

بررسی پاسخ به تنش کم آبی بوم‌جورهای دم‌شیر بر پایه شاخص‌های تحمل تنش، عملکرد ماده خشک و اسانس

فاطمه برنا^۱، وحیده نازری^{۲*}، مجید شکرپور^۳ و فاطمه غازیانی^۴

۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۹)

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد بوم‌جور (اکوتیپ) های گیاه دارویی دم‌شیر با نام علمی *Leonurus cardiac L.* در شرایط تنش کم آبی، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه سطح آبیاری شامل یک سوم، دو سوم و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به عنوان عامل اصلی و چهار بوم‌جور گیاه دارویی دم‌شیر شامل بوم‌جورهای کرمان، طالقان، سراب و خوانسار به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. در این بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد ماده خشک، درصد و عملکرد اسانس بررسی و ارزیابی شاخص‌های تنش شامل حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) بر پایه عملکرد پیکره ریشی خشک در شرایط مختلف تنش محاسبه شد. نتایج نشان داد، تنش کم آبی تأثیر معنی‌داری روی عملکرد ماده خشک و درصد و عملکرد اسانس داشت. همچنین شاخص‌های GMP، HM و MP شاخص‌های مناسب‌تری در شناسایی بوم‌جورهای متحمل به خشکی در گیاه دارویی دم‌شیر بودند. بر پایه شاخص‌های تحمل تنش، بوم‌جور خوانسار به عنوان بوم‌جور متحمل به خشکی نسبت به دیگر بوم‌جورها در شرایط تنش ملایم و شدید شناسایی شد که بیشترین میزان ماده خشک و درصد و عملکرد اسانس نیز بود. بوم‌جور سراب در میان بوم‌جورهای مورد بررسی، با داشتن میزان ماده خشک و عملکرد اسانس پائین با وجود درصد اسانس بالا، به عنوان بوم‌جور حساس شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: *Leonurus cardiaca*، تحمل خشکی، شاخص‌های تحمل تنش، ظرفیت زراعی.

Study on response to water deficit stress in Motherwort (*Leonurus cardiaca*) ecotypes using stress tolerance indices, dry matter and essential oil content

Fatemeh Borna¹, Vahideh Nazeri^{2*}, Majid Shokrpour³ and Fatemeh Ghaziani⁴

1, 2, 3, 4. Ph.D. Candidate, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Dec. 15, 2015 - Accepted: Jul. 9, 2016)

ABSTRACT

In order to evaluate the yield of the Motherwort (*Leonurus cardiaca*) ecotypes in water deficit stress, an experiment was carried out in randomized complete block design under a split plots arrangement, with three replications. Three irrigation levels were considered based on field capacity (FC) (as control), one third and two third of FC as main plots. Sub plots were formed by the four ecotypes of *Leonurus cardiaca*. In this study, the effects of water deficit stress on dry matter, essential oil percentage and yield were measured. In addition, stress tolerance index including Stress Susceptibility Index (SSI), Tolerance (TOL), Mean Productivity (MP), Stress Tolerance (STI), Geometric Mean Productivity (GMP), Harmonic Mean (HM) were calculated in terms of dry yield in different water stress conditions. Results indicated that water deficit stress had a significant effect on dry matter, essential oil percentage and yield. Results also showed that the GMP, HM, MP indices were more appropriate indices for identification of drought resistant plants of Motherwort. According to stress indices, the ecotype of Khansar was the most drought tolerant ecotype in comparison to other ecotypes in the mild and severe water stress environments and contained high dry matter yield and essential oil percentage and yield. Sarab was the most susceptible ecotype among the studied ecotypes with low dry matter and essential oil yield despite high essential oil percentage.

Keywords: Drought tolerance, field capacity, *Leonurus cardiaca*, stress indices.

* Corresponding author E-mail: nazeri@ut.ac.ir

مقدمه

ایران به دلیل موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافیک آن بارش و آب‌وهوای متفاوتی دارد. میزان بارش میانگین سالانه آن حدود یک‌سوم میانگین بارش کره زمین است و به همین دلیل قسمت اعظم ایران در قلمرو آب‌وهوای خشک جهان قرار می‌گیرد (Teimouri *et al.*, 2011). با توجه به گرم شدن کره زمین و کمبود منابع آب در جهان به‌عنوان پدیده‌های طبیعی پرهی‌زناپذیر و نیز مصرف روزافزون منابع انرژی و آب در جامعه، رویارویی با این مسائل و چاره‌اندیشی در زمینه راه‌های رفع یا مهار آن‌ها از دغدغه‌های مهم محققان در سراسر جهان به‌ویژه ایران است. در ارتباط با گیاهان، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و دیگر عامل‌ها باعث شده توجه بیشتری به بررسی در مورد تأثیر تنش خشکی و انتخاب رقم‌های مقاوم به خشکی معطوف شود (Khodabandeh, 2003).

بدیهی است در بین بوم‌جور (اکوتیپ)های مختلف یک گونه گیاهی آن‌هایی که تحمل بیشتری نسبت به تنش کم‌آبی دارند انتخاب مناسب‌تری برای مناطق خشک و کم آب هستند (Upadhyaya & Panda, 2004). گیاه دم‌شیر با نام علمی *Leonurus cardiaca* از تیره نعنائیان (Lamiaceae) تنها گونه موجود از جنس *Leonurus* در ایران است (Mozaffarian, 2006). مواد مؤثره شناسایی شده از عصاره اندام‌های هوایی (برگ، گل و ساقه) این گیاه شامل فلاونوئیدها، پلی‌فنل کربوکسیلیک اسید، ایریدوئیدها، تری‌ترین‌ها، تانن‌ها، استرول‌ها، کاروتنوئیدها، مونوساکاریدها، پلی‌ساکاریدها (لعاب یا موسیلاژها) و ترکیب‌های نیتروژن‌دار غیر از آلکالوئیدها و آلکالوئیدهای استاکیدرین و لئونورین است (Popescu, 2009). منشأ این گیاه مناطق مدیترانه‌ای در آسیا و اروپا گزارش شده است. این گیاه در مرکز و غرب اروپا، شمال آسیا، شمال آفریقا، اسکانندیناوی، انگلیس و مناطق بالکان می‌روید (Omidbaigi, 2010). از این گیاه در طب سنتی بر علیه اختلال‌های عصبی و بی‌نظمی‌های قلبی استفاده می‌شود که در دارونامه (فارماکوپه)ها با تأثیر دارویی مسکن، فشارخون پایین و مقوی قلب ثبت و

به رسمیت شناخته شده است (Knoss, 1995; Arber, 1938). اولئالونیک اسید و اورسولیک اسید دو تری‌ترین شناسایی شده در اسانس این گیاه هستند که به دلیل ساختار شیمیایی نزدیک تأثیر درمانی همسان دارند. امروزه اثبات شده دو ترکیب بالا تأثیر ضد تورم، ضد غده (تومور)، مهارکننده ویروس اچ آی وی، ضد میکروبی و قارچی داشته و برای درمان دیابت به کار می‌روند (Janicsak, 2006). برداشت این گیاه از عرصه‌های طبیعی صورت می‌گیرد و کشت و کار آن گزارش نشده است.

گیاهان دارویی متحمل به خشکی دارای ماده خشک و اسانس بالا می‌توانند انتخاب مناسبی برای مناطق خشک و کم‌آب باشند. ارزیابی بوم‌جورها در شرایط یکسان می‌تواند نتایج مناسبی در جهت تشخیص برتری یک بوم‌جور از لحاظ میزان ماده خشک، میزان ماده مؤثره و تحمل به تنش در مقایسه با دیگر بوم‌جورها ارائه کند. به طوری که این مهم در محل‌های رویش آن‌ها به دلیل اثر متقابل ژنتیک و محیط محقق نمی‌شود (Zabet *et al.*, 2003). شاخص‌های انتخاب چندی برای گزینش نژادگان (ژنوتیپ)ها بر اساس ارتباط ریاضی آن‌ها در محیط‌های تنش و غیر تنش پیشنهاد شده است (Clarke, *et al.*, 1984; Huang, 2000). ویژگی‌های مهم یک شاخص خوب برای بررسی و تظاهر مقاومت به خشکی وجود تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی بالا بین شاخص مورد نظر و ظرفیت عملکرد است. مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش، معیاری است که بتواند نژادگان‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش را از دیگر نژادگان‌ها تفکیک کند (Fernandez, 1992). در واقع، رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین عملکرد را دارد (Rosielle & Hambelen, 1981; Bidinger *et al.*, 1987; Fernandez, 1992). ارزیابی‌ها نشان می‌دهد، تاکنون بررسی روی گیاه دارویی دم‌شیر از نظر تحمل کم‌آبی و تأثیر آن بر میزان اسانس و ماده خشک این گیاه انجام نشده است و بیشتر تحقیقات روی میزان اسانس و ماده خشک گونه‌های دیگر از خانواده نعناع چون

بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. با توجه به چندساله بودن گیاه دم‌شیر، آزمایش در دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) در ایستگاه تحقیقات باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران انجام گرفت. موقعیت محل تحقیق در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۰ دقیقه شمالی و در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹۵ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۲۹۲/۹ متر است. بر پایه میانگین ده ساله هواشناسی بیشترین کمترین دمای ثبت‌شده به ترتیب ۳۶/۸ و ۲ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت ۳۸ درصد و رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۶۸/۴ میلی‌متر است (Anonymous, 2013). بذر چهار بوم‌جور گیاه دم‌شیر (*Leonurus cardiaca* subsp. *Cardiac*) گردآوری‌شده از چهار استان کشور شامل مادون در استان کرمان، طالقان در استان البرز، خوانسار در استان اصفهان و سراب در استان اردبیل به ترتیب با کد هرباریومی ۰۰۶۴۱۲، ۰۰۶۴۱۱، ۰۰۶۴۱۶، ۰۰۶۴۱۵ (ثبت‌شده در هر باریوم گروه باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه تهران) آزمایش شد، ویژگی‌های جغرافیایی مناطق گردآوری بذرها در جدول ۱ آمده است.

بذر بوم‌جورهای مورد بررسی پس از رفع نیاز سرمایی (۸-۱۰ هفته در دمای ۴ درجه سلسیوس) در محیط کشت حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شدند و نشاءهای تهیه‌شده در مرحله ۶ تا ۸ برگی در اواسط بهار به مزرعه منتقل شدند. نشاءها در کرت‌هایی به گستره ۹ مترمربع و به فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند (Soorni, 2013).

جدول ۱. ویژگی‌های جغرافیایی مناطق گردآوری بوم‌جورهای گیاه دم‌شیر

Table 1. Geographic location of collection sites of *L. cardiaca* ecotypes in Iran

No.	Ecotype	Province	Altitude (m)	Longitude (E)	Latitude (N)
1	Kerman	Kerman	2600	56 50 31.49	29 18 36.71
2	Taleghan	Alborz	1850	50 45 34.51	36 10 27.80
3	Khansar	Isfahan	2210	50 17 57.65	33 15 50.63
4	Sarab	Ardabil	1687	47 31 40.24	37 55 59.23

مرزه (*Satureja hortensis*) (Baher et al., 2002)، گونه‌های ریحان (*Ocimum* sp.) (Khalid, 2006) انجام گرفته است. ارزیابی شاخص‌های تحمل خشکی در گیاهان دارویی دیگر از جمله زیره (*Cuminum cyminum* L.) (Motamedi-Mirhosseini, et al., 2011)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Amani, et al., 2012)، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) (al., 2012)، و آویشن دناپی (*Thymus Taherkhani et al., 2011*) و *daenensis* subsp. *daenensis* (Khorshidi et al., 2016) بررسی شده است. این درحالی‌که است که بیشتر بررسی‌های انجام‌شده بر پایه شاخص‌های تنش روی گیاهان زراعی است. در ذرت (Moradi, et al., 2011) شاخص‌های MP ، STI ، GMP و HM و در جو دوسر (*Avena sativa* L.) (Rabiei, et al., 2012) شاخص‌های MP و GMP و STI شاخص‌های مناسب ارزیابی این گیاهان هستند. در گندم (Akçura, et al., 2003) به‌عنوان شاخص مناسب در شرایط تنش شدید و HM ، GMP ، MP ، STI و TOL شاخص‌های مناسب در شرایط تنش ملاپم معرفی شده است. همچنین بررسی میزان اسانس این گیاه در رویشگاه‌های اصلی آن در شش منطقه ایران نشان داده است نتایج عملکرد اسانس از ۰/۰۲ برای جمعیت‌های طالقان تا ۰/۰۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک برای جمعیت کرمان متغیر بوده است (Soorni et al., 2013).

هدف از این تحقیق ارزیابی پاسخ بوم‌جورهای دم‌شیر در شرایط محدودیت آبی، انتخاب بوم‌جورهای برتر از نظر شاخص‌های تحمل تنش، عملکرد ماده خشک و میزان اسانس و در نهایت انتخاب مؤثرترین شاخص تحمل در شناسایی بوم‌جورهای متحمل و حساس است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب

1. Mean Productivity
2. Stress Tolerance Index
3. Geometric Mean Productivity
4. Harmonic Mean
5. Susceptibility Index
6. Tolerance

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2}$$

(Rosiell & Hambelen, 1981)

$$STI = \left(\frac{Y_P}{Y_{\bar{P}}} \right) \left(\frac{Y_S}{Y_{\bar{S}}} \right) \left(\frac{Y_{\bar{S}}}{Y_{\bar{P}}} \right) = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(Y_{\bar{P}})^2}$$

(Farnandez, 1992)

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

(Farnandez, 1992)

$$HM = \frac{2(Y_P)(Y_S)}{Y_P + Y_S}$$

(Farnandez, 1992)

در این شاخص‌ها، Y_P عملکرد بالقوه هر نژادگان در محیط بدون تنش، Y_S عملکرد بالقوه در محیط تنش، \bar{Y}_S میانگین عملکرد همه نژادگان‌ها در محیط دارای تنش، \bar{Y}_P میانگین عملکرد همه نژادگان‌ها در محیط بدون تنش و SI شدت تنش است.

میزان اسانس نمونه‌های برداشت‌شده در سال دوم (۱۰۰ گرم نمونه خشک) به کمک دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با آب به مدت چهار ساعت استخراج و درصد حجمی اسانس محاسبه شد (Soorni et al., 2013)، سپس بر پایه عملکرد ماده خشک عملکرد اسانس به دست آمد. تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه طرح آزمایشی مربوطه صورت گرفت و رابطه‌های بین صفات و شاخص‌های تنش با استفاده از همبستگی پیرسون بررسی شد. همه تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9 و MINITAB 16 انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی عملکرد ماده خشک و میزان اسانس

تجزیه واریانس نشان داد که بوم‌جورها از لحاظ عملکرد ماده خشک در سال اول و دوم، درصد اسانس و عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). اثر سطوح تنش آبی به جز در عملکرد اسانس در دیگر صفات معنی‌دار بود. با این وجود اثر متقابل تنش در بوم‌جور در هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد.

مقایسه میانگین سطوح تنش کم آبی نشان داد که با افزایش میزان تنش میزان ماده خشک در سال اول و دوم کاهش یافت ولی درصد اسانس افزایش یافت

سطوح مختلف آبیاری شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، دوسوم و یک‌سوم ظرفیت زراعی اعمال شد. تیمار تنش آبی یک هفته پس از استقرار گیاهان و با روش آبیاری قطره‌ای اعمال شد. برای این منظور در آغاز ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه شد که میزان آن برابر ۲۸/۴۱ بود، آنگاه میزان رطوبت خاک با استفاده از دستگاه تترابروب ساخت شرکت VS Instrument Pvt.Ltd. اندازه‌گیری شد.

میزان حجم آب مورد نیاز آبیاری برحسب لیتر برای هر قطعه، از حاصل ضرب مساحت قطعه (برحسب مترمربع) ضربدر عمق ریشه ضربدر کمبود رطوبت خاک (تفاوت عدد دستگاه و ظرفیت زراعی) ضربدر ضریب درصد سطح خیس شده مزرعه (نسبت عرض خیس شده قطره‌چکان‌ها به فاصله بین ردیف‌های کاشت) ضربدر عدد ۱۰ به دست آمد. در مورد تیمارهای یک‌سوم و دوسوم ظرفیت زراعی، میزان حجم بالا را در ۱/۳ و ۲/۳ ضرب کرده و حجم آب تیمارهای بعدی به دست آمد.

سطوح تنش کم آبی به‌عنوان عامل اصلی و بوم‌جورها به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. دیگر عملیات زراعی برای گیاهان به‌طور یکسان انجام شد. از هر کرت شمار هفت گیاه از ردیف‌های میانی (بوته‌های رقابت‌کننده) انتخاب و پیکر رویشی آن‌ها در مرحله گلدهی برداشت و در آون در دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک شد و میزان ماده خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد (Omidbaigi, 2010). سپس از هر بوم‌جور شاخص‌های تنش برای آن‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص‌های تنش شامل شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، بهره‌وری میانگین (MP)، تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (HM) بر پایه عملکرد پیکر رویشی خشک در شرایط تنش و غیر تنش و با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد:

$$SSI = \frac{1 - (Y_S / Y_P)}{SI}, \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P} \right]$$

(Fischer & Maurer, 1978)

$$TOL = Y_P - Y_S$$

(Rosiell & Hambelen, 1981)

معنی‌داری در وزن تر و خشک برگ و ساقه مشاهده شد (Simon *et al.*, 1990). سطوح مختلف آبیاری روی عملکرد خشک بذر و درصد ترکیب‌های فرار گیاه دارویی *Pimpinella anisum* تأثیر معنی‌داری گذاشته و باعث افزایش اسانس و کاهش عملکرد ماده خشک با افزایش تنش خشکی شد (Rahimi Aloghareh *et al.*, 2013).

مقایسه میانگین بوم‌جورها از نظر میزان ماده خشک در سال اول و دوم و درصد اسانس و عملکرد اسانس نشان داد، بوم‌جور کرمان و سراب به ترتیب کمترین میزان ماده خشک را در سال اول و دوم داشتند. دیگر بوم‌جورها از این نظر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. درحالی‌که از نظر درصد اسانس، بوم‌جورهای سراب و خوانسار بیشترین اسانس و بوم‌جورهای کرمان و طالقان کمترین درصد اسانس را داشتند، نتایج مقایسه عملکرد اسانس نشان داد بوم‌جور خوانسار از نظر عملکرد اسانس بیشترین میزان عملکرد را داشت که از این نظر اختلاف معنی‌داری با بوم‌جور طالقان نداشت و بوم‌جور کرمان و سراب به ترتیب کمترین میزان عملکرد اسانس را داشتند (جدول ۴). بر پایه نتایج یک بررسی (Soorni *et al.*, 2013) بوم‌جور کرمان بیشترین میزان اسانس و بوم‌جور طالقان کمترین میزان اسانس را در گیاهان کشت سال اول داشت. عامل‌ها محیطی و نیز عمر گیاهان در زمان نمونه‌برداری از جمله علل اختلاف در نتایج بررسی‌های مختلف به شمار می‌رود. با توجه به اینکه در سال اول گیاهان دارویی اغلب در شرایط استقرار هستند، قابلیت کافی برای رشد را ندارند، بنابراین معیار مناسبی برای اندازه‌گیری نیستند و بهتر است نتایج سال دوم ملاک ارزیابی شود.

(جدول ۳). به‌طوری‌که بیشترین میزان ماده خشک در تیمار شاهد و کمترین میزان ماده خشک در تیمار تنش شدید (یک‌سوم ظرفیت زراعی) در سال اول و دوم مشاهده شد. همچنین عملکرد ماده خشک در سال دوم بیشتر از سال اول بود. در این بررسی درصد اسانس رابطه معکوس با میزان ماده خشک داشت. کاهش در ماده خشک گیاهان در شرایط تنش، تأثیر آب روی تحریک و تنظیم آنزیم‌های نورساخت (فتوسنتز)کننده را نشان می‌دهد که بر میزان وزن خشک اثر می‌گذارد. همچنین با توجه به اینکه گیاهان سازوکارهای بیوشیمیایی را برای پاسخ و سازگاری با شرایط تنش به‌منظور زنده ماندن به‌کار می‌گیرند، لذا افزایش میزان اسانس تحت تیمار تنش مورد انتظار است. همسان این بررسی، تحقیقات روی گونه‌های مختلف دارویی نشان داده است که تنش کم‌آبی تجمع ماده مؤثره را در گیاهان دارویی از جمله *Salvia miltiorrhiza* (Liu *et al.*, 2011)، *Bupleuri radix* (Zhu *et al.*, 2009)، *Catharanthus roseus* (Chung *et al.*, 2007) و *Rehmannia glutinosa* (al., 2006) افزایش داده است. همچنین باعث کاهش وزن خشک گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensis* شده و محتوای ترکیب‌های فرار آن در تنش آبی شدید بیشتر از تنش آبی ملایم کاهش یافته است (Baher *et al.*, 2002). تیمارهای مختلف آبی روی وزن خشک ریحان (*Ocimum sp.*) تأثیر معنی‌داری داشته و درصد ترکیب‌های فرار آن را افزایش داده است (Khalid, 2006). تنش کم‌آبی باعث افزایش محتوای ترکیب‌های فرار در ریحان (*Ocimum basilicum*) شده، درحالی‌که به‌تدریج با افزایش کسر آبی، کاهش

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک و اسانس در بوم‌جورهای دم‌شیر تحت تنش خشکی

Table 2. Anova analysis of dry weights and essential oils of *L. cardiaca* ecotypes under water stress

Source	df	Mean Square			
		First year		Second year	
		Dry weight	Dry weight	Essential oil (%)	Essential oil yield
Block	2	37.33**	1841.50**	0.000017 ^{ns}	197.3**
Drought stress	2	87.039**	2007.24**	0.000152*	54.9 ^{ns}
Main error	4	10.61**	359.25**	0.000120*	119.7**
Ecotype	3	12.61**	722.74**	0.00031**	109.6*
Ecotype × Stress	6	2.35 ^{ns}	86.68 ^{ns}	0.000013 ^{ns}	20.1 ^{ns}
Error	18	2.28	61.77	0.000040	21.6
CV.	-	13.85	10.87	18.78	19.34

*, **, ns: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% probability levels, and non-significant differences, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک و درصد اسانس در تیمارهای مختلف کم آبی

Table 3. Mean comparison of dry weight yield and essential oil percentage in different low water treatment

Stress	Dry material yield (gr/p)		Essential oil (%)
	First year	Second year	
Control (100% field capacity)	13.79 a	85.80 a	0.031 b
Mild stress (2/3 field capacity)	10.46 b	70.97 b	0.032 ab
Severe stress (1/3 field capacity)	8.46 c	60.03 c	0.037 a

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

The same letters in each column indicate that there is no significant difference among the means.

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک و درصد اسانس در بوم‌جورهای دم‌شیر تحت تنش خشکی

Table 4. Mean comparison of dry weight yield and essential oil percentage in different *L. cardiaca* ecotypes under different water stresses

Ecotype	Dry material yield (gr/p)		Essential oil (%)	Essential oil yield (mg/p)
	First year	Second year		
Kerman	9.25 b	76.45 a	0.026 b	20.36 b
Taleghan	11.34 a	79.22 a	0.031 b	24.62 ab
Sarab	12.03 a	59.18 b	0.038 a	22.68 b
Khansar	10.99 a	74.21 a	0.039 a	28.60 a

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

The same letters in each column indicate that there is no significant difference among the means

دوم بررسی (جدول ۶)، بوم‌جورها در صفات Yp، Ys، TOL، GMP، HM و MP در سطح ۱ درصد و در صفت Ys در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند همچنین سطوح تنش خشکی در صفات Ys، TOL و HM در سطح ۱ درصد و در صفات STI و GMP در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش در بوم‌جور در هیچ‌یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. تجزیه واریانس داده‌های TOL و SSI در سال اول و دوم پس از تبدیل داده انجام شد.

ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش در بوم‌جورها

در تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل تنش برای بوم‌جورهای دم‌شیر در شرایط تنش ملایم و شدید در سال اول (جدول ۵) بوم‌جورها در صفات Yp، GMP، HM و MP در سطح ۱ درصد و در صفت STI در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. همچنین سطوح تنش خشکی در صفات Ys، GMP و HM در سطح ۱ درصد و در صفات STI، MP در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. در سال

جدول ۵. تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل تنش در بوم‌جورهای گیاه دارویی دم‌شیر در سال اول

Table 5. Variance analysis of stress tolerance indices in *L. cardiaca* ecotypes in first year

Source	df	Mean Square							
		Ys	Yp	TOL	MP	SSI	STI	HM	GMP
Block	2	28.39**	54.24**	0.167*	27.68**	0.068 ^{ns}	0.33**	24.22**	25.20**
Drought stress	1	24.22**	0.0 ^{ns}	0.14 ^{ns}	6.059*	0.029 ^{ns}	0.14*	13.50**	9.61**
Main error	2	3.04	0.0	0.003	0.76	0.0018	0.023	2.29	1.47
Ecotype	3	2.93 ^{ns}	28.38**	0.09 ^{ns}	12.27**	0.002 ^{ns}	0.029*	8.55**	10.26**
Ecotype × Stress	3	0.20 ^{ns}	0.0 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Error	3	1.34	4.15	0.035	0.83	0.017	0.008	0.62	0.64
CV.	12	12.26	14.77	19.94	7.87	19.91	13.32	7.15	7.08

*، ** و ns: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*، **، ns: Significantly differences at 5 and 1% probability levels, and non-significant differences, respectively.

جدول ۶. تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به تنش بوم‌جورهای گیاه دارویی دم‌شیر در سال دوم

Table 6. Variance analysis of stress tolerance indices in *L. cardiaca* ecotypes in second year

Source	df	Mean Square							
		Ys	Yp	TOL	MP	SSI	STI	HM	GMP
Block	2	1893.71**	557.72**	13.25**	977.40**	0.12*	0.456**	1229.83**	1096.58**
Drought stress	1	718.82**	0.0 ^{ns}	11.30**	179.70	0.012 ^{ns}	0.119*	355.45**	263.59*
Main error	2	387.41	0.0	4.15	96.84	0.022	0.059	213.81	151.98
Ecotype	3	387.94*	952.29**	6.11*	566.37**	0.006 ^{ns}	0.025	526.42**	544.90**
Ecotype × Stress	3	41.02 ^{ns}	0.0 ^{ns}	1.63 ^{ns}	10.25 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	12.75 ^{ns}	11.29 ^{ns}
Error	12	63.77	57.78	1.13	46.66	0.022	0.018	50.63	48.33
CV.	12	12.19	8.85	25.93	9.02	22.78	17.57	9.70	9.33

*، ** و ns: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

*، **، ns: Significantly differences at 5 and 1% probability levels, and non-significant differences, respectively.

عادی در سال اول، مقادیر بالای MP، HM و GMP (از این نظر اختلاف معنی‌داری با بوم‌جور طالقان نداشت) و مقادیر پائین STI را شامل شد. این در حالی بود که این بوم‌جور در سال دوم عملکرد ضعیفی را نسبت به دیگر بوم‌جورها داشت و از نظر شاخص‌های MP، HM، GMP، Ys و Yp مقادیر پائین داشت و درعین‌حال مقادیر پائین شاخص TOL را نیز شامل شد. به عبارت دیگر، این بوم‌جور برخلاف بوم‌جورهای طالقان و کرمان، تحمل بیشتری به تنش کم‌آبی در سال اول نسبت به دیگر بوم‌جورها داشت.

بوم‌جور خوانسار در سال اول با وجود عملکرد بالا در شرایط آبی عادی، مقادیر HM و STI بالا و MP و GMP پائین نسبت به دیگر بوم‌جورها داشت. درحالی‌که در سال دوم بوم‌جور خوانسار با وجود عملکرد پائین در شرایط آبی عادی (همسان کرمان)، عملکرد بالایی در شرایط تنش نشان داد و مقادیر شاخص‌های MP، HM، GMP بالا و میزان پائین شاخص TOL را شامل شد بنابراین از این نظر اختلاف معنی‌داری با بوم‌جور کرمان نداشت. مقادیر بالای MP، HM و GMP نشان‌دهنده آن است که بوم‌جور مورد بررسی (در مقایسه با دیگر بوم‌جورها) در مجموع هر دو شرایط تنشی و بدون تنشی عملکرد بیشتری داشته است. همچنین مقادیر کمتر شاخص TOL بیانگر تحمل بیشتر بوم‌جور مربوطه است، به عبارت دیگر اختلاف کمتری بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش وجود داشته است.

مقایسه میانگین بوم‌جورها از نظر شاخص‌های مورد بررسی (جدول‌های ۷ و ۸) نشان داد، بوم‌جور کرمان با وجود عملکرد پائین در شرایط بدون تنش (Yp) بیشترین میزان شاخص STI و کمترین مقادیر شاخص‌های MP، HM و GMP در سال اول را داشت. درحالی‌که در سال دوم با وجود آنکه عملکرد ماده خشک در بوم‌جور کرمان در شرایط تنش کاهش یافت، اما نسبت به دیگر بوم‌جورها بیشترین میزان را داشت. این بوم‌جور مقادیر بالای MP، HM، GMP و مقادیر پائین TOL داشت، که به نظر می‌رسد این بوم‌جور پتانسیل تحمل خوبی نسبت به دیگر بوم‌جورها دارد. با توجه به این‌که مقادیر کم شاخص TOL (Fernandez, 1992) و زیاد دیگر شاخص‌ها نمایانگر تحمل به تنش است، بنابراین می‌توان اظهار داشت که بوم‌جور کرمان در سال اول کشت نسبت به خشکی حساس اما در سال دوم کشت تحمل خوبی نسبت به کم‌آبی داشت.

بوم‌جور طالقان در سال اول با وجود عملکرد بالا در شرایط عادی مقادیر پائین STI، MP، GMP و میزان بالای HM داشت. این بوم‌جور در سال دوم عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش داشت. مقادیر همه شاخص‌های تحمل به‌جز شاخص TOL نسبت به دیگر بوم‌جورها بیشتر بود. از این‌رو این بوم‌جور نیز همسان بوم‌جور کرمان، در سال دوم تحمل بیشتری به تنش کم‌آبی در مقایسه با دیگر بوم‌جورها داشت. بوم‌جور سراب، با وجود عملکرد بالا در شرایط آبی

جدول ۷. مقایسه میانگین شاخص‌های تنش برای بوم‌جورهای مختلف با شرایط تنش خشکی در سال اول

Table 7. Mean comparison of stress tolerance indices of different *L. cardiaca* ecotypes under different drought stresses in first year

Ecotypes	Yp	MP	STI	HM	GMP
Kerman	10.71 b	9.62 c	0.79 a	9.33 b	9.47 c
Taleghan	14.85 a	12.21 ab	0.65 b	11.55 a	11.87 ab
Sarab	15.69 a	12.95 a	0.64 b	12.09 a	15.51 a
Khansar	13.90 a	11.72 b	0.69 ab	11.10 a	11.40 b

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

The same letters in each column indicate that there is no significant difference among the means.

جدول ۸. مقایسه میانگین شاخص‌های تنش برای بوم‌جورهای مختلف با شرایط تنش خشکی در سال دوم

Table 8. Mean comparison of stress tolerance indices of different *L. cardiaca* ecotypes under different drought stresses in second year

Ecotypes	Yp	Ys	MP	TOL	HM	GMP
Kerman	88.45 b	70.45 a	79.45 a	18.005 b	77.54a	78.47 a
Taleghan	100.74 a	68.46 a	84.60 a	32.28 a	80.82 a	82.67 a
Sarab	70.26 c	53.64 b	61.95 b	16.61 b	59.71 b	60.79 b
Khansar	83.74 b	69.45 a	76.59 a	14.28 b	75.35 a	75.96 a

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در بین میانگین‌ها است.

The same letters in each column indicate that there is no significant difference among the means.

رابطه‌های بین شاخص‌های تحمل تنش

همبستگی بین شاخص‌های تنش و صفات عملکرد ماده خشک و درصد اسانس در شرایط تنش ملایم و شدید در سال اول و دوم در جدول‌های ۹ و ۱۰ آمده است. در سال اول در تنش شدید Ys با شاخص‌های HM، GMP و STI همبستگی مثبت و با SSI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد و با MP در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت نشان داد. این در حالی بود که در تنش ملایم Ys همبستگی مثبت با MP، STI، HM و GMP و همبستگی منفی با SSI نشان داد. در هر دو سطح تنش Yp با شاخص‌های GMP، TOL، MP و HM همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند.

در سال دوم در تنش شدید Ys همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با شاخص‌های MP، STI، SSI، HM و GMP و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با شاخص TOL نشان داد. Yp همبستگی مثبت و معنی‌داری با MP، GMP و HM نشان داد. در تنش ملایم Ys همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های MP، STI و GMP و همبستگی منفی و معنی‌داری با شاخص SSI نشان داد. Yp نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با HM، GMP و MP در سطح ۱ درصد داشت. درصد اسانس در سال دوم همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های تنش نداشت و تنها با عملکرد در شرایط آبی عادی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. به عبارت دیگر، شاخص‌های تحمل تنش، گزینش نژادگان‌های متحمل را بر پایه عملکرد ماده خشک انجام می‌دهند. بنابراین، گزینش برای اسانس به‌طور غیرمستقیم از راه افزایش عملکرد محقق خواهد شد.

ویژگی‌های مهم یک شاخص خوب برای بررسی و تظاهر مقاومت به خشکی را می‌توان وجود تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی بالا بین شاخص

مورد نظر دانست (Fernandez, 1992). همبستگی منفی و معنی‌دار شاخص SSI با عملکرد در شرایط تنش بیان‌کننده آن است که بوم‌جورهای دارای مقادیر بالا و منفی این شاخص مقاومت بیشتری به شرایط کم‌آبی دارند. همبستگی بالا و مثبت شاخص TOL با عملکرد در شرایط آبیاری عادی در سال اول نشان می‌دهد که بوم‌جورهایی که با تیمار آبیاری عادی عملکرد بیشتری دارند در شرایط تنش آبی حساسیت بیشتری داشته و با کاهش عملکرد بیشتری در شرایط تنش روبه‌رو می‌شوند. توانایی محدود شاخص‌های TOL و SSI در شناسایی نژادگان‌های مقاوم در گندم (Mohammadi *et al.*, 2011) و سیب‌زمینی (Cabello *et al.*, 2013) گزارش شده است.

همبستگی مثبت و معنی‌دار میان شاخص STI و عملکرد در شرایط تنش در سال اول و دوم بیانگر آن است که بوم‌جورهای با STI بیشتر کاهش عملکرد کمتری در شرایط تنش آبی داشته‌اند و جزو بوم‌جورهای متحمل به شرایط کم‌آبی هستند. Fernandez (1992) گزارش کرد که انتخاب بر پایه STI، GMP و MP به شناسایی نژادگان‌های با سطوح بالای عملکرد Yp و Ys کمک می‌کند در حالی که شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش دارند. به‌طور کلی، شاخص‌های HM، GMP و MP که همبستگی بالا و معنی‌داری با Ys و Yp در هر دو شرایط تنش و در سال اول و دوم داشتند شاخص‌های مناسبی برای تمایز بوم‌جورهای دم‌شیر از نظر تحمل تنش کم‌آبی به شمار می‌روند. بدین ترتیب، وضعیت بوم‌جورهای دم‌شیر مورد بررسی بر پایه هر یک از شاخص‌های یادشده و عملکرد Ys و Yp برای تنش‌های مورد بررسی در شکل‌های ۱ تا ۶ ترسیم شده است.

جدول ۹. همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش ملایم و تنش شدید در سال اول در

بوم‌جورهای دم‌شیر

Table 9. Correlation between drought tolerance indices and yield in *L. cardiaca* ecotypes under mild and severe stress in first year

		YS	YP	TOL	MP	SSI	STI	HM	GMP
Severe stress	YS	1	0.219	-0.43**	0.681*	-0.81**	0.718**	0.911**	0.815**
	YP	0.219	1	0.785	0.864**	0.319	0.293	0.596*	0.742**
Mild stress	YS	1	0.385	-0.128	0.694*	-0.62*	0.586*	0.818**	0.757**
	YP	0.385	1	0.866**	0.932**	0.241	0.345	0.842**	0.894**

*، **: Significantly differences at 5 and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۱۰. همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد و درصد اسانس در شرایط تنش ملایم و تنش شدید در سال دوم در بوم‌جورهای دم‌شیر

Table 10. Correlation among drought tolerance indices, essential oil percentage and yield in *L. cardiaca* ecotypes under mild and severe stresses in second year

		YS	YP	TOL	MP	SSI	STI	HM	GMP
Severe stress	YS	1	0.506	-0.66*	0.899**	-0.81**	0.876**	0.968**	0.942**
	YP	0.506	1	0.313	0.833**	0.017	0.339	0.703*	0.766**
	Essential oil (%)	0.043	-0.25	-0.27	-0.104	-0.265	0.144	-0.008	-0.051
Mild stress	YS	1	0.680*	-0.503	0.925**	-0.746**	0.878**	0.958**	0.860**
	YP	0.680*	1	0.291	0.908**	0.399-	0.357	0.943**	0.885**
	Essential oil (%)	-0.27	-0.61*	-0.365	-0.47	0.275	0.024	-0.427	-0.45

*, **: Significantly differences at 5 and 1% probability levels, respectively.

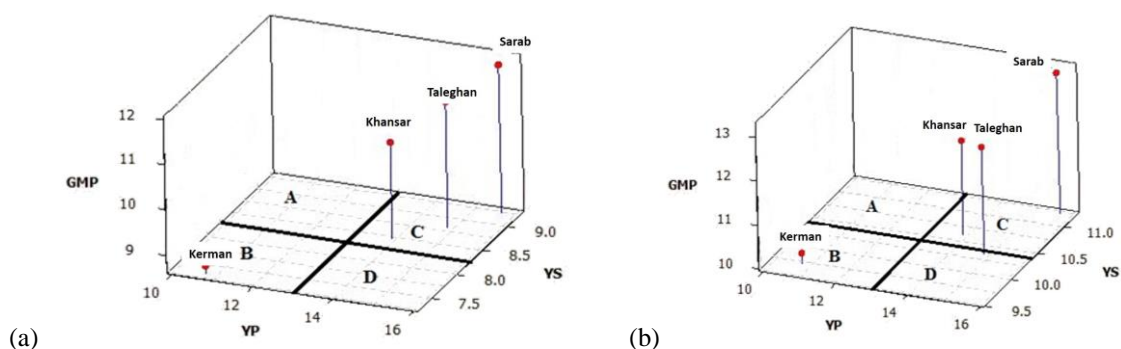
* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

شدید و ملایم) و بدون تنش بود و بوم‌جور سراب در گروه B و بوم‌جورهای کرمان و طالقان در گروه C قرار گرفتند (شکل‌های ۲، ۴ و ۶).

بنابراین در برخی بوم‌جورها نتایج سال دوم متمایز از نتایج سال اول بود. به طوری که بوم‌جور خوانسار در سال دوم مقاومت بیشتری نسبت به تنش کم‌آبی نشان داده است. بوم‌جور طالقان در سال دوم در شرایط تنش شدید تغییری نداشته ولی در شرایط تنش ملایم از حالت حساس به تنش (گروه D) به گروه C (دارای عملکرد بالا در شرایط تنش) انتقال یافته و به طور کلی عملکرد در شرایط بدون تنش در آن پائین بوده است. بوم‌جور کرمان عملکرد بهتری را در سال دوم در شرایط تنش عملکرد بوم‌جور سراب در سال دوم در شرایط تنش عملکرد پائینی را نسبت به سال اول داشت. بنابراین بنا بر نتایج بوم‌جور خوانسار مقاوم‌ترین و بوم‌جور سراب حساس‌ترین بوم‌جور در شرایط تنش معرفی می‌شوند.

بر پایه عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نژادگان‌ها می‌توانند در چهار گروه دسته‌بندی شوند. گروه A نشان‌دهنده نژادگان‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش است. گروه B بیان‌کننده عملکرد بالا در شرایط بدون تنش، گروه C عملکرد بالا در شرایط تنش و گروه D عملکرد پائین در هر دو شرایط محیطی را بیان می‌کند (Fernandez, 1992).

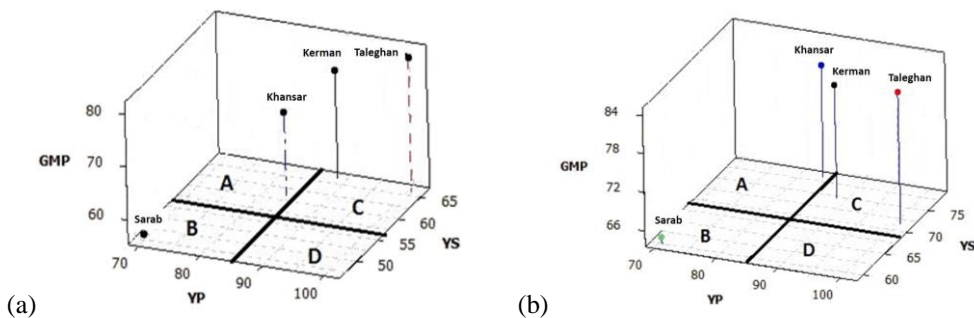
در سال اول در شرایط تنش شدید و ملایم از نظر هر سه شاخص HM، MP و GMP بوم‌جور کرمان در گروه B و بوم‌جورهای خوانسار و سراب در گروه C (دارای عملکرد بالا در شرایط تنش) قرار گرفتند (شکل ۱، ۳، ۵)، در حالی که بوم‌جور طالقان بر پایه هر سه شاخص در شرایط تنش ملایم در گروه D و در شرایط تنش شدید در گروه C قرار گرفت. در سال دوم، از نظر هر سه شاخص بوم‌جور خوانسار در گروه A یعنی عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش (تنش



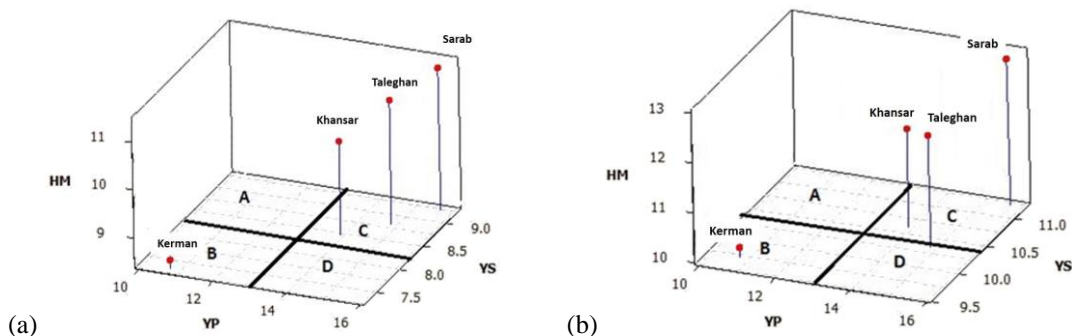
شکل ۱. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی دم‌شیر از نظر شاخص GMP در سال اول: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم

Figure 1. The 3-D plot diagram of drought tolerant ecotypes in terms of GMP index in the first year:

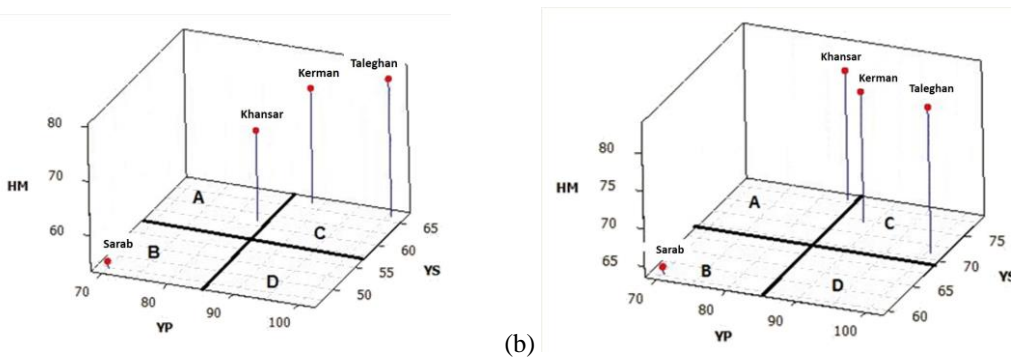
a) severe stress; b) mild stress



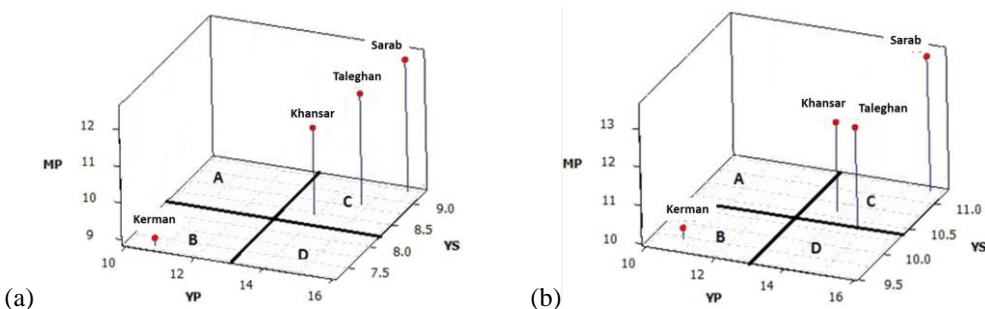
شکل ۲. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی دم‌شیر از نظر شاخص GMP در سال دوم: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم
 Figure 2. The 3-D plot diagram of drought tolerant ecotypes in terms of GMP index in the second year:
 a) severe stress; b) mild stress



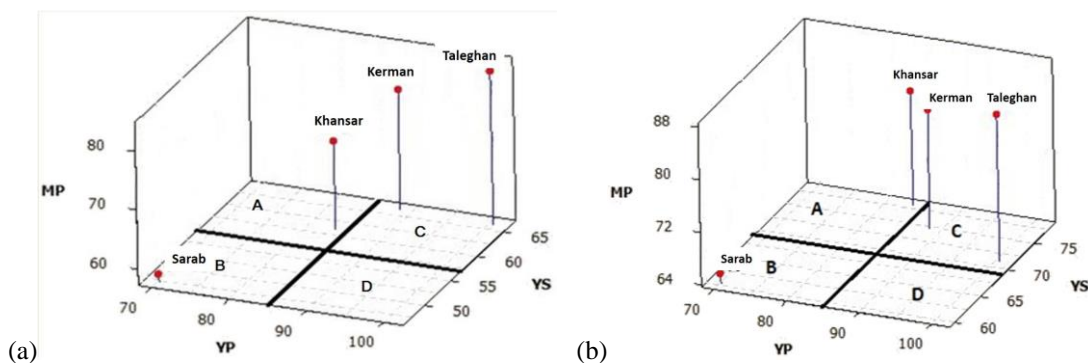
شکل ۳. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی دم‌شیر از نظر شاخص HM در سال اول: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم
 Figure 3. The 3-D plot diagram of drought tolerant ecotypes in terms of HM index in the first year:
 a) severe stress; b) mild stress



شکل ۴. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی دم‌شیر از نظر شاخص HM در سال دوم: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم
 Figure 4. The 3-D plot diagram of drought tolerant ecotypes in terms of HM index in the second year:
 a) severe stress; b) mild stress



شکل ۵. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی دم‌شیر از نظر شاخص MP در سال اول: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم
 Figure 5. The 3-D plot diagram of drought tolerant ecotypes in terms of MP index in the first year:
 a) severe stress; b) mild stress



شکل ۶. نمودار سه بعدی تعیین بوم‌جورهای مقاوم به خشکی شاخص MP در سال دوم: (a) تنش شدید، (b) تنش ملایم
Figure 6. The 3-D plot diagram of drought tolerance ecotypes in terms of MP index in the second year:
a) severe stress; b) mild stress

کشت در مناطق با محدودیت آب دارند. بوم‌جور سراب با وجود درصد اسانس بالا لیکن با توجه به عملکرد اسانس پائین و بنابر نتایج شاخص‌های تحمل تنش به‌عنوان بوم‌جور حساس در میان بوم‌جورهای مورد بررسی با میزان ماده خشک پائین شناخته شد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی شماره ۹۲۰۲۶۶۱۹ با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران برتر معاونت ریاست جمهوری انجام گرفت که بدین‌وسیله از حمایت‌های صندوق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در همه بوم‌جورهای مورد بررسی، گیاهان کشت‌شده در سال دوم نسبت به سال اول مقاومت بیشتری را به تنش خشکی نشان دادند که می‌تواند به دلیل استقرار بهتر گیاه در سال دوم نسبت به سال اول باشد. درمجموع شاخص‌های HM، MP و GMP شاخص‌های مناسب‌تری در شناسایی بوم‌جورهای متحمل به خشکی در گیاه دارویی دم‌شیر تشخیص داده شد. بوم‌جور خوانسار به‌عنوان بوم‌جور مقاوم به خشکی نسبت به دیگر بوم‌جورها در شرایط تنش ملایم و شدید بیشترین میزان ماده خشک، درصد و عملکرد اسانس معرفی و بنابراین بوم‌جور مناسبی برای

REFERENCES

1. Akçura, M., Partigoç F. & Kaya, Y. (2011). Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish bread wheat landraces. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(4), 700-709.
2. Amani M., Golkar, P. & Mohammadi Nejad, Gh. (2012). Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Recent Scientific Research*, 3(4), 226-230.
3. Anonymous. (2013). *Analytical reports & Climatic Data*. Meteorological Organization. Iran. Alborz. (in Farsi)
4. Arber, A. (1938). *Herbals: Their Origin and Evolution*. A Chapter in the History of Botany, 1470-1670.
5. Baher, Z. F., Mirza, M., Ghorbanli, M. & Rezaii, M. B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 17, 275-277.
6. Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V. & Rao, G. D. P. (1987). Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) Leeke. II. Estimation of genotypes response to stress. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38, 49-59.
7. Chung, I. M., Kim, J. J., Lim, J. D., Yu, C. Y., Kim, S. H. & Hahn, S. J. (2006). Comparison of resveratrol, SOD activity, phenolic compounds and free amino acid in *Rehmannia glutinose* under temperature and water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 44-53.
8. Clarke, J. M., Townley-Smith, T. M., McCaig, T. N. & Green D. G. (1984). Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Science*, 24, 537-541.
9. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the international symposium, C. G. KUO (Ed.) Taiwan*. Asian Vegetable Research and Development Center, 257-270.

10. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-917.
11. Huang, B. (2000). Role of root morphological and physiological characteristics in drought resistance of plants. In: Plant-Environment Interactions. (Ed. RE Wilkinson). *Marcel Dekker Inc.*, New York, 39-64.
12. Jaleel, C. A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). Induction of drought stress tolerance by ketoconazole in *Catharanthus roseus* is mediated by enhanced antioxidant potentials and secondary metabolite accumulation. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 60(2), 201-206.
13. Janicsak, G., Veres, K., Kakasy, A. Z. & Mathe, I. (2006). Study of the oleanolic and ursolic acid contents of some species of the Lamiaceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34, 392-396.
14. Khalid, Kh. A. (2006). Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *Int. Agrophysics*, 20, 289-296.
15. Khodabandeh N. (2003). *Cereal agronomy*. Tehran University Press. (in Farsi)
16. Khorshidi, J., Shokrpour, M. & Nazeri, V. (2016). Evaluation of response to water deficit stress in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* using stress tolerance indices. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(4), 563-573. (in Farsi)
17. Knoss, W. (1995). Stabishment of callus, cell suspension and shoot cultures of *Leonurus cardiaca* L. and diterpene analysis. *Plant Cell Reports*, 14(12), 790-793.
18. Liu, H., Wang, X., Wang, D., Zou, Z. & Lianga, Z. (2011) Effect of drought stress on growth and accumulation of active constituents in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Industrial Crops and Products*, 33(1), 84-88.
19. Moradi, H., Akbari, G A., Khavari Khorasani, S. & Ramshini H. A. (2012). Evaluation of drought tolerance in corn (*Zea mays* L.) new hybrids with using stress tolerance indices. *European Journal of Sustainable Development*, 1(3), 543-560.
20. Motamedi-Mirhosseini, L., Mohammadi-Nejad, G., Golkar P. & Bahrami-Nejad, A. (2011). Evaluation of Some Drought Resistance Criteria in Cumin (*Cuminum Cyminum* L.) Landraces. *Advances in Environmental Biology*, 5(8), 2369-2372.
21. Mozaffarian, V.A. (2006). *A Dictionary of Iranian Plant Names*. Tehran. Farhang Moaser Press. (in Farsi)
22. Omidbaigi, R. (2010). *Production and Processing of Medicinal and Aromatic Plants*. Beh Nashr Press. (in Farsi)
23. Popescu, M. L., Dinu, M. & Toth, O. (2009). Contributions to the pharmacognostical and phytobiological study on *Leonurus cardiaca* (Lamiaceae). *Farmacial*, 57, 4.
24. Rabiei, E., Khodambashi, M. & Pirbalouti, A. (2012). The study of the drought tolerance indices of oat (*Avena sativa* L.). *Journal of food, Agriculture & Environment*, 10(2), 646-648.
25. Rahimi Aloghareh, R., Khalil Tahmasebi, B., Safari A., Armand, R. & Ghanbari Odivi, A. (2013). Changes in Essential Oil Content and Yield Components of Anise (*Pimpinella anisum* L.) under Different Irrigation regimes. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(7), 364-369.
26. Rosielle, A. A. & Hambelen, J. (1981). Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21, 943-946.
27. Sharma, S. (1996). *Applied multivariate techniques*. John Wiley & Sones, Inc
28. Simon, J. E., Bubenheim, R. D., Joly, R. J. & Charles, D. J. (1992). Water stress induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*, 4, 71-75.
29. Soorni, A. (2013). *Evaluation of some Leonurus cardiaca populations using morphological traits and molecular markers*. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture Sciences and Engineering. University of Tehran. Iran. (in Farsi)
30. Soorni, A., Nazeri, V., Fatahi, R. & Khadivi-Khub A. (2013). Multivariate analysis of motherwort germplasm in Iran using morphological variables and essential oil content. *Plant Syst Evol*. DOI 10.1007/s00606-013-0932-5.
31. Taherkhani T., Rahmani, N., Moradi A. & Zandi P. (2011). Assessment of Nitrogen levels on flower yield of *Calendula* grown under different water deficit stresses using drought tolerant indices. *Journal of American Science*, 7(10).
32. Teimouri, M., Abdollahi, M., Nejadhasan B. & Graie, P. (2011), Investigation of drought tolerance criteria in Iran. *First National Conference on Drought and Climate Change*.
33. Upadhyaya, H. & Panda, S. K. (2004). Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration. *Biologia Plantarum*, 48, 597-600.
34. Zabet, M., Hoseinzade, A. H., Ahmadi, A. & Khialparast, F. (2003). Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*vigna radiata*). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 34(4), 889-898. (in Farsi)
35. Zhu, Z., Liang, Z. & Han, R. (2009). Saikosaponin accumulation and antioxidative protection in drought-stressed *Bupleurum chinense* DC. Plants. *Environmental and Experimental Botany*, 66(2), 326-333.