

Research Article

Plant Prod., 2022, 44(4), 545-558
<http://plantproduction.scu.ac.ir/>


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Effect of Drought Stress on Photosynthetic Parameters, Yield and Yield Components of Tropical Alfalfa Genotypes

Ahmad Ali Shoushi Dezfuli^{1*} , Mohammad Khorramian², Ali Assareh³

- 1- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Seed and Plant Improvement Research Center, Safiabad Agricultural Research, Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran (aashoushi@gmail.com)
- 2- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research Institute, Safiabad Agricultural Research, Education and Natural Resources Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran
- 3- Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Citation: Shoushi Dezfuli, A., Khorramian, M., & Assareh, A. (2022). Effect of drought stress on photosynthetic parameters, yield and yield components of tropical alfalfa genotypes. *Plant Productions*, 44(4), 545-558.

 10.22055/ppd.2021.35110.1942

Received: 6 October 2020

Accepted: 7 February 2021

Abstract

Introduction

Water resources limitation and plant stress due to water shortage is one of the important and common environmental stresses in agricultural production, including forage production in hot and dry areas. Therefore, the selection and development of drought-tolerant cultivars are very important. In irrigated lands of Iran, the average of irrigation efficiency is 37% and water productivity is 0.8 kg per cubic meters, which is lower than the world average. For increasing water efficiency, maintaining the production capacity and creating sustainable agriculture, it is necessary to identify the effective factors on the reduction of irrigation water productivity and provide an appropriate solution. In arid regions such as Khuzestan province, by using both a proper irrigation program and irrigation levels below the water requirement, obtaining an acceptable yield of alfalfa could be expected. In order to achieve these objectives, determination of the irrigation water productivity of tropical alfalfa cultivars and their drought tolerance under different irrigation regimes were the main aims of this study.



Materials and Methods

For evaluating tropical alfalfa genotypes under different drought stresses, an experiment was carried out based on split plots design with three replications in Safiabad Agricultural Research Center, Dezful, Iran, during 2019-2020. The main factor was four levels of irrigation (25, 50, 75 and 100% of water requirement) and the second factor was five alfalfa cultivars (Baghdadi, Nikshahri, Yazdi, Mesasirsa, and Omid). In this experiments, plant characteristics including dry and wet forage yield, percentage of dry forage, leaf to stem weight ratio, chlorophyll index (SPAD), electrolyte leakage from the leaf cell membrane (EL), relative leaf water content (RWC), and Maximum quantum yield in the dark-adapted conditions (ΦPSII) were determined.

Results and Discussion

The results revealed that by applying drought stress, wet and dry forage yields, RWC, and ΦPSII decreased but the percentage of dry forage, leaf to stem weight ratio, EL, and SPAD increased. Among the studied genotypes, the Baghdadi genotype had the highest dry forage yield in all situations; non-stress conditions (16.9 t/ha), mild drought stress (15.094 t/ha), moderate drought stress (9.58 t/ha) and severe drought stress (4.664 t/ha). The Yazdi genotype had the lowest dry forage yield; 9.9, 9.7, 5.7 and 3.6 t/ha for non-stress, mild, moderate, and severe drought stresses conditions, respectively. In our experiment, the Baghdadi genotype showed a high-stress tolerance index (STI) and we highly recommend planting it in the north of Khuzestan province, but the Yazdi alfalfa genotype despite low dry forage yield under both non-stress and drought stress conditions is not recommended due to low production. We suggest using Yazdi genotype in eugenic plans due to high yield stability index (YSI) under drought stress conditions and having some favorable physiological and photosynthetic parameters associated with drought stress tolerance.

Conclusion

In this study, Baghdadi alfalfa cultivar was identified as a desirable cultivar in tropical regions of Iran such as Khuzestan. Yazdi alfalfa cultivar had favorable physiological and photosynthetic components. Thus, it can be used as a favorable parent in breeding programs such as synthetic alfalfa production (through the transfer of genes associated with drought stress tolerance).

Keywords: SPAD, Dry Matter, Electrolyte Leakage, Forage

اثر تنش خشکی بر مؤلفه‌های فتوسنتزی، عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های یونجه گرمسیری

احمدعلی شوشی دزفولی^{۱*}، محمد خرمیان^۲، علی عصاره^۳

- ۱- *نویسنده مسئول: استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران (aashoushi@gmail.com)
- ۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران
- ۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی بر خصوصیات برگ و فتوسنتزی رقم‌های یونجه گرمسیری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۶ در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح آبیاری (تأمین ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و عامل فرعی پنج رقم یونجه (بغدادی، نیکشهری، یزدی، ماسرسا و امید) بودند. پس از استقرار گیاه در سال اول، عملکرد ماده خشک و تر و صفات مرتبط با خصوصیات برگ و فتوسنتزی اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که با اعمال تنش خشکی عملکرد ماده تر و خشک، محتوای آب نسبی برگ (RWC) و حداکثر کارایی کوانتوم فتوسنتزم دو (ΦPSII) کاهش ولی درصد ماده خشک علوفه، نسبت وزنی برگ به ساقه، میزان نشت الکتروولت (EL) و شاخص کلروفیل (SPAD) افزایش یافتند. رقم بغدادی، بیشترین عملکرد ماده خشک علوفه در شرایط بدون تنش (۱۶/۹ تن در هکتار) و هم‌چنین بالاترین شاخص تحمل به تنش (STI) را در کلیه سطوح تنش خشکی (با مقادیر به ترتیب ۱۹/۵، ۱۲/۴ و ۶ در تنش ملایم، متوسط و شدید) داشت. رقم یزدی کمترین عملکرد ماده خشک علوفه در شرایط بدون تنش (۹/۹ تن در هکتار) را داشت اما شاخص پایداری عملکرد (YSI) بالایی در شرایط تنش ملایم (۰/۹۸۸) تا شدید (۰/۳۶۴) داشت.

کلیدواژه‌ها: شاخص کلروفیل، علوفه، ماده خشک، نشت الکتروولت

مقدمه

در مصرف (محصول تازه، خشک و سیلوی یونجه)، سازگاری بسیار بالا در اقلیم‌ها و شرایط مختلف طبیعی، باعث شده تا یونجه نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای نقش مهمی در کشاورزی پایدار و پایداری تولید داشته باشد (Nekoyanfar et al., 2017) و از این رو سطح زیرکشت

یونجه (*Medicago sativa* L.) مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای ایران و بسیاری از نقاط جهان بوده و به ملکه نباتات علوفه‌ای مشهور است (Nekoyanfar et al., 2017). کیفیت بالای علوفه تولیدی (دارا بودن بیش از ۲۰ درصد پروتئین)، تنوع

نتیجه تنش محیطی مانند تنش اکسیداتیو منتج از شوری و تنش خشکی است (Besma and Denden, 2012). تنش خشکی باعث پیری زودرس برگ (Gregersen et al., 2013) و در نتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (Muller et al., 2011). تنش آب یکی از مهم‌ترین موانع محیطی در برابر فتوستتر است و ظرفیت فتوسنتزی، RWC و قدرت گیاه در حفظ فتوستتر از عوامل مهم مؤثر در مقاومت به خشکی است (Sajjadinia et al., 2010). فلورسانس کلروفیل شاخص مفید دیگری برای پایش و نظارت فعالیت‌های فتوستتری در گیاهان به ویژه در شرایط تنش است. به این صورت که با سنجش فلورسانس کلروفیل، آسیب وارده به برگ و میزان فعالیت فتوستتری ارزیابی می‌شود (Hosseinzadeh et al., 2016). شاخص‌های مختلفی جهت ارزیابی تحمل به خشکی در محصولات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی تحمل به خشکی ۱۱ اکوتیپ یونجه با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که در شرایط تنش ملایم و شدید آبی شاخص‌های GMP، MP، HARM و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تعیین ارقام متحمل در یونجه می‌باشند (Basafa and Taherian, 2010). در پژوهش دیگری تحمل به خشکی ۱۱ اکوتیپ یونجه همدانی با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی بررسی شد همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد علوفه خشک در شرایط تنش و عدم تنش خشکی و شاخص‌های GMP، MP و STI نشان داد که شاخص‌های مذکور بهترین شاخص‌ها جهت ارزیابی تنش در یونجه می‌باشند (Beheshti, 2016). با توجه به محدودیت منابع آب و تنوع تنش خشکی (مانند افزایش فاصله بین نوبت‌های آبیاری و کاهش مقدار آب موردنیاز در هر نوبت آبیاری)، شناسایی سازوکارهای تحمل به تنش خشکی با هدف بهبود و اصلاح عملکرد یونجه، اهمیت بالایی دارد. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و مؤلفه‌های فتوستتری یونجه اجرا شده است، تا با شناسایی این اثرات،

قابل توجهی، (۶۰۰ هزار هکتار) را به خود اختصاص داده است (Ahmadi et al., 2020). محدودیت منابع آب باعث شده که تنش خشکی هر ساله خسارت‌های زیادی به محصولات زراعی و از جمله یونجه وارد نماید (Sabbaghpour, 2003). توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی بستگی به شدت، نوع، مدت تنش و هم‌چنین مرحله وقوع تنش و گونه گیاهی دارد (Safarnejad, 2004). یونجه به دلیل سیستم ریشه‌ای عمیق، گیاهی متحمل به خشکی با توانایی بقاء در ماه‌های خشک برای مناطق کم آب محسوب می‌شود (Abadouz et al., 2013). با این وجود برای تولید یونجه با عملکرد مطلوب نیاز به مقادیر زیادی آب است (Shalhevet, 1993) و تنش آب مهم‌ترین عامل محدودیت فیزیولوژیکی، عملکرد، رشد و نمو و کیفیت علوفه یونجه محسوب می‌شود (Li et al., 2010). در میان ویژگی‌های مؤثر بر تحمل تنش خشکی، تغییرات فتوستتر و عوامل مرتبط با آن، وضعیت آب برگ و پایداری غشاء سلولی، اهمیت ویژه دارند (Pormosavi et al., 2006). محتوای آب نسبی (Relative water content) بالاتر گیاه، به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتر آب در شرایط تنش است و از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاه و میزان تحمل تنش است (Jalilian et al., 2014). مطالعات نشان می‌دهد که RWC در مقایسه با دیگر متغیرهای ترمودینامیک وضعیت آب، شاخص بهتری بوده و به دلیل اینکه روزنه‌ها تعادل جریان ورودی و خروجی آب به درون برگ را تنظیم می‌کنند، اندازه‌گیری RWC، وضعیت تعرق و روزنه‌ها را بهتر منعکس می‌کند (Sinclair and Ludlow, 1985). از طرفی صدمه ناشی از عوامل تنش‌زای غیرزیستی نظیر گرما، سرما، خشکی، شوری و بسیاری از عوامل تنش‌زای محیطی در مرحله اول روی غشاهای سلولی برگ قابل مشاهده است. به صورتی که با اعمال تنش، نفوذپذیری غشا تحت تأثیر قرار می‌گیرد. افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه‌ای از کاهش پایداری غشاها و آسیب غشاها می‌باشد که احتمالاً

عملکرد ماده خشک و تر، درصد ماده خشک علوفه، نسبت وزنی برگ به ساقه، شاخص کلروفیل (SPAD)، میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی برگ (EL)، محتوای آب نسبی برگ (RWC) و حداکثر عملکرد کوآنتومی در شرایط سازگار شده با تاریکی (ΦPSII) بودند. چین برداری تیمارها در زمان ۲۰ درصد گلدهی صورت گرفت. نمونه برداری برای صفات عملکرد ماده خشک و تر، درصد ماده خشک علوفه و نسبت وزنی برگ به ساقه در شش چین برداشتی انجام گرفت و میانگین شش چین مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نمونه برداری صفات کلروفیل (SPAD)، میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی برگ (EL)، محتوای آب نسبی برگ (RWC) و حداکثر عملکرد کوآنتومی در شرایط سازگار شده با تاریکی (ΦPSII) در چین سوم و یک روز قبل از عملیات برداشت انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک علوفه در هر برداشت، نمونه یک کیلوگرمی از علوفه‌تر به‌طور تصادفی بعد از عملیات چین برداری از هر کرت توزین و در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز قرار داده شد و عملکرد ماده خشک علوفه برحسب تن در هکتار، محاسبه شد. برای سنجش نسبت برگ به ساقه بعد از توزین عملکرد علوفه‌تر، نمونه‌ای تصادفی به وزن ۳۰۰ گرم از هر کرت آزمایشی انتخاب نموده و سپس برگ و ساقه از هم جدا شده و در آن ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز خشک شدند و نسبت وزنی برگ به ساقه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد ماده خشک علوفه بلافاصله بعد از چین برداری یک نمونه ۳۰۰ گرمی از هر کرت آزمایش انتخاب (وزن تر با نماد WW) و

علاوه بر ارزیابی پاسخ ارقام یونجه گرمسیری (به ویژه رقم جدید امید) به تنش خشکی، امکان شناسایی ارقام متحمل به تنش در یونجه فراهم شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در زمین‌های مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول با بافت خاک سیلتی کلی لوم (جدول ۱) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ۲۵ مهرماه ۱۳۹۶ اجرا شد. هر تکرار از ۴ کرت اصلی (شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی) و هر کرت اصلی شامل ۵ کرت فرعی (ارقام یونجه بغدادی، امید، نیک شهری، یزدی و مساسرسا) بود. ارقام مورد بررسی اکوتیپ‌های برتر مناطق گرمسیری به‌همراه اولین رقم معرفی شده مناطق گرمسیری ایران (رقم امید) بود (Rahnama et al., 2018). میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود.

سال اول به‌عنوان سال استقرار یونجه در مزرعه در نظر گرفته شده و یادداشت‌برداری صفات انجام نشد. تعداد چین برداشتی در سال دوم (از ابتدای آبان‌ماه ۱۳۹۷ تا ابتدای آبان‌ماه ۱۳۹۸) ۱۱ نوبت بود که با توجه به بارش‌ها، اعمال رژیم‌های آبیاری در سال دوم برای شش چین ۱۲ خرداد، ۹ تیر، ۵ مرداد، ۲ و ۳۰ شهریور و اول آبان انجام شد. برای هر نوبت آبیاری، مقدار آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه به روش تشتک تبخیر محاسبه شد. پس از تعیین نیاز آبی و اعمال راندمان آبیاری (برای آبیاری قطره‌ای ۹۰ درصد)، عمق ناخالص آبیاری محاسبه (جدول ۲) و با دور آبیاری ثابت هفت روزه برای چهار رژیم آبیاری (شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی) اعمال شد. صفات مورد ارزیابی شامل

Table 1. Average physical and chemical properties of experimental farm soil

Depth of soil (cm)	SOC (%)	EC (dS m ⁻¹)	pH	GWC (%)		Soil texture	Bulk density (gcm ⁻³)
				PWP	FC		
0-30	0.75	1.2	7.4	12	22	Silty clay loam	1.61
30-60	0.5	1.1	7.3	12	22	Silty clay loam	1.68
60-90	0.47	0.8	7.4	12	22	Silty clay loam	1.7

SOC: Soil organic carbon EC: Electrical conductivity GWC: Gravimetric water content PWP: Permanent wilting point FC: Field capacity.

Table 2. Climatic indeces and irrigation depth (mm) of Dezful during irrigation treatment in alfalfa

Water requirement supply (%)				Mean temperature (C°)	Acumulative Eva. (mm)
25	50	75	100		
643	989	1396	1744	35.1	1787

برای تعیین میزان نشست الکتروولت‌ها از برگ‌های نمونه برداری شده (برگ‌های توسعه یافته انتهایی و جوان)، دیسک‌های برگ‌گی ۱ سانتی‌متر مربعی تهیه و هر ۵ دیسک برگ‌گی در ۱۰ سی‌سی محلول قند مانیتول یک مولار، در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند و در مرحله بعد هدایت الکتریکی (EC) محلول‌ها که رابطه عکسی با مقاومت غشا سلولی دارد، اندازه‌گیری شد (Tripathy et al., 2000). شاخص کلروفیل برگ بعد از اعمال تنش آبی و قبل از چین برداری با دستگاه SPAD-502 اندازه‌گیری شد. به این صورت که از هر کرت پنج بوته و از هر بوته پنج برگ توسعه یافته انتهایی و جوان (با موقعیت مشابه) انتخاب و اندازه‌گیری از ۳ نقطه هر برگ انجام شد، پس از آن با میانگین‌گیری، غلظت کلروفیل برگ مشخص شد (Moosavifar et al., 2011). فلورسانس کلروفیل در هر چین و قبل از برداشت با دستگاه فلورومتر مدل (OSI-FL) براساس دستورالعمل کتابچه راهنما دستگاه اندازه‌گیری شد. بدین صورت که در هر کرت از ۵ بوته، دو برگ کاملاً باز شده انتهایی جوان انتخاب و مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل شامل Fm (فلورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی) و Fo (فلورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با تاریکی) و Fv/Fm (حداکثر عملکرد کوآتومی در شرایط سازگار شده با تاریکی) اندازه‌گیری شد. تحمل رقم‌ها به تنش خشکی با محاسبه و ارزیابی دو شاخص تحمل به تنش (Stress Tolerance Index (STI)) و پایداری عملکرد (Yield Stability Index (YSI)) (معادلات ۳ و ۴) ارزیابی شد (Fernandez, 1992).

$$STI = (Y_P \times Y_S) / \bar{Y}_P \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$YSI = Y_S / Y_P \quad \text{رابطه (۴)}$$

بلافاصله در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شدند و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز گذاشته شد و مجدداً توزین شدند (وزن خشک با نماد DW) و از رابطه ۱، درصد ماده خشک علوفه محاسبه شد. رابطه (۱)

$$100 - 100 \times \frac{WW - DW}{WW} = \text{درصد ماده خشک علوفه}$$

برای اندازه‌گیری RWC به روش ودرلی (Weatherley, 1995)، مقدار ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ‌گی (ترجیحاً برگ‌های سوم از انتهای هر گیاه) جدا و بلافاصله وزن آن با ترازوی دقیق یک ده هزارم گرم توزین شد. سپس نمونه‌های برگ‌گی در داخل لوله‌های آزمایش درب‌دار محتوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه ور شده و به مدت ۶ ساعت در محیط نسبتاً خنک با نور کم قرار گرفت. پس از گذشت این مدت برگ‌ها را از داخل لوله‌های آزمایش بیرون آورده و سریعاً با کاغذ خشک کن، آب روی برگ‌ها زوده شده و با ترازوی دقیق وزن آماس آن‌ها تعیین شد. سپس نمونه‌های برگ‌گی به داخل آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و بعد از ۴۸ ساعت وزن خشک برگ‌ها تعیین گردید، بدین ترتیب مقدار رطوبت نسبی برگ‌ها از رابطه زیر محاسبه شد. محتوای آب نسبی برگ (RWC) با قطع کردن دم‌برگ برگ‌چه‌های یونجه (به مقدار ۰/۵ گرم نمونه برگ‌گی، ترجیحاً برگ‌های سوم از انتهای پنج گیاه) و قراردادن برگ‌چه‌های جدا شده در ۱۰ سی‌سی آب دوبار تقطیر شده در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد (رابطه ۲) (Weatherley, 1995). رابطه (۲)

$$RWC = (\text{وزن خشک شده} - \text{وزن اولیه}) /$$

$$100 \times (\text{وزن خشک شده} - \text{آماس برگ})$$

برداشتی (جدول ۶) نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک و تر مربوط به رقم بغدادی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود (با عملکرد ماده خشک علوفه ۱۶/۹ تن در هکتار و عملکرد علوفه تر ۶۷/۹ تن در هکتار). کمترین عملکرد ماده خشک علوفه نیز به رقم‌های یزدی و مسارسا با تأمین ۲۵ درصد نیاز آبی تعلق داشت (به ترتیب با عملکرد ماده خشک علوفه ۳/۶ و ۳/۳ و علوفه تر ۱۲/۷ و ۱۱/۰ تن در هکتار). عملکرد یونجه حاصل جمع وزن برگ و ساقه است و تنش خشکی با کوتاه کردن دوره رشد گیاه (Muller et al., 2011) و پیری زودرس برگ (Gregersen et al., 2013) ظرفیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد علوفه می‌شود. نتایج (Yadavi et al. (2000) در شرایط تنش خشکی حاکی از کاهش طول ساقه، ریشه و سطح برگ پس از ۱۴ روز اعمال تنش خشکی است. روند کاهش ماده خشک در اثر تنش خشکی در این مطالعه منطبق بر نتایج تحقیقات (Moghadam (2010 و (Ismail and Almarshadi (2013) بود.

Y_S و Y_P به ترتیب عملکرد ماده خشک علوفه هر رقم در شرایط بدون تنش و با تنش خشکی و \bar{Y}_P میانگین عملکرد ماده خشک علوفه رقم‌ها در شرایط بدون تنش را نشان می‌دهد. پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به صفات یاد شده (میانگین شش چین برداشتی)، با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه و تحلیل واریانس و هم‌چنین مقایسه میانگین به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک و تر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری و رقم‌ها به‌طور معنی‌داری عملکرد ماده خشک و تر را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). وجود اثر معنی‌دار برهمکنش رقم و رژیم آبیاری برای عملکرد ماده خشک و تر بیانگر عکس‌العمل متفاوت رقم‌های یونجه در سطوح مختلف آبیاری بود. مقایسه میانگین اثر برهمکنش رژیم آبیاری و رقم، عملکرد ماده خشک علوفه و عملکرد علوفه تر برای مجموع شش چین

Table 3. Analysis of variance (mean squares) of photosynthetic parameters and yield of alfalfa cultivars

S.O.V.	df	Dry forage yield	Fresh forage yield	Percentage of dry forage	leaf to stem weight ratio	SPAD	RWC	EL	Φ PSII
Replication	2	6.53 ^{ns}	106.69 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.637 ^{ns}	3.835 ^{ns}	15.4 ^{ns}	0.021 ^{**}
Irrigation regime (A)	3	273.7 ^{**}	5084.28 ^{**}	39.440 ^{**}	0.106 ^{**}	113.181 ^{**}	813.784 ^{**}	11178.2 ^{**}	0.333 ^{**}
Error	6	5.54	87.80	0.068	0.002	6.939	1.359	23.99	0.0002
Cultivar (B)	4	32.64 ^{**}	490.72 ^{**}	0.735 ^{ns}	0.002 ^{ns}	23.171 ^{**}	280.187 ^{**}	355.6 ^{**}	0.011 ^{**}
A×B	12	2.97 [*]	52.55 [*]	0.398 ^{ns}	0.003 ^{ns}	4.920 ^{ns}	17.471 ^{ns}	42.3 ^{**}	0.002 ^{**}
Error	32	1.16	19.76	0.495	0.004	3.842	10.574	8.079	0.001
C.V. (%)		11.72	12.32	2.76	4.63	3.21	4.16	5.19	2.32

ns, * and ** no significant differences, significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

Table 4. Mean comparison levels of irrigation regime for photosynthetic parameters, yield and yield components in alfalfa cultivars

Irrigation regime	Percentage of dry forage	leaf to stem weight ratio	SPAD	RWC (%)
100% water requirement	24.06 ^d	1.207 ^c	57.536 ^c	86.9 ^a
75% water requirement	24.72 ^c	1.289 ^b	60.148 ^b	80.7 ^b
50% water requirement	25.24 ^b	1.389 ^a	63.046 ^a	75.0 ^c
25% water requirement	27.77 ^a	1.374 ^a	63.393 ^a	69.8 ^d

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

Table 5. Mean comparison levels of alfalfa cultivars for photosynthetic parameters, yield and yield components in alfalfa cultivars

Cultivar	Percentage of dry forage	leaf to stem weight ratio	SPAD	RWC (%)
Baghdadi	25.558 ^a	1.315 ^a	61.146 ^b	85.8 ^a
Nikshahri	25.808 ^a	1.292 ^a	63.309 ^a	73.4 ^c
Yazdi	25.225 ^a	1.322 ^a	59.791 ^b	79.6 ^b
Mesaserisa	25.423 ^a	1.322 ^a	60.850 ^b	75.8 ^c
Omid	25.218 ^a	1.323 ^a	60.057 ^b	76.0 ^c

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

Table 6. Mean comparison interaction effects of irrigation regime and cultivar for photosynthetic parameters, yield and yield components in alfalfa cultivars

Irrigation regime	Cultivar	Dry forage yield (t/ha)	Fresh forage yield (t/ha)	EL (μ mho/cm)	Φ PSII
100% water requirement	Baghdadi	16.948 ^a	67.936 ^a	28.3 ^{mn}	0.870 ^{ab}
	Nikshahri	13.658 ^{bc}	55.712 ^{bc}	32.0 ^{klm}	0.843 ^{bc}
	Yazdi	9.878 ^d	40.036 ^{ef}	26.7 ⁿ	0.915 ^a
	Mesaserisa	12.028 ^c	49.670 ^{cd}	31.3 ^{lmn}	0.877 ^{ab}
	Omid	12.912 ^c	54.340 ^{bcd}	30.7 ^{lmn}	0.853 ^{bc}
75% water requirement	Baghdadi	15.094 ^b	59.720 ^b	34.3 ^{jkl}	0.799 ^{cd}
	Nikshahri	12.806 ^c	50.364 ^{bcd}	38.6 ^{ij}	0.756 ^d
	Yazdi	9.756 ^d	39.010 ^f	33.3 ^{klm}	0.766 ^d
	Mesaserisa	11.696 ^c	47.066 ^{de}	37.0 ^{ijk}	0.751 ^d
	Omid	11.928 ^c	47.310 ^{de}	40.0 ⁱ	0.757 ^d
50% water requirement	Baghdadi	9.558 ^d	38.108 ^f	57.7 ^g	0.577 ^{fg}
	Nikshahri	8.840 ^d	33.752 ^f	72.3 ^e	0.561 ^{fg}
	Yazdi	5.678 ^e	21.528 ^{gh}	50.0 ^h	0.673 ^e
	Mesaserisa	6.286 ^e	23.836 ^g	64.3 ^e	0.566 ^{fg}
	Omid	6.178 ^e	23.506 ^g	70.3 ^e	0.545 ^{gh}
25% water requirement	Baghdadi	4.664 ^{ef}	15.712 ^{ghi}	86.0 ^c	0.556 ^{gh}
	Nikshahri	4.288 ^{ef}	14.444 ^{hi}	94.3 ^{ab}	0.501 ^h
	Yazdi	3.592 ^f	12.692 ⁱ	78.3 ^d	0.619 ^f
	Mesaserisa	3.278 ^f	11.006 ⁱ	90.7 ^{bc}	0.593 ^{fg}
	Omid	4.324 ^{ef}	15.868 ^{hi}	99.0 ^a	0.541 ^{gh}

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's Multiple Range Test ($p < 0.05$).

ساقه مربوط به تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب با درصد ماده خشک علوفه ۲۷/۸ درصد و نسبت برگ به ساقه ۱/۴) و کمترین درصد ماده خشک علوفه مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (۲۴/۱ درصد) و کمترین نسبت برگ به ساقه (۱/۲) نیز مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۴). (Martens 2007) گزارش کرد که تنش کم آبی به دلیل افزایش ۲۰ درصدی نسبت برگ به ساقه باعث افزایش کیفیت علوفه می‌شود. مطالعات دیگر نشان داد که با اعمال تنش خشکی در یونجه رشد ساقه کاهش و نسبت برگ به ساقه حدود ۱۸ درصد افزایش یافت (Buxton, 2004). گزارش Behnamfar et al. (2015) حاکی از افزایش ۲۲

درصد ماده خشک علوفه و نسبت وزنی برگ به ساقه

در این مطالعه رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر صفات درصد ماده خشک علوفه و نسبت وزنی برگ به ساقه داشتند اما اثر رقم بر دو صفت مذکور معنی‌دار نبود. معنی‌دار نبودن برهمکنش رقم و رژیم آبیاری برای این صفات بیانگر یکسانی روند تغییرات صفات مذکور در رژیم‌های آبیاری برای رقم‌های مختلف بود (جدول ۳). برخلاف اکثر صفات مورد بررسی، درصد ماده خشک علوفه و نسبت وزنی برگ به ساقه (کیفیت فیزیکی علوفه) با افزایش تنش خشکی افزایش یافت به طوری که بیشترین درصد ماده خشک علوفه و نسبت وزنی برگ به

محتوای آب نسبی برگ بود (جدول ۳). با افزایش تنش آبی محتوای آب نسبی برگ کاهش یافت به طوری که حداکثر مقدار محتوای آب نسبی برگ در رژیم آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۸۶/۹ درصد) و کمترین محتوای آب نسبی برگ برای رژیم آبیاری بر اساس ۲۵ درصد نیاز آبی (۶۹/۸ درصد) به دست آمد (جدول ۴). رقم بغدادی با محتوای آب نسبی برگ ۸۵/۷ درصد بالاترین مقدار RWC و رقم‌های مساسرسا و امید با محتوای آب نسبی برگ به ترتیب ۷۵/۸ و ۷۶ درصد کمترین مقدار RWC را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). کاهش محتوای آب نسبی برگ یک پاسخ عمومی به شرایط تنش خشکی و اسمری است. محتوای آب برگ‌ها معیاری برای تعیین سطح آب گیاه و منعکس کننده فعالیت‌های متابولیکی در بافت‌هاست. کاهش در محتوای آب نسبی برگ نشانگر یک کاهش تورگر است که سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرایندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از قبیل طویل شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرایندهای وابسته به فتوسنتز است (Farkhonded et al., 2012). کاهش محتوای آب نسبی برگ یونجه در اثر تنش خشکی در این پژوهش منطبق با نتایج تحقیقات (Behnamfar et al. 2015) بود.

نشت الکترولیت‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها برای صفت نشت الکترولیت‌های برگ نشان داد که اختلافات معنی دار بین رژیم‌های آبیاری، رقم‌های یونجه و هم‌چنین برهمکنش رژیم آبیاری و رقم وجود دارد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی و یا به عبارت دیگر کمترین پایداری غشا سلولی مربوط به رقم امید در رژیم آبیاری بر اساس ۲۵ درصد نیاز آبی (۹۹ میکروموس بر سانتی متر) بود ولی

درصدی نسبت برگ به ساقه در ارقام یونجه مساسرسا، یزدی و همدانی با افزایش تنش خشکی است که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی داشت.

شاخص کلروفیل برگ:

رژیم‌های آبیاری و رقم‌های یونجه اثر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ داشتند (جدول ۳). حال آنکه اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و رقم برای شاخص کلروفیل معنی دار نبود که بیانگر مستقل بودن این دو عامل از یکدیگر است (جدول ۳). افزایش شدت تنش خشکی موجب افزایش کلروفیل برگ شد، بطوریکه کمترین میزان کلروفیل برگ مربوط به تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی (با شاخص کلروفیل ۵۷/۵۳۶) و کمترین میزان برای تیمار آبیاری بر اساس ۲۵ درصد نیاز آبی (با شاخص کلروفیل ۶۳/۳۹۳) بود (جدول ۴). بین رقم‌های مورد بررسی فقط رقم نیک شهری با شاخص کلروفیل ۶۳/۳۰۹، کلروفیل بیشتری نسبت به سایر رقم‌ها داشت و رقم‌های بغدادی، یزدی، مساسرسا و امید در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵). رشد برگ اولین فرآیندی است که به کمبود آب واکنش نشان می‌دهد و در نتیجه سطح برگ در گیاه کاهش می‌یابد (Paye, 2000). مطالعات حاکی از آن است که با اعمال تنش خشکی در کلزا آناتومی برگ تغییر یافته و برگ‌ها کوچک‌تر و ضخیم‌تر می‌شوند و در نتیجه غلظت کلروفیل‌ها به‌ویژه کلروفیل b و کاروتنوئیدها در واحد سطح برگ بیشتر می‌شود. بدین ترتیب ممکن است میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ کمتر تحت تأثیر قرار گیرد، اما میزان فتوسنتز در برگ و کل گیاه کاهش می‌یابد (Kalantar Ahmadi et al., 2014). مشاهدات مزرعه‌ای در این آزمایش نیز بیانگر کوچک و ضخیم شدن برگ یونجه تحت تنش خشکی بود.

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

نتایج به دست آمده در این پژوهش بیانگر تأثیر معنی‌دار هر دو عامل تنش خشکی و رقم بر صفت

توجه داشت که نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر فلورسانس (Fv/Fm) نشان‌دهنده پتانسیل عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو بوده و مقدار آن برای گیاهان در شرایط بدون تنش، در دامنه ۰/۸۵-۰/۶۵ و در شرایط تنش، کمتر از ۰/۸۵ خواهد بود (Zhao et al., 2007). در شرایط تنش، رقم‌های با نسبت بالاتر Fv/Fm کارایی فتوسنتزی بالاتری برخوردار هستند (Soheili Movahed et al., 2017) و به این شکل می‌توان رقم‌ها را رتبه‌بندی کرد.

ارزیابی تحمل تنش خشکی رقم‌های یونجه

شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی تحمل تنش در محصولات زراعی معرفی شده‌اند. در این پژوهش علاوه بر عملکرد ماده خشک علوفه در سطوح تنش خشکی (آبیاری بر مبنای تأمین ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی برای سه حالت تنش به ترتیب ملایم، متوسط و شدید) از دو شاخص STI (شاخص تحمل به تنش) و YSI (شاخص پایداری عملکرد) استفاده شد (جدول ۷). بر اساس داده‌های جدول ۷، رقم بغدادی دارای بیشترین عملکرد ماده خشک علوفه در شرایط عدم تنش (۱۶/۹ تن در هکتار) و تنش خشکی (تنش ملایم ۱۵/۱، تنش متوسط ۹/۶ و تنش شدید ۴/۷ تن در هکتار) بود. این رقم با ویژگی STI بالا در کلیه سطوح تنش خشکی (۱۹/۵۶ در تنش ملایم، ۱۲/۴ در تنش متوسط و ۶/۰ در تنش شدید) متحمل‌ترین رقم بین رقم‌های یونجه گرمسیری مورد مطالعه شناخته شد. شاخص STI معمولاً با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش همبستگی دارد و ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالاتری دارند از طریق این شاخص به عنوان ژنوتیپ‌های

کمترین میزان نشت الکترولیت‌ها از غشا سلولی و یا بیشترین پایداری غشا سلولی مربوط به رقم یزدی در رژیم آبیاری براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۲۶/۷ میکروموس بر سانتی‌متر) بود (جدول ۶). در طی تنش خشکی، گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شوند که موجب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و نشت الکترولیت‌ها از آن می‌شوند (Manchanda and Garg, 2008). افزایش نشت الکترولیتی مواد نشانه‌ای از کاهش پایداری و آسیب غشاها است که احتمالاً نتیجه تنش محیطی مانند تنش اکسیداتیو منتج از شوری و تنش خشکی است (Besma and Denden, 2012).

فلورسانس کلروفیل برگ

اثر تنش خشکی، رقم و هم‌چنین اثر متقابل این دو عامل بر حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم دو معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج به دست آمده از اثرات برهمکنش رژیم آبیاری و رقم (جدول ۶) نشان داد که رقم یزدی در رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم دو (۰/۹۱۵) بالاتری داشت. کمترین مقدار حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم دو به رقم نیک‌شهری در رژیم آبیاری ۲۵ درصد نیاز آبی (۰/۵۰۱) تعلق داشت. در شرایط تنش، رقم‌های با نسبت بالاتر Fv/Fm کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند (Soheili Movahed et al., 2017) و به این شکل می‌توان رقم‌ها را رتبه‌بندی کرد. زیرا تنش خشکی، در ایجاد اختلال فعالیت فتوسیستم دو و هم‌چنین تخریب ساختمان پروتئین D1 موجود در فتوسیستم و در نتیجه کاهش نسبت Fv/Fm مؤثر است (Rahbarian et al., 2013). باید

Table 7. Mean dry forage yield, STI index and YSI index of alfalfa cultivars under different levels of drought stress

Cultivar	Without drought stress			Mild drought stress			Moderate drought stress			Severe drought stress		
	GY	GY	STI	YSI	GY	STI	YSI	GY	STI	YSI		
Baghdadi	16.9	15.1	19.5	0.89	9.56	12.38	0.56	4.66	6.04	0.27		
Nikshahri	13.6	12.8	13.4	0.94	8.84	9.23	0.65	4.29	4.48	0.31		
Yazdi	9.9	9.7	7.4	0.99	5.68	4.28	0.57	3.59	2.71	0.36		
Mesasisrsa	12.0	11.7	10.7	0.97	6.27	5.78	0.52	3.28	3.01	0.27		
Omid	12.9	11.9	11.8	0.92	6.18	6.1	0.48	4.32	4.27	0.33		

GY: dry forage yield (t/ha), STI: stress tolerance index, YSI: yield stability index.

نتیجه گیری

یونجه بغدادی در منطقه شمال خوزستان، به دلیل عملکرد بالای ماده خشک علوفه در شرایط با و یا بدون تنش خشکی و داشتن STI بالا بهترین رقم بین پنج رقم مورد تحقیق برای معرفی به کشاورزان منطقه می باشد. از طرفی رقم یونجه یزدی علی رغم عملکرد کم ماده خشک علوفه در شرایط با و بدون تنش خشکی، به دلیل پایداری عملکرد ماده خشک (YSI) بالا در شرایط تنش آبی و داشتن مولفه های مطلوب فیزیولوژیک و فتوسنتزی می تواند به عنوان والد در برنامه های به نژادی مانند تولید یونجه های سینتتیک از طریق انتقال ژن های کنترل کننده ویژگی های مطلوب مرتبط با تحمل تنش خشکی (در صورت پایداری ژن های مذکور) مورد استفاده قرار گیرد.

سپاس گذاری

نگارندگان از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول و همچنین سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان کمال تشکر را دارند.

متحمل تر شناسایی می شوند (Dehbalaei et al., 2013). نتایج به دست آمده برای شاخص پایداری عملکرد (YSI) با شاخص STI یکسان نبود به طوری که رقم یزدی علی رغم مقدار کم عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، پایداری عملکرد بالایی در شرایط تنش ملایم (با YSI ۰/۹۸۸) و شدید (با YSI ۰/۳۶۴) داشت (جدول ۷). معمولاً شاخص YSI با هیچ یک از عملکردها در شرایط با و یا بدون تنش همبستگی ندارد و در انتخاب با این شاخص، پتانسیل عملکرد در نظر گرفته نمی شود (Bousslama and Schapaugh, 1984). بر این اساس رقم یزدی عملکرد پایین تری در شرایط بدون تنش داشت ولی پایداری عملکرد آن در شرایط تنش نسبت به رقم های دیگر بیشتر بود. این پایداری بالا نسبت به تنش خشکی می تواند به دلیل پایداری غشا سلولی بالا یا نشت الکترولیت کمتر، حداکثر کارایی کوانتوم فتوسیستم دو بیشتر و محتوای آب نسبی برگ بالاتر در شرایط تنش خشکی باشد (جدول های ۵ و ۶).

References

- Abadou, Gh. R., Rahnama, A., & Fathi, G. (2013). Effects of sowing patterns and density on grain yield and yield components of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Mesa-Sirsa in South Khozestan conditions. *Plant Productions*, 36(3), 53-64. [In Farsi]
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpour, R., Hatami, F., Abdehshah, H., & Kazemian, A. (2020). Agricultural statistics of the crop year 2018-2019. Iran: Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center Press. [In Farsi]
- Basafa, M., & Taherian, M. (2010). Evaluation of drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) ecotypes using drought tolerance indices. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 3(1), 69-81. [In Farsi]
- Beheshti, A. R. (2016). Evaluation of drought tolerance in Hamedani alfalfa (*Medicago sativa*.L) ecotypes by tolerance and sensitivity indices. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(3), 257-266. [In Farsi]
- Behnamfar, K., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M., Kashfipour, S. M., Alemi Saied, Kh., & Jaffari, A. A. (2015). Evaluation of impact of water deficit on yield and water use efficiency of four cultivars alfalfa (*medicago sativa*) in khouzestan conditions-Ahvaz. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 37(3), 63-71. [In Farsi]

- Besma, B. D., & Denden, M. (2012). Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. *American Journal of Plant Physiology*, 7(4), 174-183.
- Bousslama, M., & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5), 933-937.
- Buxton, D. R. (2004). Growing quality forages under variable environmental conditions USDA. Iowa State University, USA.
- Dehbalaei, S., Farshadfar, E., & Farshadfar, M. (2013). Assessment of drought tolerance in bread wheat genotypes based on resistance/ tolerance indices. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(20), 2352-2358.
- Farkhondeh, R., Nabizadeh, E., & Jalilnezhad, N. (2012). Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relation in two sugar beet cultivars. *International Journal of Agricultural Science*, 2(5), 385-392.
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, CG. (Ed) *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress* (pp. 257-270). Tainan, Taiwan: AVRDC Publication.
- Gregersen, P. L., Culetic, A., Boschian, L., & Krupinska, K. (2013). Plant senescence and crop productivity. *Plant Molecular Biology*, 82(6), 603-622.
- Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92.
- Ismail, S. M., & Almarshadi, M. H. (2013). Maximizing Productivity and Water Use Efficiency of Alfalfa under Precise Subsurface Drip Irrigation in Arid Regions. *Irrigation and Drainage*, 62(1), 57-66.
- Jalilian, A., Ghobadian, R., Shirkhani, A., & Farnia, A. (2014). Effects of nitrogen and drought stress on yield components, grain yield and quality of SC 704 corn. *Journal of Agriculture Research and Construction*, 16, 102-251. [In Farsi]
- Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Daneshian, J., & Siadat, S. A. (2014). Effects of water stress and nitrogen on changes of some amino acids and pigments in canola. *Bulletin of Environment, pharmacology and Life Sciences*, 4, 114-122.
- Li, W. R., Zhang, S. Q., Ding, S. Y. and Shan, L. (2010). Root morphological variation and water use in alfalfa under drought stress. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 5140-5150.
- Manchanda, G., & Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologia Plantarum*, 30(5), 595-618.
- Martens, D. (2007). *Management of drought stressed alfalfa*. Available at [Http://www.Co.stearns.us/documents/E×T 07242007WC. Pdf](http://www.Co.stearns.us/documents/E×T 07242007WC. Pdf)
- Moghadam, A. (2010). The effect of drought stress on morpho-physiological traits of alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes under organic farming. Ph.D. Thesis of Plant Breeding, University of Natural Resources and Applied Life Sciences of Vienna, Vienna.
- Moosavifar, B. E., Behdani, M. A., Jami Alaahmadi, M., & Hosaini Bojd, M. S. (2011). Changes of

- Chlorophyll Index (SPAD), Relative Water Content, Electrolyte Leakage and Seed Yield in Spring Safflower Genotypes under Irrigation Termination. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3), 525-534. [In Farsi]
- Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., & Gibon, Y. (2011). Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal Experiment Botany*, 62(6), 1715-1729.
- Nekoyanfar, Z., Lack, S., & Abadou, G. R. (2017). Assessment effect of cutting time and soil salinity on quality and quantity forage yield of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under Ahvaz conditions. *Plant Productions*, 40(3), 113-127. [In Farsi]
- Paye, W.A. (2000). Water relations of sparse canopied crops. *Agronomy Journal*, 92(5), 807-814.
- Pormosavi, S. M., Galoi, M., & Daneshian, J. (2006). *Evaluation of manure application on soybean leaf chlorophyll content and membrane stability under drought conditions*. Presented at the Conference 9th Crop Sciences Proceeding, 2006-08-27), Tehran.
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., & Najafi, F. (2013). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 4(2), 87-96. [In Farsi]
- Rahnama, A. A., Abadou, G. R., Shoushi dezfuli, A. A., Danaee, K., Tabatabaee, A., Miri, K., & Dehghani, A. (2018). "Omid" improved alfalfa population suitable for subtropical regions. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 7(1), 63-71. [In Farsi]
- Sabbaghpour, S. H. (2003). Mechanisms of drought tolerance in plants. *Journal of Agricultural Drought*, 13, 21-32.
- Safarnejad, A. (2004). Characterization of somaclones of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for drought tolerance. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 6, 121-127. [In Farsi]
- Sajjadinia A., Ershadi, A., Hokmabadi, H., Khayyat, M., & Gholami, M. (2010). Gas exchange activities and relative water content at different fruit growth and developmental stages of on and off cultivated pistachio trees. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(1), 1-6.
- Shalhevet, J. (1993). Plants under water and salt stress. In: Fowden L, Mansfield T, Stoddart J ed. *Plant adaptation to environmental stress* (pp, 133-154). New York: Chapman & Hall.
- Sinclair, T. R., & Ludlow, M. M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal Plant Physiology*, 12(3), 213-217.
- Soheili Movahed, S., Esmaeili, M. A., Jabbari, F., Khoramdel, S., & Fooladi, A. (2017). Effect of water deficit on leaf relative water content, chlorophyll fluorescence indices and grain yield of four maize beans. *Journal of Crop Science*, 10(1), 169-190. [In Farsi]
- Tripathy, J. N., Zhng, J., Robin, S., Nguyen, T. T., & Nguyen H. T. (2000). QTLs for cell membrane stability mapped in rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. *Theoretical and Applied Genetics*, 100(8), 1197-1202.
- Weatherley, P. E. (1995). Studies in water relation of cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist*, 49(1), 81-87.
- Yadavi, A., Modarress Sanavi, A., & Zarghami, R. (2000). *The effects of drought stress on oats species in germination step*. Presented at the articles Summary in 6 Session of Agriculture and Plants Improvement Congress, Mazandaran University, Babolsar, Iran. [In Farsi]

Zhao, G. Q., Ma, B. L., & Ren, C. Z. (2007). Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Science*, 47(1), 123-131.