تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3923.1935

مقاله پژوهشی

بررسی پاسخ ارقام اصلاح‌شده جدید یونجه نسبت به شوری در شرایط مزرعه‌ای

حسن منیری‌فر[1*]، آرزو میرمظفری رودسری[2]

۱. بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

۲. سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
عملکرد علوفه
کلروفیل
کیفیت علوفه

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۹/۰۳

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۰/۰۷

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۱

۷۱۸-۷۰۹ :(۳)۱۵

چکیده

یونجه یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای است که به‌صورت گسترده در جهان و ایران کشت می‌شود و نبود ارقام متحمل به شوری، روزبه‌روز عملکرد و سطح زیر کشت آن را کاهش می‌دهد. در این پژوهش دو رقم سنتتیک الف و ب به همراه یک اکوتیپ محلی به‌عنوان رقم شاهد ازنظر تحمل به تنش شوری در شرایط آب‌وخاک شور به مدت سه سال مورد مقایسه قرار گرفتند و صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه خشک، عملکرد علوفه تر، نسبت برگ به ساقه، میزان پروتئین، قابلیت هضم ماده خشک، ADF، NDF، شاخص کلروفیل و محتوای کلروفیل a و b اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بین ارقام موردبررسی ازنظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌دار وجود دارد. عملکرد سالانه علوفه تر ارقام سنتتیک الف و ب درمجموع چهار چین، به ترتیب ۷۲/۲۴ و ۷۱/۲۴ تن در هکتار بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از مجموع عملکرد علوفه تر رقم شاهد (۶۰/۹۶ تن در هکتار) بود. برای عملکرد علوفه خشک نیز نتایج کاملاً مشابه به دست آمد و عملکرد علوفه خشک ارقام سنتتیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم شاهد بود. میانگین ارتفاع در هر دو رقم سنتتیک الف و ب بیشتر از مقدار مربوط به رقم شاهد بود. به‌طور میانگین در طی سه سال بررسی، چین‌های دوم و سوم بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک را تولید کردند. ارقام سنتتیک ازنظر مقادیر کلروفیل نسبت به رقم شاهد برتر بودند. میزان پروتئین در ارقام سنتتیک الف و ب به ترتیب ۲۳/۴۴ درصد و ۲۲/۶۳ درصد بود که به‌طور معنی‌دار بیشتر از میزان آن در رقم شاهد (۱۸/۱۷ درصد) بود. به نظر می‌رسد ارقام یونجه که برای شرایط نرمال اصلاح شده‌اند، در شرایط تنش نیز از عملکرد مطلوبی برخوردار هستند. با توجه به مجموع نتایج به‌دست‌آمده، ارقام سنتتیک الف و ب از پتانسیل لازم برای کشت و کار در شرایط شوری مشابه این پژوهش برخوردار هستند.

مقدمه

یونجه یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای چندساله در جهان است که از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار بوده و طول عمر بالایی دارد و در هرسال می‌توان چند چین از آن برداشت کرد. این گیاه از سیستم ریشه‌ای عمیقی برخوردار است و سازگاری زیادی به آب‌وهوای سرد و گرم دارد و همچنین به دلیل تثبیت نیتروژن، توانایی افزایش حاصلخیزی خاک را دارد، لذا یونجه به‌عنوان ملکه گیاهان علوفه‌ای شناخته می‌شود (Ozkose, 2018). یکی از خصوصیات عمده یونجه، ارزش بالای تغذیه‌ای و دارا بودن انواع مختلف ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Soto-Zarazua et al., 2016). یونجه ازجمله گیاهان علوفه‌ای با بیشترین میزان پروتئین خام است که به‌سرعت توسط میکروارگانیسم‌های معده نشخوارکنندگان تجزیه می‌شود (Wayu and Atsbha, 2019). در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای، علوفه یونجه پروتئین بیشتر و فیبر کمتری دارد که به جذب آن در معده نشخوارکنندگان کمک می‌کند (Kim et al., 2016).

سازگاری قابل‌توجه یونجه، به این گیاه اجازه می‌دهد تا در مناطق سرد مانند سیبری و آلاسکا و در آب‌وهوای گرم

* نگارنده پاسخگو: حسن منیری‌فر. پست الکترونیک: monirifar@yahoo.com

آفریقای شمالی رشد کند. از آنجائی که مناطق مختلف، آب‌وهوای متفاوتی دارد، بنابراین ارقام مناسب یونجه برای کشت در محل‌های مختلف، متفاوت است، لذا گزینش ارقام مناسب برای هر منطقه ضروری است (Ozkose, 2018).

افزایش عملکرد گیاهان زراعی از طریق انتخاب رقم مناسب، به‌ویژه در شرایط تنش که رشد و عملکرد گیاهان زراعی به‌شدت محدود می‌شود، از مهم‌ترین روش‌های مدیریتی برای چنین شرایط به شمار می‌رود.

شوری روزبه‌روز عملکرد و سطح زیر کشت یونجه را کاهش می‌دهد که موجب آسیب‌های اقتصادی فراوان به زارعین و درنهایت منجر به ترک زراعت و مهاجرت می‌شود. احیاء اراضی، زهکشی و عملیات آبیاری پیشرفته ممکن است شدت و گسترش شوری را در برخی نواحی کاهش دهد، اما هزینه این عملیات عموماً گزاف است ولی نتایج حاصل از این نوع پروژه‌ها می‌تواند راه‌حلی را با هزینه متناسب مهیا سازد.

شوری یکی از مهم‌ترین عوامل آسیب به تولید محصول و پایداری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است به‌طوری‌که ممکن است تا سال ۲۰۵۰ باعث شور شدن بیش از ۵۰ درصد کل زمین‌های قابل‌کشت شود (Zhang and Wang, 2015).

ازنظر تحمل شوری، یونجه به‌عنوان یک گیاه نسبتاً حساس با آستانه تحمل دو دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است، به‌طوری‌که عملکرد علوفه یونجه به ازای افزایش هر دسی‌زیمنس بر متر بیشتر از آستانه تحمل (۷/۳ درصد) کاهش می‌یابد (Bernstein and Francois, 1973; Tanji and Kielen, 2002).

اصلاح برای تحمل تنش شوری در بسیاری از گیاهان ازجمله یونجه دارای پیشرفت اندکی بوده است (Noble et al., 1984; Johnson et al., 1992). وجود تنوع فنوتیپی برای تحمل به شوری در ارقام یونجه گزارش شده است (Bresler, 1987; Kapulnik et al., 1989). مطالعات قبلی نشان داده است که به دلیل وجود تنوع ژنتیکی، گزینش در مرحله جوانه‌زنی (Allen et al., 1985)، در مرحله گیاهچه‌ای (Blum, 2018) و مرحله قبل از گلدهی (Noble et al., 1984) موفقیت‌هایی به همراه داشته است. علاوه بر اینکه وجود تنوع وراثت‌پذیر برای افزایش تحمل به شوری ضروری است، ولی فاکتورهای مهمی نیز هستند که در تشخیص جمعیت‌های متحمل باید در نظر گرفته شوند (Al-Khatib et al., 1992; Peel et al., 2004). در بسیاری از گونه‌های گیاهی، میزان تحمل به شوری طی دوره رشد گیاه تغییر می‌کند (Shannon, 1984; Blum, 2018).

یونجه یک گیاه چندساله است و ممکن است در مراحل مختلف رشد، مکانیسم‌های متفاوت تحمل به شوری وجود داشته باشد و ممکن است گزینش برای تحمل به شوری در مراحل اولیه رشد نظیر جوانه‌زنی یا طی مرحله گیاهچه‌ای منجر به ظهور تحمل در مراحل بعدی رشد گیاه مانند مرحله پس از چین‌برداری‌ها نگردد (Johnson et al., 1992) و بهتر است که درنهایت ارقام اصلاح‌شده در شرایط مزرعه ارزیابی گردند.

اسدیان و میاماتو (Assadian and Miyamoto, 1987) بذور دو واریته یونجه به نام‌های موپا و مسیلا را در محلول‌های شور با هدایت الکتریکی ۰/۸ تا ۳۲ ds/m موردبررسی قرار دادند و مشاهده کردند که جوانه‌زنی موپا بیشتر از مسیلا بوده ولی درنهایت جوانه‌زنی موپا کمی بیشتر بوده است. درصد جوانه‌زنی نهایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شوری و واریته زراعی قرار می‌گیرد، اما اثر متقابل بین شوری و واریته زراعی معنی‌دار نبود.

جانسون و همکاران (Johnson et al., 1992) تحقیقی را به‌منظور گزینش برای افزایش عملکرد در سطوح متفاوت شوری با رقم افریکن با آبیاری با مقادیر ۰، ۳۰، ۶۰، ۸۰ میلی‌مول نمک NaCl انجام دادند و روش‌های متفاوت گزینشی را موردبررسی قرار دادند. پس از انجام گزینش در سطح صفر مقدار نمک، افزایش عملکرد در سطح ۶۰ یا ۸۰ میلی‌مول نمک ملاحظه نگردید. آن‌ها پیشنهاد کردند که در صورت وجود تنوع برای عملکرد در محیط‌های شور، گزینش در سطوح پایین شوری تا متوسط می‌تواند منجر به تولید گیاهان متحمل به شوری شود ولی گزینش در شرایط غیرشور احتمالاً غیر موفق خواهد بود.

این پروژه با هدف ارزیابی تحمل ارقام جدید یونجه نسبت به شوری در شرایط مزرعه انجام یافت

مواد و روش‌ها

این آزمایش در منطقه فیروز سالار شهرستان آذرشهر در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان تبریز با ارتفاع ۱۲۷۰ متر از سطح دریا از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ اجرا شد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول یک ارائه شده است. EC آب مورداستفاده برای آبیاری مزرعه در زمان‌های مختلف متفاوت

بود و در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری بیشتر از ds/m ۳/۸ بود.

در این پژوهش دو رقم سنتتیک الف و ب به همراه یک اکوتیپ محلی به‌عنوان رقم شاهد ازنظر تحمل به تنش شوری در شرایط آب‌وخاک شور مورد مقایسه قرار گرفتند. رقم سنتتیک الف از پلی‌کراس ۱۱ اکوتیپ تولید شده است که اکوتیپ‌ها نیز بر اساس آزمون قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و ارزیابی خانواده‌های ناتنی گزینش‌شده بودند. رقم سنتتیک ب نیز از پلی‌کراس ژنوتیپ‌های برتر از پنج اکوتیپ تولید شده است. ژنوتیپ‌های برتر از پنج اکوتیپ گزینش و سپس با پلی‌کراس ژنوتیپ‌های منتخب در شرایط کاملاً ایزوله، رقم سنتتیک ب تولید شده است (Monirifar and Mazlomi, 2014; Monirifar, 2016).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی عمق صفر تا ۳۵ سانتیمتری خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physico-chemical properties of the 0-35 cm soil depth in the experiment

شوری عصاره اشباع خاک EC	اسیدیته pH	کربن آلی Organic Carbon	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
dS m^{-1}		----------%----------		---------- mg.kg^{-1} ----------		----------%----------		
5.3	7.5	1.29	12	51.85	285	37	50	13

ارقام سنتتیک و اکوتیپ رایج و شاهد محلی در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. طول و عرض هر کرت، پنج‌متر بود که درمجموع ۲۵ کرت با مساحت ۲۵ مترمربع موردبررسی قرار گرفتند. آبیاری مزرعه با آبی به شوری ds/m۳/۸ صورت گرفت. اندازه‌گیری صفات به هنگام برداشت علوفه در مرحله ۱۰ درصد گلدهی صورت گرفت. صفات ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر و خشک، شاخص سطح برگ، قطر ساقه، نسبت برگ به ساقه در سه سال و در هر چین و صفات میزان پروتئین، قابلیت هضم، ADF[1]، NDF[2]، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل a و b نیز در دو سال و در هر چین اندازه‌گیری شدند. ارتفاع ساقه از محل طوقه تا انتهای گل و در زمان برداشت در ۱۰ بوته تحت رقابت از هر کرت اندازه‌گیری و سپس میانگین اعداد برحسب سانتی‌متر یادداشت شد. عملکرد علوفه بس از حذف حاشیه‌ها با توزین کلیه بوته‌های هر کرت به دست آمد. حدود یک کیلوگرم از علوفه هر کرت انتخاب و برگ‌ها و ساقه‌ها از هم جدا و توزین شدند و بدین ترتیب نسبت برگ به ساقه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، پس از برداشت ۵ بوته، با استفاده از لوله‌های مسی با قطر دهانه مشخص، ریز نمونه‌هایی به شکل دیسک برداشته شد و دیسک‌ها خشک‌شده و توزین گردید. بدین ترتیب با استفاده از داده‌های وزن کل برگ، وزن دیسک‌ها و مساحت دیسک‌ها در تناسب، شاخص سطح برگ محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a و b برگ، ۰/۵ گرم برگ یونجه در مرحله گلدهی وزن شده و سپس در داخل هاون چینی کاملاً له شد و ۲۵ سی‌سی استون ۷۰٪ به آن اضافه شد. بعد از تصفیه نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و عصاره خالص به‌دست‌آمده به دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Shimatzo منتقل و توسط دستگاه و میزان جذب نور عصاره‌ها در طول‌موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ نانومتر اندازه‌گیری شدند و محتوای میزان کلروفیل بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شد:

$$Chl\ a = 12.25\ A663.2 - 2.79\ A646.8 \quad [۱]$$

$$Chl\ b = 21.21\ A646.8 - 5.1\ A663.2 \quad [۲]$$

با استفاده از کلروفیل‌متر (CCM-200, Opti-Science, USA) از برگ‌های بالایی، وسطی و پایین در ۱۵ بوته شاخص کلروفیل اندازه‌گیری شد و با میانگین‌گیری آن‌ها، شاخص کلروفیل بوته به دست آمد. برای سنجش پروتئین، پس از توزین اندام هوایی، توسط ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (pH=۶/۸) به‌صورت هموژن درآمد. پس از همگن‌سازی، هرکدام از نمونه‌ها به ویال‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۲ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در g ۱۵۰۰۰ سانتریفوژ شدند. از بخش رویی عصاره جهت سنجش غلظت پروتئین کل عصاره‌های گیاهی با استفاده از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد.

[1] Acid Detergent Fiber

[2] Netural Detergent Fiber

قابلیت هضم ماده خشک به روش منکه و همکاران (Menke et al., 1979)، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) به روش AOAC (2002) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به روش وان سوست و همکاران (Van-Soest et al., 1991) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت اسپلیت‌پلات در زمان در چند چین و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام یافت. قبل از تجزیه واریانس، برقراری فرضیات مربوط به تجزیه واریانس برای کلیه صفات آزمون گردید. تجزیه واریانس صفات کیفی علوفه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام پذیرفت. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای کامپیوتر Mstatc و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده طی سه سال و چهار چین در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین ارقام موردبررسی ازنظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد و همچنین اثر چین برای کلیه صفات به‌جز نسبت برگ به ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات کمّی اندازه‌گیری شده در ارقام یونجه در شرایط شوری

Table 2. Combined analysis of variance (Mean Squares) of quantitative traits measured in alfalfa cultivars under salinity conditions

منابع تغییر S.O.V	d.f	ارتفاع بوته Plant Height	عملکرد علوفه تر Fresh Forage Yield	عملکرد علوفه خشک Dry Forage Yield	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	قطر ساقه Shoot Diameter	نسبت برگ به ساقه Leaf to shoot ratio	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
بلوک Block (B)	2	5.331^{ns}	2.146^{ns}	0.166^{ns}	2.149^{ns}	0.315^{ns}	0.006^{ns}	30.623^{ns}
رقم Cultivar (C)	2	424.440**	88.223**	10.104**	21.002**	4.769*	0.047*	364.675*
خطای اول Error I	4	9.192	8.682	0.208	0.656	0.468	0.003	45.876
سال Year (Y)	2	25.029^{ns}	1.986^{ns}	0.670^{ns}	2.957^{ns}	0.171^{ns}	0.021*	2.155^{ns}
سال × بلوک Y × B	4	3.406^{ns}	4.673^{ns}	0.164^{ns}	0.343^{ns}	0.088^{ns}	0.004^{ns}	14.090^{ns}
سال × رقم Y × C	4	3.184^{ns}	.468^{ns}	0.148^{ns}	0.838^{ns}	0.162^{ns}	0.003^{ns}	4.783^{ns}
خطای دوم Error II	8	6.771	6.013	0.434	1.101	0.256	0.002	26.832
چین Harvest (H)	3	326.834**	21.707**	4.956**	7.080**	1.020**	0.003^{ns}	142.753**
چین × بلوک B × H	6	33.878^{ns}	4.798^{ns}	0.240^{ns}	1.217^{ns}	0.227^{ns}	0.001^{ns}	16.065^{ns}
چین × رقم C × H	6	18.690^{ns}	2.036^{ns}	0.648^{ns}	0.386^{ns}	0.524*	0.002^{ns}	27.281^{ns}
چین × سال H × Y	6	30.386^{ns}	20.015**	0.753^{ns}	1.495^{ns}	0.925**	0.010*	28.399^{ns}
خطای سوم Error III	60	19.179	5.091	0.461	0.677	0.190	0.003	16.623

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

مقایسه میانگین ارقام موردبررسی ازنظر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین ارتفاع در هر دو رقم سنتتیک الف و ب بیشتر از مقدار مربوط به رقم شاهد بود و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. نتایج مشابه برای صفات عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، شاخص سطح برگ، قطر ساقه، نسبت برگ به ساقه و شاخص کلروفیل مشاهده شد و ارقام سنتتیک با برتری نسبت به رقم شاهد در یک گروه آماری مستقل از رقم شاهد قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات طی سال‌های بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است.

کارپیچی و چلیک (Carpici and Celik, 2010) گزارش نمودند که صفاتی همچون ارتفاع بوته در عملکرد علوفه مؤثر هستند و افزایش آن هم به‌صورت مستقیم و همچنین با افزایش توانایی فتوسنتز گیاه، موجب افزایش عملکرد می‌شود. مطالعات نشان داده است که در اوایل فصل رشد (بهار) به دلیل پایین بودن دما و سایه‌اندازی کم، تعداد برگ‌های بیشتری درروی ساقه تشکیل می‌یابد و موجب می‌شود که نسبت برگ به ساقه بیشتر باشد (Stavarache et al., 2015).

پیل و همکاران (Peel et al., 2004) نیز برای تحمل به شوری در رقم CUF101 گزینش انجام دادند. آن‌ها ملاحظه نمودند که بین بوته‌های ارقام فوق ازنظر تولید ماده خشک، طول و تعداد ساقه و نکروز برگ، طی ۷۰ روزرشد تحت تنش شوری با ۲۵۰ میلی‌مول نمک تنوع وجود دارد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات بررسی‌شده در ارقام سنتتیک و شاهد یونجه در شرایط شوری طی سه سال

Table 3. Comparison of mean traits studied in synthetic and control alfalfa cultivars under salinity conditions during three years

رقم Cultivar	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص سطح برگ Leaf area index	قطر ساقه Shoot diameter	نسبت برگ به ساقه Leaf to shoot ratio	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
	cm	---------- $t.ha^{-1}$ ----------			mm		
شاهد Check	56.76[b]	15.24[b]	3.98[b]	4.23[b]	2.59[b]	0.87[b]	46.66[b]
سنتتیک ب Synthetic B	62.83[a]	17.81[a]	4.79[a]	5.49[a]	3.19[a]	0.93[a]	52.06[a]
سنتتیک الف Synthetic A	62.58[a]	18.06[a]	4.97[a]	5.60[a]	3.25[a]	0.93[a]	52.27[a]
میانگین Mean	*60.72*	*17.04*	*4.58*	*5.11*	*3.01*	*0.91*	*50.33*

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test

در طی سه سال بررسی، به‌طور میانگین بیشترین ارتفاع بوته‌ها (۶۵/۱۵ سانتی‌متر) در چین سوم و سپس در چین دوم (۶۱/۸۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. در چین اول و چهارم، ارتفاع بوته‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

میانگین عملکرد علوفه تر ارقام سنتتیک الف و ب در هر چین به ترتیب ۱۸/۰۶ و ۱۷/۸۱ تن در هکتار بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین عملکرد علوفه تر رقم شاهد (۱۵/۲۴ تن در هکتار) بود. همچنین عملکرد علوفه خشک ارقام سنتتیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم شاهد بود (جدول ۳).

بیشترین و کمترین عملکرد علوفه تر به ترتیب در چین سوم سال ۱۳۹۶ و چین اول سال ۱۳۹۷ به دست آمد و به‌طور میانگین در طی سه سال بررسی، چین سوم و دوم بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید کردند. ازنظر عملکرد علوفه خشک نیز نتیجه مشابه مشاهده شد و در چین سوم، بیشترین عملکرد علوفه خشک مشاهده شد و کمترین مقدار نیز در چین اول به دست آمد. ازنظر شاخص سطح برگ، چین دوم و سوم در گروه اول و چین چهارم و اول در گروه دوم قرار گرفتند (جدول ۴).

آرنولد و همکاران (Arnold et al., 2019) نیز وجود تفاوت معنی‌دار بین چین‌های برداشت یونجه ازنظر عملکرد

علوفه تر و ماده خشک را گزارش نمودند. مین (Min, 2016) گزارش نمود که چین‌های دوم و سوم با نور بیشتری مواجه می‌شوند، بنابراین از عملکرد بیشتری برخوردارند.

ارقام سنتتیک ازنظر مقادیر کلروفیل نسبت به رقم شاهد برتر بودند. به نظر می‌رسد بهبود توانایی فتوسنتزی این ارقام یکی از دلایل زیاد بودن عملکرد علوفه تر در این ارقام است. بدران و همکاران (Badran et al., 2015) در بررسی ارقام یونجه نشان دادند که بین ارقام موردبررسی ازنظر صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

کورناچیون و سوارز (Cornacchione and Suarez, 2017) پیشنهاد نمودند که بهبود صفات فیزیولوژیکی نظیر محتوای کلروفیل گیاه، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد ارقام سنتتیک است. منیری‌فر و برقی (Monirifar and Barghi, 2009) گزارش نمودند مقدار زیاد محتوای کلروفیل، یکی از شاخص‌های مقاومت به شوری است.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات بررسی‌شده در چین‌ها و سال‌های موردبررسی در شرایط شوری

Table 4. Comparison of the mean of studied traits in harvests and studied years under salinity conditions

سال Year	چین Harvest	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	شاخص سطح برگ Leaf area index	قطر ساقه Shoot Diameter	نسبت برگ به ساقه Leaf to shoot ratio	شاخص کلروفیل Chlorophyll index
		cm	----------t.ha^{-1}----------			mm		
1397 2018	1	55.77	15.31^{cde}	4.01	4.40	2.53^{e}	0.99^{a}	48.74
	2	59.47	16.72^{bcde}	4.70	5.84	3.04^{bcd}	0.92^{ab}	51.81
	3	65.39	19.79^{a}	5.36	4.73	3.10^{bc}	0.91^{ab}	53.36
	4	59.46	17.38^{bcd}	4.87	4.41	3.07^{bcd}	0.91^{ab}	48.56
	میانگین Mean	60.02	17.30	4.73	4.85	2.94	0.93	50.62
1398 2019	1	56.90	14.88^{e}	3.87	4.84	2.80^{cde}	0.91^{ab}	48.23
	2	63.47	18.03^{ab}	4.27	5.66	2.90^{cde}	0.89^{ab}	53.89
	3	63.42	17.27^{bcde}	5.27	5.76	3.60^{a}	0.89^{ab}	51.00
	4	58.29	17.79^{ab}	4.47	5.41	2.92^{cde}	0.87^{b}	47.68
	میانگین Mean	60.52	16.99	4.47	5.42	3.06	0.89b	50.20
1399 2020	1	60.01	17.70^{abc}	4.56	4.52	3.19^{abc}	0.89^{ab}	52.08
	2	62.53	17.28^{bcde}	4.46	5.39	3.40^{ab}	0.93^{ab}	51.24
	3	66.64	17.20^{bcde}	4.89	5.91	3.02^{bcd}	0.96^{ab}	51.57
	4	57.40	15.18^{de}	4.30	4.48	2.61^{de}	0.93^{ab}	45.86
	میانگین Mean	61.65	16.84	4.55	5.08	3.06	0.93	50.19
میانگین Mean	1	57.56^{c}	15.96	4.14^{c}	4.59^{b}	2.84	0.93	49.69^{b}
	2	61.82^{b}	17.34	4.47^{bc}	5.63^{a}	3.11	0.91	52.31^{a}
	3	65.15^{a}	18.09	5.17^{a}	5.47^{a}	3.24	0.92	51.97^{a}
	4	58.38^{c}	16.78	4.54^{b}	4.77^{b}	2.87	0.90	47.36^{c}
	میانگین Mean	60.72	17.04	4.58	5.11	3.02	0.92	50.33

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test.

نتایج نشان داد که میزان قطر ساقه در چین‌ها و سال‌های موردبررسی متفاوت بود. در چین اول سال اول، میانگین قطر ساقه‌ها کمترین مقدار بود (۲/۵۳ میلی‌متر) و در چین سوم سال ۱۳۹۷ بیشترین مقدار (۳/۶۰ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به جوانی بوته‌ها و کم بودن قطر ساقه‌ها، در چین اول سال ۱۳۹۶، بیشترین نسبت برگ به ساقه مشاهده شد و ازنظر این صفت، چین‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند.

خلاصه تجزیه واریانس سایر صفات کیفی اندازه‌گیری شده در ارقام یونجه در جدول ۵ ارائه شده است. بین ارقام موردبررسی، صفات کیفی شامل میزان پروتئین، قابلیت هضم، دیواره سلولی منهای (ADF) و دیواره سلولی (NDF) در

سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین بین چین‌ها ازنظر کلیه صفات کیفی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. درمجموع صفات کیفی علوفه اندازه‌گیری شده، اثر سال تنها بر میزان پروتئین معنی‌دار بود. هیچ‌یک از اثرات متقابل برای صفات کیفیت علوفه معنی‌دار نبود.

بین ارقام موردبررسی ازنظر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، ولی ازنظر محتوای کلروفیل b اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و اثر چین برای هر دو نوع کلروفیل و اثر متقابل چین با رقم برای کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

درصد پروتئین در ارقام سنتتیک الف و ب به ترتیب ۲۳/۴۴ و ۲۲/۶۳ درصد بود و به‌طور معنی‌داری از میزان آن در رقم شاهد (۱۸/۱۷٪) بیشتر بود.

جدول ۵. تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در ارقام یونجه در شرایط شوری

Table 5. Combined analysis of variance (Mean Squares) of traits measured in alfalfa cultivars under salinity conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میزان پروتئین Protein content	قابلیت هضم Digestibility	ADF Acid detergent fiber	NDF Neutral detergent fiber	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b
بلوک Block (B)	2	79.311^{ns}	5.975^{ns}	1.062^{ns}	10.541^{ns}	0.058^{ns}	0.269^{ns}
رقم Cultivar (c)	2	193.274*	234.140*	73.141**	366.630*	2.868*	1.562^{ns}
خطای اول Error I	4	26.082	26.585	2.929	31.740	0.188	0.301
سال Year (Y)	1	184.320**	2.722^{ns}	1.561^{ns}	14.401^{ns}	1.176^{ns}	0.222**
سال × بلوک Y×B	2	8.835^{ns}	71.047^{ns}	5.951^{ns}	28.687^{ns}	0.048^{ns}	0.172**
سال × رقم Y× C	2	5.318^{ns}	11.994^{ns}	7.021^{ns}	13.438^{ns}	0.161^{ns}	0.077**
خطای دوم Error II	4	6.090	35.780	10.947	8.341	0.162	0.002
چین Harvest (H)	3	218.547**	179.978**	27.962*	96.116**	1.557**	1.801**
چین × بلوک H×B	6	3.490^{ns}	51.713^{ns}	6.785^{ns}	24.751^{ns}	0.138^{ns}	0.146^{ns}
چین × رقم H×C	6	27.972^{ns}	31.448^{ns}	3.191^{ns}	30.730^{ns}	0.206^{ns}	0.382*
چین × سال H×Y	3	14.356^{ns}	10.707^{ns}	14.309^{ns}	28.431^{ns}	0.410^{ns}	0.363^{ns}
خطای سوم Error III	36	27.096	21.747	9.021	21.958	0.229	0.133

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

درصد قابلیت هضم در رقم سنتتیک ب (۳۳/۶۵٪) بیشتر از سنتتیک الف (۳۱/۶۷٪) بود ولی هر دو در یک گروه آماری (a) مستقل از رقم شاهد قرار گرفتند که برابر با ۲۷/۵۳ درصد بود. سه رقم موردبررسی ازنظر درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز (ADF) نیز در دو گروه قرار گرفتند که ارقام سنتتیک در یک گروه مستقل از رقم شاهد بودند. درصد دیواره سلولی در سه رقم موردبررسی به‌طور معنی‌داری متفاوت از دیگری بود و به ترتیب ارقام سنتتیک ب (۵۴/۰۸٪)، سنتتیک الف (۴۹/۷۳٪) و رقم شاهد (۴۶/۲۸٪) قرار گرفتند (جدول ۶). به‌طور میانگین، میزان پروتئین علوفه در سه رقم موردبررسی در سال دوم بیشتر از سال اول بود و اثرات متقابل منابع تغییر برای این صفت غیر معنی‌دار بود.

میزان پروتئین در چین اول به‌طور معنی‌داری بیشتر از سه چین دیگر بود و میزان آن در چین‌های دوم، سوم و چهارم

اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان نداد. ازنظر میزان قابلیت هضم، چین اول و دوم در یک گروه (b) و چین سوم و چهارم در گروه دیگر (a) قرار گرفتند. بیشترین و کمترین میزان دیواره سلولی منهای همی سلولز (ADF) به ترتیب در چین چهارم و چین اول مشاهده شد.

ازنظر میزان دیواره سلولی، اختلافی بین چین‌های دوم، سوم و چهارم مشاهده نشد ولی مقدار آن در این سه چین اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در چین اول داشت (جدول ۷).

آنیچیاریکو و همکاران (Annicchiarico et al., 2010) گزارش نمودند که کیفیت علوفه با نسبت برگ به ساقه ارتباط مستقیم دارند. کیفیت پایین علوفه در ماه‌های تابستان از افزایش سریع تجمع فیبر و لیگنین و پایین بودن نسبت برگ به ساقه حاصل می‌شود. میلیچ و همکاران (Milić et al., 2019) گزارش نمودند که با برداشت یونجه در مراحل اولیه رسیدگی به میزان کمی از عملکرد علوفه تر و خشک کاسته می‌شود ولی ارزش تغذیه‌ای علوفه در این مرحله زیاد است.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات بررسی‌شده در چین‌ها و سال‌های موردبررسی در شرایط شوری

Table 6. Comparison of the mean of studied traits in harvests and studied years under salinity conditions

Cultivar	رقم	میزان پروتئین Protein content	قابلیت هضم Digestibility	ADF Acid detergent fiber	NDF Neutral detergent fiber	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b
		----------%----------				----------µg.ml^{-1}----------	
Check	شاهد	18.17^{b}	27.53^{b}	13.71^{b}	46.28^{c}	5.73^{b}	2.73^{b}
Synthetic B	سنتتیک ب	22.63^{a}	33.65^{a}	17.01^{a}	54.08^{a}	6.38^{a}	3.18^{a}
Synthetic A	سنتتیک الف	23.44^{a}	31.67^{a}	16.35^{a}	49.73^{b}	6.25^{a}	3.17^{a}
Mean	میانگین	21.41	30.95	15.69	50.03	6.12	3.03

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات بررسی‌شده در چین‌های مختلف در شرایط شوری

Table 7. Comparison of the mean of studied traits in different classes under salinity conditions

Harvest چین	Protein content میزان پروتئین	Digestibility قابلیت هضم	ADF Acid detergent fiber	NDF Neutral detergent fiber	Chlorophyll a محتوای کلروفیل a	Chlorophyll b محتوای کلروفیل b
	----------%----------				----------µg.ml^{-1}----------	
1	26.03^{a}	26.96^{b}	14.16^{b}	46.89^{b}	5.75^{c}	2.68^{c}
2	20.83^{b}	29.86^{b}	15.41^{ab}	50.33^{a}	6.29^{ab}	3.10^{b}
3	21.23^{b}	33.43^{a}	16.05^{ab}	50.43^{a}	6.41^{a}	3.43^{a}
4	17.57^{b}	33.55^{a}	17.14^{a}	52.47^{a}	6.02^{bc}	2.90^{bc}
میانگین Mean	21.41	30.95	15.69	50.03	6.12	3.03

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05, according to Duncan test.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که بین ارقام موردبررسی ازنظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). میانگین عملکرد علوفه تر ارقام سنتتیک الف و ب در هر چین به ترتیب ۱۸/۰۶ و ۱۷/۸۱ تن در هکتار بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین عملکرد علوفه تر رقم شاهد (۱۵/۲۴ تن در هکتار) بود. برای عملکرد علوفه خشک نیز نتایج کاملاً مشابه به دست آمد و عملکرد علوفه خشک ارقام سنتتیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم شاهد بود. میانگین ارتفاع در هر دو رقم سنتتیک الف و ب بیشتر از مقدار مربوط به رقم شاهد بود. به‌طور میانگین در طی سه سال بررسی، چین سوم و دوم بیشترین عملکرد

علوفه تر را تولید کردند. ازنظر عملکرد علوفه خشک نیز نتیجه مشابه مشاهده شد و در چین سوم، بیشترین عملکرد علوفه خشک مشاهده شد و کمترین مقدار نیز در چین اول به دست آمد. ازنظر شاخص سطح برگ، چین دوم و سوم در گروه اول و چین چهارم و اول در گروه دوم آماری قرار گرفتند. ارقام سنتتیک ازنظر مقادیر کلروفیل نسبت به رقم شاهد برتر بودند. به نظر می‌رسد ارقام یونجه که برای شرایط نرمال اصلاح‌شده‌اند، در شرایط تنش نیز از عملکرد مطلوبی برخوردار هستند. با توجه به مجموع نتایج به‌دست‌آمده، ارقام سنتتیک از پتانسیل لازم برای کشت و کار در شرایط مشابه شرایط این بررسی برخوردار هستند.

منابع

Al-Khatib, M., McNeilly, T., Collins, J., 1992. The potential of selection and breeding for improved salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa* L.). Euphytica. 65, 43-51.

Allen, S., Dobrenz, A., Schonhorst, M., Stoner, J., 1985. Heritability of NaCl tolerance in germinating alfalfa seeds. Agronomy Journal. 77, 99-101.

Annicchiarico, P., Scotti, C., Carelli, M., Pecetti, L., 2010. Questions and avenues for lucerne improvement. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 46, 1-13.

Arnold, A.M., Cassida, K.A., Albrecht, K.A., Hall, M.H., Min, D., Xu, X., Orloff, S., Undersander, D.J., van Santen, E., Sulc, R.M., 2019. Multistate Evaluation of Reduced-Lignin Alfalfa Harvested at Different Intervals. Crop Science. 59, 1799-1807.

Assadian, N.W., Miyamoto, S., 1987. Salt Effects on Alfalfa Seedling Emergence 1. Agronomy Journal. 79, 710-714.

Association of official analytical chemists (AOAC). 2002. Official method of analysis (15th ed.). Arlington: AOAC.

Badran, A., ElSherebeny, E.A., Salama, Y., 2015. Performance of some alfalfa cultivars under salinity stress conditions. Journal of Agricultural Science. 7, 281.

Bernstein, L., Francois, L., 1973. Leaching requirement studies: sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. Soil Science Society of America Journal. 37, 931-943.

Blum, A., 2018. Plant Breeding for Stress Environments. CRC press.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review of Biochemistry. 72, 248-254.

Bresler, E., 1987. Application of a conceptual model to irrigation water requirement and salt tolerance of crops. Soil Science Society of America Journal. 51, 788-793.

Carpici, E.B., Celik, N., 2010. Determining possible relationships between yield and yield-related components in forage maize (*Zea mays* L.) using correlation and path analyses. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38, 280-285.

Cornacchione, M.V., Suarez, D.L., 2017. Evaluation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations' response to salinity stress. Crop Science. 57, 137-150.

Johnson, D., Smith, S.E., Dobrenz, A., 1992. Genetic and phenotypic relationships in response to NaCl at different developmental stages in alfalfa. Theoretical and Applied Genetics. 83, 833-838.

Kapulnik, Y., Teuber, L., Phillips, D., 1989. Lucerne (*Medicago sativa* L.) selected for vigor in a nonsaline environment maintained growth under salt stress. Australian Journal of Agricultural Research. 40, 1253-1259.

Kim, H., Jeong, H., Jeon, J., Bae, S., 2016. Effects of irrigation with saline water on crop growth and yield in greenhouse cultivation. Water. 8, 127.

Menke, K., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. The Journal of Agricultural Science. 93, 217-222.

Milić, D., Katanski, S., Milošević, B., Živanov, D., 2019. Variety selection in intensive alfalfa cutting management. Ratarstvo i Povrtarstvo. 56, 20-25.

Min, D., 2016. Effects of cutting interval between harvests on dry matter yield and nutritive value in alfalfa. American Journal of Plant Sciences. 7, 1226.

Monirifar, H., 2016. Development and evaluationof a synthetic alfalfa variety for tolerance to salinity. Journal of Crop Breeding. 8, 176-182. [In Persian with English summary].

Monirifar, H., Barghi, M., 2009. Identification and selection for salt tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes via physiological traits. Notulae Scientia Biologicae. 1, 63-66.

Monirifar, H., Mazlomi, R., 2014. Repeated screening for selection of salt tolerant in Alfalfa Ecotypes. Journal of Crop Breeding. 6, 89-100. [In Persian with English summary].

Noble, C., Halloran, G., West, D., 1984. Identification and selection for salt tolerance in lucerne (*Medicago sativa* L.). Australian Journal of Agricultural Research. 35, 239-252.

Ozkose, A., 2018. Effect of environment× cultivar interaction on protein and mineral contents of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Central Anatolia, Turkey. Sains Malaysiana. 47, 551-562.

Peel, M.D., Waldron, B.L., Jensen, K.B., Chatterton, N.J., Horton, H., Dudley, L.M., 2004. Screening for salinity tolerance in alfalfa. Crop science. 44, 2049-2053.

Shannon, M.C., 1984. Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. In: Staples, R.C., Toenniessen, G.H. (eds.), Salinity Tolerance in Plants - Strategies for Crop Improvement. pp 313–331. Wiley International, New York.

Soto-Zarazúa, M.G., Rodrigues, F., Pimentel, F.B., Bah, M., Oliveira, M.B.P., 2016. The isoflavone content of two new alfalfa-derived products for instant beverage preparation. Food and function. 7, 364-371.

Stavarache, M., Samuil, C., Popovici, C.I., Tarcau, D., Vantu, V., 2015. The productivity and quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Romanian Forest Steppe. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 43, 179-185.

Tanji, K.K., Kielen, N.C., 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. FAO.

Van-Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74, 3583-3597.

Wayu, S., Atsbha, T., 2019. Evaluation of dry matter yield, yield components and nutritive value of selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown under Lowland Raya Valley, Northern Ethiopia.

Zhang, W.-J., Wang, T., 2015. Enhanced salt tolerance of alfalfa (*Medicago sativa*) by rstB gene transformation. Plant Science. 234, 110-118.