمارهای آبیاری

Fig. 1. Mean of Regrowth Height (a), No. of Stem.m^{-2} (b), Leaf : Stem (c), Biomass (d), Root dry weight (e), and Harvestable : Non-Harvestable (f) of alfalfa ecotypes in irrigation treatments

(Lynch, 2007). نسبت بخش قابل برداشت به غیرقابل برداشت از ۱/۷۵ در تیمار آبیاری کامل با کاهش ۱۳، ۳۷ و ۴۲ درصدی به ترتیب در تیمارهای قطع آبیاری ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روزه به حداقل مقدار ۱/۰۲ رسید. مقایسه این نسبت و نحوه تسهیم آن نشان داد که با کند شدن رشد و سپس خواب گیاه یونجه در شرایط کم آبی، نسبت عملکرد قابل برداشت به غیر قابل برداشت کاهش یافته و با کاهش عملکرد علوفه و افزایش وزن ریشه در تیمار قطع ۶۰ روزه آبیاری، کاهش شدیدی در تولید علوفه قابل برداشت این تیمار بوجود آمد.

در بین اکوتیپ‌های یونجه مورد ارزیابی، اکوتیپ KFA6 با ۱۵/۷۶ و اکوتیپ KFA13 با ۷/۳۸ تن در هکتار به ترتیب بیشترین زیست توده و وزن خشک ریشه را در مجموع تیمارهای آزمایشی داشت. به دنبال آن و با اختلاف غیرمعنی‌دار، اکوتیپ گرمسیری یزدی با ۱۵/۷۱ و رقم مساسرسا با ۱۵/۵۹ تن در هکتار بیشترین ماده خشک کل را تولید کردند (جدول ۳). نسبت عملکرد قابل برداشت به غیر قابل برداشت که بازده اقتصادی یونجه در تولید علوفه بشمار می‌رود در اکوتیپ‌های KFA17 ، KFA6 و یزدی به ترتیب ۱/۶۳، ۱/۴۳ و ۱/۴۰ بود، در نتیجه اکوتیپ‌های داخلی در مجموع شرایط آبی کشور گزینه‌های مناسبی جهت تولید علوفه محسوب می‌شوند و اگر هدف برنامه اصلاحی یونجه مبتنی بر کشاورزی پایدار با تکیه بر جذب کربن و اصلاح خاک همراه با تولید مناسب علوفه باشد، می‌توان از رقم خارجی مساسرسا در کنار اکوتیپ یزدی در تلاقی‌های گرمسیری و از اکوتیپ KFA6 در تلاقی‌های سردسیری استفاده کرد. واکنش اکوتیپ‌های یونجه در تیمارهای آبیاری و روند تغییرات در نحوه تسهیم زیست توده (شکل۱-د) نشان داد که در شرایط مطلوب اکوتیپ سردسیری KFA13 با ۱۹/۱۵ تن در هکتار و پس از آن اکوتیپ‌های یزدی با ۱۸/۵۵ و KFA6 با ۱۸/۳۵ تن در هکتار، بالاترین مقدار زیست توده را داشتند. افت عملکرد اکوتیپ KFA13 نسبت به تنش خیلی شدید (قطع ۶۰ روزه آبیاری) با ۳۲ درصد، بالاتر از افت عملکرد اکوتیپ یزدی با ۲۱ درصد بود. بعلاوه از پتانسیل ژنتیکی رقم مساسرسا در تیمارهای تنش و بدون تنش نیز می‌توان بهره جست، زیرا با کمترین میزان افت عملکرد (۹ درصد) پایدارترین اکوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش بود. اکوتیپ یزدی و رقم مساسرسا در شرایط قطع ۶۰ روزه آبیاری به ترتیب با تولید ۷/۹۹ و ۷/۹۲ تن در هکتار دارای قوی‌ترین سیستم ریشه‌ای بودند (شکل۱-ه). اکوتیپ KFA17 بیشترین نسبت عملکرد قابل برداشت به غیرقابل برداشت را در آبیاری کامل با ۲/۱۷ و در تیمارهای تنش با متوسط ۱/۴۵ دارا بود و اکوتیپ‌های یزدی و KFA6 از این نظر در جایگاه‌های بعدی قرار داشتند (شکل۱-و).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط آبیاری کامل بیشترین مقدار زیست توده (۱۷/۳۱ تن در هکتار) یونجه تولید شد، در حالی که بالاترین عملکرد بخش غیر قابل برداشت در واحد سطح (۷/۰۲ تن در هکتار) در تیمار ۴۰ روز قطع آبیاری بدست آمد. در مجموع آزمایش اکوتیپ‌های گرمسیری سرعت رشد مجدد بالاتری نسبت به اکوتیپ‌های سردسیری داشتند، در حالی که اکوتیپ‌های سردسیری همگی نسبت به اکوتیپ‌های گرمسیری ساقه بیشتری تولید کردند. اکوتیپ‌های گرمسیری نیکشهری ویزدی رشد مجدد سریعی داشتند که این موضوع باعث شد که این دو اکوتیپ به همراه اکوتیپ سردسیریKFA6 ، با بیشترین تعداد ساقه باقیمانده، بالاترین قابلیت زنده‌مانی را در شرایط قطع آبیاری و القای خواب نشان دهند. بالاترین نسبت برگ به ساقه در شرایط تنش در اکوتیپ گرمسیری بغدادی و نیکشهری و در شرایط بدون تنش در اکوتیپ بغدادی مشاهده شد و این دو اکوتیپ بالاترین کیفیت علوفه را در شرایط آزمایش داشتند. در

مجموع آزمایش، اکوتیپ گرمسیری یزدی، اکوتیپ داخلی و سردسیری KFA6 و رقم گرمسیری خارجی مساسرسا، بیشترین زیست توده را داشتند. در صورتی که هدف برنامه اصلاحی تولید پایدار در شرایط بدون تنش و تنش باشد، به نحوی که عملکرد علوفه به همراه بهبود خاک مورد نظر باشد، اکوتیپ گرمسیری یزدی گزینه مناسبی به نظر می‌رسد. در مناطق سردسیری این نقش را اکوتیپ KFA6 دارا است. بر اساس عملکرد علوفه تولیدی و بازده اقتصادی برای کشاورز که فقط قسمت قابل برداشت اهمیت دارد، اکوتیپ سردسیری KFA17 برتری نسبی دارد. در مجموع شرایط از پتانسیل ژنتیکی رقم خارجی مساسرسا می‌توان در تلاقی‌های یونجه جهت بهبود عملکرد زیست توده استفاده کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از زحمات همکاران بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و تکنسین واحد تحقیقات یونجه، آقای مهندس مجتبی جوکار سپاسگزاری می‌کنند.

منابع مورد استفاده

References

Annicchiarico, P. 2007. Lucerne shoot and root traits associated with adaptation to favorable or drought-stress environments and to contrasting soil types. Field Crops Res. 102: 51-59.

Annicchiarico, P., L. Pecetti and A. Tava. 2013. Physiological and morphological traits associated with adaptation of lucerne (*Medicago sativa*) to severely drought-stressed and to irrigated environments. Ann. Appl. Biol. 162: 27–40.

Bolinder, M. A., D. A. Angers, G. Bélanger, R. Michaud and M. R. Laverdière. 2002. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada. Cana. J. Plant Sci. 82: 731–737.

Brouwer, D. J., S. H. Duke and T. C. Osborn. 2000. Mapping genetic factors associated with winter hardiness, fall growth and freezing injury in autotetraploid alfalfa. Crop Sci. 40: 1387-1396.

Brummer, E. C., M. M. Shah and D. Luth. 2000. Reexamining the relationship between fall dormancy and winter hardiness in alfalfa. Crop Sci. 40: 971-977.

Bouizgaren, A., R. Kallida and C. Alfaiz. 2010. Evaluation of drought tolerance variability in Mediterranean alfalfa cultivars in the field under Moroccan conditions. Sustain. Use Genet. Diversity Forage Turf Breed. 4: 283-287.

Doorenbos, J. and A. K. Kassam. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage No. 33. FAO, United Nations, Rome, Italy.

Erice, G., S. Louahlia, J. J. Irigoyen, M. Sanchez-Diaz and J. C. Avice. 2010. Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. J. Plant Physiol. 167: 114–120.

Eziz, A., Z. Yan, D. Tian, W. Han, Z. Tang and J. Fang. 2017. Drought effect on plant biomass allocation: A meta-analysis. Ecol. Evol. 7: 11002-1110.

Hattendorf, M. J., D. Evans, R. Wand and N. Peaden. 1990. Canopy temperature and stomatal conductance

of water stressed dormant and non–dormant alfalfa types. Agro. J. 82: 873-877.

Hsiao, T. C. and E. Acevedo. 1974. Plant response to water deficits, water use efficiency and drought resistant. Agric. Meteor. 14: 56-84.

Hufnagel, B., S. M. de Sousa, L. Assis, C. T. Guimaraes, W. Leiser, G. C. Azevedo, B. Negri, B. G. Larson, J. E. Shaff and M. M. Pastina. 2014. Duplicate and conquer: multiple homologs of PHOSPHORUS-STARVATION TOLERANCE1enhance phosphorus acquisition and sorghum performance on Low-P soils. Plant Physiol. 166: 659–677.

Kell, D. B. 2011. Breeding crop plants with deep roots: Their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. Ann. Bot. 108(3): 407-418.

Leach, G. J. 1970. Shoot growth on lucerne plants cut at different height. Aust. J. Agric Res. 21: 586-591.

Levitt, J. 1980. Response of plant to environmental stress, Academic Press, New York, USA.

Li, F. R., C. Gao, H. L. Zhao and X. Li. 2002. Soil conservation effectiveness and energy efficiency of alternative rotations and continuous wheat cropping in the Loess plateu of northwest China. Agric. Ecosys. Environ. 91: 101-111.

Lynch, J. P. 2007. Roots of the second green revolution. Turner review No. 14. Aust. J. Bot. 55: 493–512.

Marquez-Ortiz, J. J., L. D. Johnson, D. K. Barnes and D. H. Basigalup. 1996. Crown morphology relationships among alfalfa plant introductions and cultivars. Crop Sci. 36: 766-770.

Mc Williams, D. 2002. Drought Strategies for Alfalfa. Report of Department of Extension Plant Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico.

Metochis, Chr. and P. I. Orphanos. 1981. Alfalfa yield and water use when forced into dormancy by withholding water during the summer. Agron. J. 73(6): 1048-1050.

Moore, J. E. and D. J. Undersander. 2002. Relative forage quality, an alternative to relative feed value and quality index. Proceeding 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 10–11 January, Florida, USA.

Norton, M., F. Volaire, F. Lelievre and S. Fukai. 2009. Identification and measurement of summer dormancy in temperate perennial grasses. Crop Sci. 49: 2347-2352.

Ottman, M., B. R. Tickes and R. L. Roth. 1996. Alfalfa yield and stand response to irrigation termination in an arid environment. Agron. J. 88(1): 44-48.

Paez-Garcia, A., C. M. Motes, W. Scheible, R. Chen, E. B. Blancaflor and M. J. Monteros. 2015. Root traits and phenotyping strategies for plant improvement. Plants. 4(2): 334-355.

Ridley, A. M., R. E. White, R. J. Simpson and L. Callinan. 1997. Water use and drainage in phalaris, cocksfoot and annual ryegrass pastures. Aust. J. Agric. Res. 48: 1011–1023.

Shewmaker, G. E. and R. Thaemert. 2004. Measuring moisture in hay. In: Proceedings, 34th California Alfalfa Symposium, 13-5 December, San Diego, CA. USA.

Schonhorst, M. H., R. K. Thompson and R. E. Dennis. 1963. Does it pay to irrigate alfalfa in the summer? Progress. Agric. Arizona. 15(6): 8 -9.

Turner, N. C. 1997. Further progress in crop water relations. Adv. Agron. 58: 293–338.

Turner, N. C. 1986. Crop water deficits: a decade of progress. Adv. Agron. 39: 1-51.

Uga, Y., K. Sugimoto, S. Ogawa, J. Rane, M. Ishitani, N. Hara, Y. Kitomi, Y. Inukai, K. Ono and N. Kanno. 2013. Control of root system architecture by DEEPER ROOTING1 increases rice yield under drought conditions. Nat. Genet. 45: 1097–1102.

Volaire, F. and M. Norton. 2006. Summer dormancy in temperate perennial grasses. Annu. Bot. (Lond), 98: 927–933.

Volenec, J. 2010. Winter versus summer dormancy: Alfalfa fall dormancy. Report of Department of Agronomy, Purdue University, West Lafayette, USA.

Effect of drought stress on the induction of summer dormancy and dry matter partitioning in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes

Mofidian, S. M. A.,[1] J. Ahmadi[2] and A. Moghaddam[3]

ABSTRACT

Mofidian, S. M. A., J. Ahmadi and A. Moghaddam. 2020. Effect of drought stress on the induction of summer dormancy and dry matter partitioning in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 22(1): 94-107. (In Persian).**

Study of potential of alfalfa ecotypes in biomass partitioning and harvestable and non-harvestable parts as well as induction of summer dormancy under water scarcity can lead to develop adapted cultivars for sustainable farming system andto meet targets of the breeding program. Therefore, this experiment was conducted with 10 alfalfa ecotypes under four irrigation managements at Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran, during 2016-2018. The irrigation treatments included; full irrigation and irrigation withhold for 20, 40 and 60 days. Under stress and on stress conditions, Nikshahri and Yazdi ecotypes had the highest regrowth rate, therefore, these two ecotypes as well as KFA6 ecotype with high stem number demonstrated the highest survival rate under induction of summer dormancy. The highest biomass belonged to normal irrigation with 17.31 $t.ha^{-1}$ while the maximum unharvestable part yield with 7.02 $t.ha^{-1}$was measured in irrigation withhold treatment for 40 days. Yazdi and KFA6 ecotypes showed the maximum total biomass (15.71 and 15.76 $t.ha^{-1}$ respectively) among warm and cold region ecotypes with different fall dormancy scores and can be used as aprentsin alfalfa breeding programs. Regarding to biomass partitioning ratio, KFA17, KFA6 and Yazdi, which are landraces, had greater harvestable part to unharvestable part ratio with 1.63, 1.43 and 1.40, respectively. Therefore, these landraces can be selected for forage production under different irrigation managements. As the leaf to stem ratio has the main role in forage quality, Baghdadi ecotype with leaf: stem ratio of 1.29 had the highest forage quality among studied ecotypes. Baghdadi also maintained its high quality in all irrigation management treatments. In alfalfa breeding programs focused on improvement of forage and unharvestable yield for sustainable production in both optimum and stress environment conditions, Yazdi and KFA6 ecotypes seems to be suitable.

Key words: Alfalfa, Forage yield, Irrigation, Leaf: stem ratio and Regrowth.

Received: August، 2019 Accepted: December, 2019

1. PhD Student, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran and Faculty Member of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: amofidian@ymail.com)
2. Professor, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3. Assistant Prof., Seed and plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran