Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Effect of phosphorus fertilizers in combination with planting management on morphological and physiological traits, seed yield, and mucilage yield of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) under drought stress

Meysam Khavari[1], Mahmoud Ramroudi[*2], Ahmad Ghanbari[3], Mahdi Dahmardeh[4]

1. Ph.D. Student of Agroecology, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mysam_khavary1395@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir
3. Professor, Dept. of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: dr.ghanbari@yahoo.com
4. Associate Prof., Dept. of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: dr.damrdeh@uoz.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 08.01.2020
Revised: 06.20.2021
Accepted: 07.15.2021

Keywords:
Flat cultivation,
Growing season,
Ionic leakage,
Irrigation,
SPAD index

ABSTRACT

Background and Objectives: Due to the growing population and the pharmaceutical industry's urgent need for medicinal plants as raw materials for drug production, as well as the significance of their active ingredients in the food, cosmetics, and health industries, there has been an increase in cultivation, production and consumption research on these plants. As the most influential non-living factor limiting plant growth and yield, drought causes or exacerbates other stresses, especially nutrient deficiency stress in plants. Under drought stress, primary metabolite production decreases and secondary metabolite production increases. This study aimed to determine the impact of drought stress, phosphorus fertilizers, and planting methods on the morphological and physiological traits, seed and mucilage yield of the medicinal plant isabgol.

Materials and Methods: This experiment was conducted as a split-factorial using a randomized complete blocks design with three replications at the research farm of Zabol University in Chah Nimeh. The experimental treatments included three drought stresses, irrigation after 60, 120 and 180 mm evaporation from a class A evaporator as the main-factor, and the combination of seed planting method (flat or ridge planting) and phosphorus fertilizer types (100% chemical phosphorous fertilizer, *Phosphate Barvar2*, and 50% chemical phosphorous fertilizer + *Phosphate Barvar2*) as the sub-factor. The following traits were examined: plant height, number of leaves per plant, number of fertile tillers, seed and biological yield, mucilage yield, SPAD index, ionic leakage percentage, and relative leaf water content. SAS software version 9.1 was used for data analysis, and Duncan's multiple range test with a 5% level of probability was used to compare the means of treatments.

Results: The results showed that the most plant height, number of leaves per plant, number of fertile tillers, seed and biological yield, mucilage yield, SPAD index and relative leaf water content were obtained from irrigation treatment after 60 mm of evaporation from the evaporation pan, with the exception of ionic leakage, which was obtained from irrigation treatment after 180 mm of evaporation from the evaporation pan. Except for ionic leakage, the combined biochemical phosphorus fertilizers enhanced the studied traits. Also, with the exception of ionic leakage, for which the ridge planting method had the highest values, the flat planting

method increased the evaluated traits. The highest biological yield (6201 kg ha^{-1}) is associated with irrigation treatment after 60 mm evaporation from the evaporation pan with the combined application of phosphorus fertilizers in the flat planting method, while the highest ionic leakage (48%) is associated with irrigation treatment after 180 mm evaporation from the evaporation pan with no fertilizer application in the ridge planting method.

Conclusion: Using optimal irrigation and a combination of chemical and biological phosphorus fertilizers in a flat planting method can increase production of the medicinal plant isabgol.

Cite this article: Khavari, Meysam, Ramroudi, Mahmoud, Ghanbari, Ahmad, Dahmardeh, Mahdi. 2022. Effect of phosphorus fertilizers in combination with planting management on morphological and physiological traits, seed yield, and mucilage yield of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) under drought stress. *Journal of Plant Production Research*, 29 (2), 137-157.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2021.19248.2839
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

تأثیر حاصلخیزکننده‌های فسفری توأم با مدیریت کاشت بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) در شرایط تنش خشکی

میثم خاوری[۱]، محمود رمرودی*[۲]، احمد قنبری[۳]، مهدی دهمرده[۴]

۱. دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mysam_khavary1395@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mramroudi42@uoz.ac.ir
۳. استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: dr.ghanbari@yahoo.com
۴. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: dr.damrdeh@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۴

واژه‌های کلیدی:
آبیاری،
شاخص سبزینگی،
فصل رشد،
کشت مسطح،
نشت یونی

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به افزایش جمعیت و نیاز مبرم صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه تولید دارو و اهمیت مواد مؤثره آن‌ها در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی باعث شده است که توجه و پژوهش پیرامون این گیاهان از نظر کشت، تولید و مصرف از اهمیت خاصی برخوردار باشند. خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل غیرزنده محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به‌خصوص تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه نیز می‌شود. در شرایط تنش خشکی از تولید متابولیت‌های اولیه کاسته و به تولید متابولیت‌های ثانویه افزوده می‌شود. این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی، حاصلخیزکننده‌های فسفره توأم با روش‌های کاشت بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت اسپلیت – فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل واقع در چاه‌نیمه اجراء گردید. عامل اصلی شامل تنش خشکی در سه سطح، آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عامل فرعی ترکیب روش کاشت بذر (مسطح یا جوی و پشته) و انواع حاصلخیزکننده‌های فسفره شامل ۱۰۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل، کود زیستی فسفات بارور۲، تلفیق کود زیستی فسفات بارور۲ و ۵۰ درصد کود سوپر فسفات تریپل و بدون کاربرد کود بودند. ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه و زیستی، عملکرد موسیلاژ، شاخص سبزینگی، درصد نشت یونی و محتوی نسبی آب برگ مورد

ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه و زیستی، عملکرد موسیلاژ، شاخص سبزینگی و محتوی نسبی آب برگ از تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر حاصل شد، در حالی‌که بیش‌ترین نشت یونی از تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد. حاصلخیزکننده‌های زیستی و شیمیایی فسفره به‌صورت تلفیقی منجر به افزایش ویژگی‌های مورد بررسی به استثناء نشت یونی گردید. روش کاشت مسطح سبب افزایش ویژگی‌های مورد ارزیابی شد؛ به غیر از نشت یونی که بیش‌ترین مقادیر آن از روش کاشت جوی و پشته بود. بیش‌ترین عملکرد زیستی (۶۲۰۱ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های فسفره در روش کاشت مسطح و بیش‌ترین نشت یونی (۴۸ درصد) مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و بدون کاربرد کود در روش کاشت جوی و پشته بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل، با آبیاری مطلوب و استفاده تلفیقی از حاصلخیز کننده‌های شیمیایی و زیستی فسفره در روش کاشت مسطح می‌توان به تولید بیش‌تر گیاه دارویی اسفرزه دست یافت.

استناد: خاوری، میثم، رمرودی، محمود، قنبری، احمد، دهمرده، مهدی (۱۴۰۱). تأثیر حاصلخیزکننده‌های فسفری توأم با مدیریت کاشت بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) در شرایط تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۹ (۲)، ۱۵۷-۱۳۷.
DOI: 10.22069/JOPP.2021.19248.2839

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

به گزارش سازمان خواربار جهانی، ارزش تجارت جهانی گیاهان دارویی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به رقم پنج تریلیون دلار خواهد رسید. با توجه به تنوع آب و هوایی کشور و امکان رویش اکثر گیاهان در آن، فرصتی طلایی نصیب کشورمان گشته است تا از آن به بهترین نحو ممکن استفاده نموده و حضور خود را در بازارهای جهانی افزایش دهد (۱). گیاهان دارویی از سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای برخوردار هستند که نشان‌دهنده سازگاری این گیاهان به کاهش قابلیت دسترسی به آب و عناصر غذایی می‌باشد. کاشت برخی گیاهان دارویی به‌دلیل نیاز آبی کم در شرایط خشکسالی و قابلیت تولید در زمین‌های کم‌بازده می‌تواند در افزایش بهره‌وری از منابع آب و خاک مؤثر واقع گردد (۲). اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) گیاهی متعلق به تیره بارهنگ (*Plantaginaceae*) می‌باشد که در تهیه داروهای ضد سرفه و ضد التهاب مورد استفاده قرار می‌گیرد و به دلیل فصل رشد کوتاه و نیاز رطوبتی کم و مقاومت نسبی به خشکی، برای کاشت در مناطق خشک و نیمه خشک مناسب است (۳). فسفر به عنوان یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه سبب افزایش عملکرد می‌گردد. کمبود فسفر نه تنها به شدت در میزان رشد، بلکه روی تشکیل دانه و کیفیت آن نیز بسیار مؤثر است (۴). در سال‌های اخیر مصرف بیش از حد مواد شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب آلودگی‌های زیست‌محیطی، آب‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی شده است (۵). به همین دلیل، کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به‌شمار می‌آید (۶). کودهای زیستی با بهره‌گیری از عناصر غیرقابل‌جذب در خاک، علاوه بر حفظ تعادل شیمیایی خاک، سبب حصول عملکرد مطلوب گیاهان می‌گردند. پژوهش‌گران بیان نمودند که کودهای زیستی فسفاته حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات آن می‌گردند که این یون‌ها توسط گیاه قابل‌جذب می‌باشند (۵). در بررسی انجام شده روی آفتابگردان بیش‌ترین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد با کاربرد کودهای سوپرفسفات تریپل و زیستی فسفات بارور۲ حاصل شد (۷). نحوه آرایش گیاهان در مزرعه تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته، میزان جذب نور و در نتیجه عملکرد قابل حصول می‌باشد (۸). روش کاشت مسطح نسبت به روش کاشت جوی و پشته به طور معنی‌داری سبب تسریع در مراحل نموی، افزایش شاخص سطح برگ، افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن دانه‌ها می‌گردد بسته شدن سریع‌تر تاج پوشش در کاشت مسطح سبب می‌گردد که گیاه زودتر به شاخص سطح برگ مطلوب برسد و از فصل رشد موجود استفاده بهتری داشته باشند (۹). کاهش آب در بافت‌های گیاهی با کاهش محتوای آب سلولی و تورژسانس سلولی منجر به کاهش تقسیم سلولی و اختلال در فرآیندهای زیستی گیاه و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۱۰). در بررسی کوچکی و همکاران (۲۰۰۷) روی گیاه دارویی اسفرزه مشخص شد که با افزایش فواصل آبیاری عملکرد کاهش یافت (۱۱). با توجه به کمبود آب برای کشت گیاهان، افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی و مالی ناشی از استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی و اهمیت استفاده از کودهای زیستی در افزایش تولید محصول، بهبود حاصلخیزی خاک و کاهش اثرات تنش خشکی با انتخاب روش کاشت مناسب برای دستیابی به عملکرد مطلوب، پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر حاصلخیزکننده‌های فسفری و مدیریت کاشت بر

ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه تحت تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در چاه‌نیمه با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۹ متر اجراء گردید. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک با میانگین سالیانه بارش و تبخیر به ترتیب ۵۷ و ۴۷۵۰ میلی‌متر بود و دمای آن از ۹/۵- تا ۴۹ درجه سانتی‌گراد در فصول سرد و گرم متغیر می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (عمق ۳۰-۰).

Table 1. Soil Physical and chemical analysis (0-30 cm).

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	ماده آلی Organic matter (%)	pH	ظرفیت زراعی Field capacty (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
لومی شنی Sandy lom	138	12	0.05	1.05	7.7	24	1.6

آزمایش به صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء شد. عامل اصلی تنش خشکی، آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عامل فرعی ترکیب کود فسفر و روش کاشت شامل کاشت جوی و پشته توأم با کود سوپر فسفات تریپل، کاشت جوی و پشته توأم با کود زیستی فسفات بارور۲، کاشت جوی و پشته توأم با مصرف تلفیقی کود سوپر فسفات تریپل و کود زیستی فسفات بارور۲، کاشت جوی و پشته بدون کاربرد کود (شاهد)، کاشت مسطح توأم با کود سوپر فسفات تریپل، کاشت مسطح توأم با کود زیستی فسفات بارور۲، کاشت مسطح توأم با مصرف تلفیقی کود سوپر فسفات تریپل و کود زیستی فسفات بارور۲ و کاشت مسطح بدون کاربرد کود (شاهد) بودند، مقادیر کود سوپر فسفات تریپل و به‌صورت مجزاء و همراه با کود زیستی فسفات بارور۲ به‌ترتیب ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. زمین قبل از کاشت با گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق و به منظور خرد شدن کلوخه‌ها، دو دیسک عمود برهم زده شد. کود سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت با خاک مخلوط شد و کود زیستی فسفات بارور ۲ (۱۰۰ گرم در هکتار) قبل از کشت با بذر براساس توصیه شرکت سازنده کود تلقیح داده شد و بعد از خشک شدن بذرها در سایه کاشت صورت گرفت. کاشت در ۲۸ بهمن ماه به صورت دستی در کرت‌هایی دارای ۴ ردیف کاشت با فاصله بین و روی ردیف به‌ترتیب ۲۵ و ۵ سانتی‌متر انجام شد و در مرحله ۳ و ۴ برگی گیاه وجین علف هرز و تنک بوته‌ها انجام شد.

در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Chlorophyll Meter SPAD - 502)، مقدار شاخص سبزینگی (SPAD) برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد نشت یونی مطابق روش بلترانو و رنکو (۲۰۰۸) ۰/۲ گرم وزن تر برگ از هر

کرت انتخاب و در ظرف آب مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد و EC آن اندازه‌گیری گردید. سپس برگ‌ها در حمام آب جوش در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه گذاشته شد و برای بار دوم EC آن‌ها (EC_2) پس از سرد شدن اندازه‌گیری گردید. درصد هدایت الکتریکی بیانگر مقدار نشت یونی مواد از غشاء می‌باشد (۱۲).

$$\%EC= (EC_1/EC_2)\times100 \qquad (1)$$

جهت اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی برگ، نمونه‌های برگ انتخاب و پس از تعیین وزن تر برگ‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند. پس از گذشت ۲۴ ساعت برگ‌ها وزن و به‌منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شد سپس با استفاده از رابطه زیر محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها محاسبه شد (۱۳).

$$RWC\% = (Wf-Wd/Wt-Wd)\times100 \qquad (2)$$

که در آن، Wf وزن تر برگ، Wd وزن خشک برگ، Wt وزن آماس برگ.

در پایان فصل رشد تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی به منظور ارزیابی اثر عوامل آزمایشی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه بارور و وزن سنبله برداشت شد. عملکرد دانه، با حذف اثرات حاشیه‌ای بوته‌های وسط هر کرت برداشت و برای قرار دادن در آون به آزمایشگاه منتقل و بعد از خشک شدن بوته‌ها عملکرد زیستی و دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. به منظور درصد موسیلاژ بذو، از هر تیمار ۲ گرم بذر جدا و مقدار موسیلاژ با روش کالیانسوندرام و همکاران (۱۹۸۴) اندازه‌گیری شد (۱۴). در این روش ۱ گرم بذر خشک با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در حال جوش تا تغییر رنگ پوسته بذر حرارت داده شد و محلول موسیلاژی حاصل جدا گردید. سپس بذور با ۵ میلی‌لیتر آب جوش شستشو داده شد و محلول‌های حاصل به محلول موسیلاژی اضافه گردید. با افزودن ۶۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۰/۹۶ در صد به محلول مذکور و قرار دادن آن به مدت ۵ ساعت در یخچال رسوب موسیلاژ به‌دست آمد که پس از صاف کردن و قرار دادن آن در حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت توزین شد و مقدار موسیلاژ بر حسب گرم در هر گرم بذر تعیین شد و به صورت در صد ثبت گردید. عملکرد موسیلاژ نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ به‌دست آمد (۱۵).

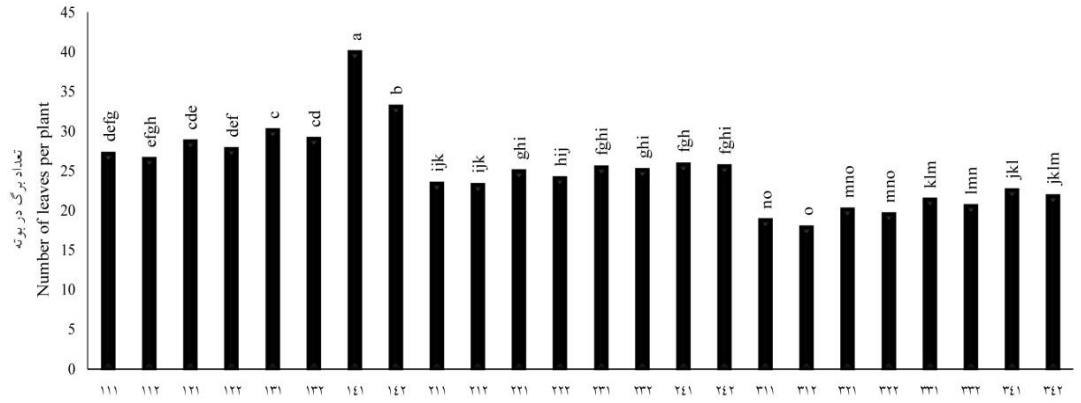
تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که اثر روش کاشت و برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده فسفر بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های روش کاشت بیش‌ترین ارتفاع بوته از روش کاشت مسطح حاصل شد (جدول ۵) و در برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده‌های فسفره بیش‌ترین ارتفاع بوته از تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر توأم با کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های فسفر و کم‌ترین آن از تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد حاصلخیزکننده‌های فسفر به‌دست آمد (جدول ۳). روش کاشت مناسب، روشی است که بتوان با مصرف

کم‌ترین مقدار بذر و حداقل تردد ماشین‌آلات و هم‌چنین با صرف کم‌ترین انرژی و زمان، بذر را در فواصل و عمق مناسب خاک قرار دهد که به سرعت جوانه زده و در نهایت گیاهچه‌های پایداری ایجاد نماید (۱۶). نتایج پژوهشی نشان داد که گیاهان در بستر کاشت مسطح به‌طور قابل‌توجهی بلندتر از سایر بسترهای کاشت بودند به احتمال زیاد این افزایش ارتفاع بوته به‌دلیل رشد بهتر و آرایش بوته‌ها در این روش بوده است (۱۷). با کاهش تعداد آبیاری در طول دوره رشدی گیاه، آب قابل‌دسترس در بازه زمانی کمی قابل استفاده گیاه قرار می‌گیرد از این‌رو گیاه متحمل خشکی در بیش‌تر مواقع با صرف انرژی زیادی آب مورد نیاز خود را جذب می‌کند و بیش‌تر مواد فتوسنتزی تولیدی خود را برای توسعه اندام‌های زیرزمینی برای جذب آب مورد نیاز صرف کرده، از این‌رو مواد فتوسنتزی کمی برای رشد اندام هوایی باقی می‌ماند (۱۸). کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های زیستی و شیمیایی موجب تأمین عناصر پر مصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و افزایش خلل و فرج خاک، تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیله باکتری‌ها که منجر به تقویت جذب و انتقال مواد معدنی به گیاه و منجر به رشد و نمو بیش‌تر گیاه می‌شود (۱۹). در بررسی تیمارهای آبیاری روی گیاه دارویی اسفرزه در منطقه بلوچستان مشخص شد که با کاهش تعداد دفعات آبیاری از هشت به سه مرتبه آبیاری ارتفاع بوته اسفرزه کاهش یافت (۲۰). نتایج حاصل از بررسی محمدپور وشوایی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد بیشترین ارتفاع چای ترش از تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی که شامل کود زیستی نیتروکسین + بیوفسفات + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی NPK و کم‌ترین ارتفاع بوته از تیمار عدم کاربرد کود حاصل شد (۲۱).

تعداد برگ در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهمکنش تنش خشکی توأم با حاصلخیزکننده فسفر و روش کاشت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۴۰/۱۳ برگ در بوته) از تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر به همراه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره در روش کاشت مسطح و کم‌ترین آن (۱۸/۰۴ برگ در بوته) از تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد کود در روش کاشت بذر روی پشته حاصل شد (شکل ۱). کودهای زیستی با اثری که بر ریزجانداران‌های محیط اطراف ریشه می‌گذراند و نقشی که در کمک به روند تثبیت نیتروژن، حل شدن پتاسیم و فسفات و کمک به تجزیه مواد آلی؛ نقش مؤثری در حاصلخیزی خاک دارند (۲۲). در بررسی تأثیر عناصر فسفر و روی بر تعداد برگ اسفرزه مشخص شد که اثر این عناصر بر تعداد برگ بوته اسفرزه معنی‌دار شد (۲۳). کاهش تعداد برگ در زمان تنش، به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن، راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش خشکی می‌باشد (۲۴). اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند با افزایش فاصله آبیاری از ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد به ظرفیت زراعی ۳۰ درصد تعداد برگ مرزه (*Satureja hortensis* L.) ۲۹/۸ درصد کاهش یافت (۲۵). در بررسی روش‌های کاشت ایمانی (۱۳۹۱) مشاهده کرد تعداد برگ در بوته در روش کاشت مسطح بیش‌تر از روش کاشت بذر روی پشته بود (۲۶). در بررسی دیگری مشاهده شد تعداد برگ ذرت در روش کاشت مسطح و روی پشته به ترتیب ۱۱/۵۳ و ۱۱/۴۹ بود (۲۷). افزایش تعداد برگ در روش کاشت مسطح سبب افزایش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی شده و زمینه را برای برتری سایر ویژگی‌های کمی و حتی کیفی فرآهم می‌کند.

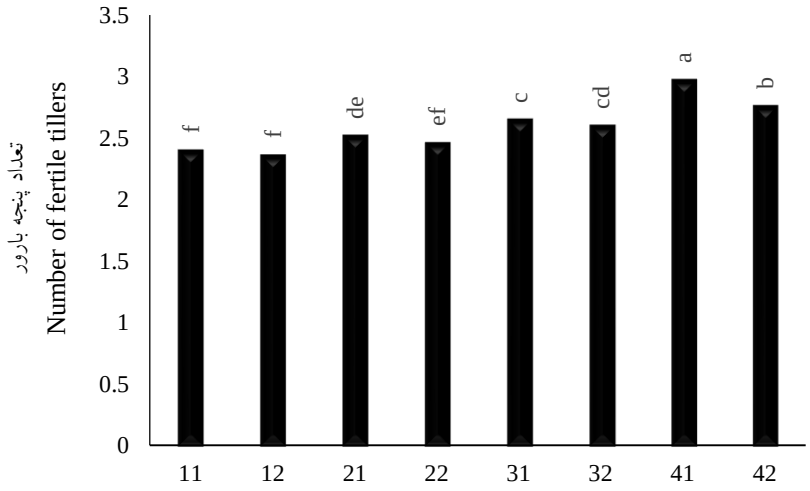


شکل ۱- برهمکنش تنش خشکی با حاصلخیزکننده‌های فسفره و روش‌های کاشت بر تعداد برگ در بوته.

Fig. 1. Interaction of drought stress with phosphorus fertilizers and planting methods on number of leaves per plant.

تیمارهای آبیاری (۱- ۶۰، ۲- ۱۲۰ و ۳- ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) در حاصلخیزکننده‌ها (۱- شاهد، ۲- فسفات بارور ۲، ۳- سوپر فسفات تریپل و ۴- تلفیق فسفات بارور۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره) و روش کاشت (۱- مسطح و ۲- جوی و پشته)

Irrigation treatments (1- 60, 2- 120 and 3- 180 mm of evaporation from the evaporation pan) in fertilizers (1- control, 2- fertile phosphate 2, 3- triple superphosphate and 4- fertilizer phosphate 2 combination and 50% chemical fertilizer triple superphosphate) and planting method (1- flat and 2- ridge)



شکل ۲- برهمکنش حاصلخیزکننده‌های فسفره و روش کاشت بر تعداد پنجه بارور.

Fig. 2. Interaction of phosphorus fertilizers and planting method on number of fertile tillers.

حاصلخیزکننده‌ها (۱- شاهد، ۲- فسفات بارور۲، ۳- سوپر فسفات تریپل و ۴- تلفیق فسفات بارور۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره) و روش کاشت (۱- مسطح و ۲- پشته)

Fertilizers (1- control, 2- fertile phosphate 2, 3- Triple superphosphate and 4- Combination of fertile phosphate 2 and 50% phosphorus chemical fertilizer) and planting method (1- flat and 2- ridge)

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد گیاه دارویی اسفرزه تحت‌تأثیر تنش خشکی، حاصلخیزکننده‌های فسفره و روش کاشت.

Table 2. Analysis of variance of some morphological traits and seed and biological yield of isabgol under drought stress, phosphorus fertilizers and planting method.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Square				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد پنجه بارور Number tiller fertile	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield
تکرار Replication	2	20.36	72.832	0.207	448568.66	742392.51
تنش خشکی Drought stress (A)	2	110.64**	597.949**	6.142**	1609856**	19634658.18**
خطای a E_a	4	5.584	3.945	0.089	174005.67	769073.01
کود فسفر Phosphorus fertilizer (B)	3	11.873**	92.237**	0.765**	169759.71**	2579219.5**
روش کاشت Planting method (C)	1	1.539**	25.021**	0.148**	49088.89**	788558.68**
A × B	6	0.868**	21.165**	0.065**	21601.48**	691488.11**
A × C	2	0.069 ns	6.743*	0.011 ns	10656.89 ns	422919.01**
B × C	3	0.036 ns	4.165 ns	0.029*	9413.63 ns	217875.35*
A × B × C	6	0.124 ns	4.690*	0.021 ns	6893.63 ns	263383.68**
خطای b E_b	42	0.158	1.647	0.010	6198.16	54664.21
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.23	5.08	3.85	11.13	6.97

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

تعداد پنجه بارور در بوته: تعداد پنجه بارور در بوته تحت‌تأثیر برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده فسفر و برهمکنش حاصلخیزکننده فسفر و روش کاشت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های برهمکنش بیانگر این موضوع بود که تعداد پنجه بارور در تنش خشکی شدید و بدون کاربرد کود نسبت به تیمار آبیاری متداول و مصرف تلفیقی کودهای فسفره ۴۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها برهمکنش حاصلخیزکننده فسفر و روش کاشت نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد پنجه بارور در بوته به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف تلفیقی کودهای فسفره در روش کاشت مسطح و عدم کاربرد کود در روش کاشت بذر روی پشته بود (شکل ۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های رمرودی و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر کاهش تعداد پنجه در اسفرزه تحت شرایط کم آبیاری مطابقت داشت (۲۸)، اما استفاده تلفیقی از حاصلخیزکننده‌های فسفره نسبت به عدم کاربرد

حاصلخیزکننده‌ها توانست تعداد پنجه بارور در بوته را افزایش دهد (جدول ۳). در بررسی پوریوسف و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که تلقیح بذور با کود زیستی فسفات بارور۲ در مقایسه با عدم تلقیح با آن، تعداد پنجه در بوته را به طور معنی‌داری افزایش داد (۲۹). مواد محرک رشد به روش‌های مختلفی سبب افزایش رشد و توسعه گیاه طی چرخه رشد از جوانه‌زنی بذر تا بلوغ می‌شوند. این روش‌ها شامل افزایش کارایی سوخت‌وساز گیاه در راستای بهبود عملکرد و کیفیت محصول، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیر زنده، تسهیل جذب، انتقال و استفاده از عناصر غذایی، افزایش کارایی مصرف آب، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و رشد ریزجانداران خاک هستند، آن‌ها معمولاً همراه با کودهای رایج به گیاه داده می‌شوند تا کارایی مصرف کود را افزایش دهند (۳۰).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش کاشت و برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده فسفر بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در روش کاشت مسطح به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از روش کاشت پشته‌ای بود (جدول ۵). به‌طوری‌که در روش کاشت مسطح عملکرد دانه تقریباً ۸ درصد بیش‌تر از عملکرد دانه نسبت به روش کاشت بذر روی پشته بود. با توجه به فصل رشد کوتاه اسفرزه، جوانه‌زنی و استقرار سریع‌تر بوته‌ها، یکی از دلایل اصلی عملکرد بالاتر روش کاشت مسطح نسبت به روش کاشت جوی و پشته‌ای بود. نتایج پژوهش یوسفی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد در کم‌آبیاری استفاده از الگوی کاشت بذر روی پشته عملکرد دانه گندم را ۱۷/۷۵ درصد نسبت به سایر الگوهای کاشت کاهش داد (۳۱).

طبق نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده‌های فسفره بیش‌ترین عملکرد دانه از کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های فسفری در شرایط آبیاری متداول (عدم تنش خشکی) و کم‌ترین آن در شرایط تنش شدید و عدم کاربرد کود حاصل شد (جدول ۳). با کوتاه شدن زمان بین دو آبیاری، از ۱۸۰ به ۶۰ میلی‌متر تبخیر توأم با استفاده تلفیقی از حاصلخیزکننده‌های فسفره توانست عملکرد دانه را از ۳۸۹ کیلوگرم به ۱۲۱۴ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد. نتایج این پژوهش با بررسی خاوری و همکاران (۲۰۱۹)، که استفاده از کودهای آلی و شیمیایی توانسته بود؛ عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دهد، تطابق داشت (۳۲). فراهم بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به همراه دارد. لازمه عملکرد بالا، تولید زیست‌توده بیش‌تر در واحد سطح می‌باشد. نتایج بررسی قاسمی و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی تعداد پنجه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله را افزایش و در مجموع سبب افزایش عملکرد دانه شد (۳۳). تنش خشکی منجر به رشد رویشی کم‌تر و به‌تبع آن، سطح فتوسنتزکننده محدودتر می‌شود و هم‌چنین سبب کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه به جهت زودرسی گیاه تحت تنش خشکی و در نهایت سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود. نتایج بررسی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری متداول همراه با کاربرد کود زیستی نیتروکسین و کم‌ترین آن از تیمار کم آبیاری بدون کاربرد کود حاصل شد (۲۸). نتایج بررسی کرمی و همکاران (۲۰۱۱) روی گیاه دارویی گاوزبان (*Echium Amoenum*) نشان داد که مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبی می‌توانند نقش مفیدی در جهت کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا داشته باشد (۳۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های برهمکنش اثر تنش خشکی و حاصلخیزکننده‌های فسفره بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد دانه و زیستی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 3. Comparison of the mean of the interaction of drought stress and phosphorus fertilizers on morphological traitss and seed and biological yield of isabgol.

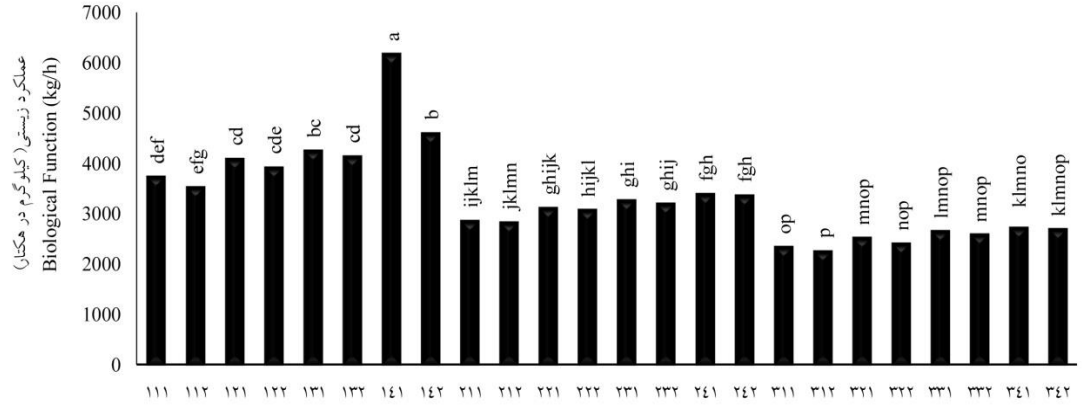
عملکرد زیستی Biological yield (kgh^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kgh^{-1})	تعداد پنجه بارور Number of tiller fertile	ارتفاع بوته Plant height (cm)	حاصلخیزکننده‌های فسفره Phosphorus fertilizers	تنش خشکی Drought stress (mm of evaporation)
3660.3^{c}	832.00^{cd}	2.858^{c}	18.80^{d}	شاهد control	60
4035.7^{b}	920.00^{bc}	2.972^{c}	19.47^{c}	فسفات بارور۲ Phosphate barvar-2	
4227.7^{b}	979.33^{b}	3.113^{b}	20.44^{b}	سوپرفسفات تریپل superphosphate triple	
5417.0^{a}	1214.00^{a}	3.567^{a}	21.62^{a}	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل phosphate barvar 2 and 50% superphosphate triple	
2874.7^{ef}	583.33^{gh}	2.435^{ef}	16.85^{g}	شاهد control	120
3131.7^{de}	642.67^{fg}	2.486^{e}	17.40^{f}	فسفات بارور۲ Phosphate barvar-2	
3267.8^{d}	680.00^{ef}	2.611^{d}	17.88^{e}	سوپرفسفات تریپل superphosphate triple	
3409.3^{cd}	743.33^{de}	2.716^{d}	18.35^{d}	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل phosphate barvar 2 and 50% superphosphate triple	
2329.3^{h}	388.67^{j}	1.889^{i}	15.02^{j}	شاهد control	180
2494.3^{gh}	464.00^{ij}	2.050^{h}	15.76^{i}	فسفات بارور۲ Phosphate barvar-2	
2651.0^{fg}	502.00^{hi}	2.200^{g}	16.07^{hi}	سوپرفسفات تریپل superphosphate triple	
2741.3^{fg}	542.67^{hi}	2.333^{f}	16.39^{gh}	فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل phosphate barvar 2 and 50% superphosphate triple	

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش Duncan محافظت شده معنی‌دار نمی‌باشد

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

عملکرد زیستی: نتایج نشان داد که عملکرد زیستی تحت‌تأثیر برهمکنش تنش خشکی، حاصلخیزکننده فسفر و روش کاشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد زیستی (۶۲۰۱/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر همراه با کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های فسفره در بستر کاشت مسطح و کم‌ترین آن (۲۲۹۰

کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر و بدون کاربرد حاصلخیزکننده‌ها در بستر کاشت جوی و پشته بودند (شکل ۳). افزایش تجمع ماده خشک در شرایط بهینه رطوبتی به دلیل افزایش سطح سبز برگ، افزایش جذب نور فعال فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول نسبت به شرایط دارای محدودیت رطوبتی می‌باشد به همین دلیل حصول حداکثر تجمع ماده خشک در شرایط بهینه رطوبتی قابل توجیه و تفسیر است (۳۵). استفاده از کودهای زیستی در خاک نقش عمده‌ای در بهبود حاصلخیزی خاک، ویژگی‌های رویشی و زایشی و در نتیجه عملکرد نهایی دارد. کودهای زیستی میزان مواد مغذی موجود در گیاهان زراعی و دارویی را افزایش داده و به گیاهان و خاک سلامتی بیش‌تری می‌بخشند، از این‌رو عملکرد محصول را به‌طور پایدار افزایش می‌دهند (۳۶). رمرودی و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که کودهای زیستی منجر به افزایش عملکرد کمّی گیاه دارویی اسفرزه تحت‌تأثیر رژیم کم آبیاری می‌شوند (۲۸). کاربرد باکتری‌های محرک رشد منجر به بهبود ویژگی‌های گیاه در شرایط تنش و غیرتنش می‌شود. در اغلب موارد کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescens* در شرایط اعمال تنش (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) منجر به بهبود ویژگی‌های رشدی در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) شد (۳۷). بر خلاف پژوهش کومار (۲۰۱۸) روی ارزن مرواریدی که بیش‌ترین عملکرد زیستی از کاشت بذر روی پشته به‌دست آمده بود (۳۸). در این پژوهش بیش‌ترین عملکرد زیستی از روش کاشت مسطح به‌دست آمد (جدول ۵). دلیل احتمالی کاهش عملکرد زیستی در روش کاشت بذر روی پشته تجمع نمک در اطراف بذور و به‌دنبال آن کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بوده است که با آبیاری در فواصل کوتاه و واکاری مشکل سبز شدن بذور رفع شده با این وجود استقرار بوته‌ها نسبت به روش کاشت مسطح به تعویق افتاده و قدرت رقابتی کاهش یافت.



شکل ۳- برهمکنش تنش خشکی، حاصلخیزکننده‌های فسفره و روش‌های کاشت بر عملکرد زیستی.

Fig. 3. Interaction of drought stress, phosphorus fertilizers and planting methods on biological yield.

تیمارهای آبیاری (۱- ۶۰، ۲- ۱۲۰ و ۳- ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) در حاصلخیزکننده‌ها (۱- شاهد، ۲- فسفات بارور ۲، ۳- سوپر فسفات تریپل و ۴- تلفیق فسفات بارور۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل) و روش کاشت (۱- مسطح و ۲- جوی و پشته)

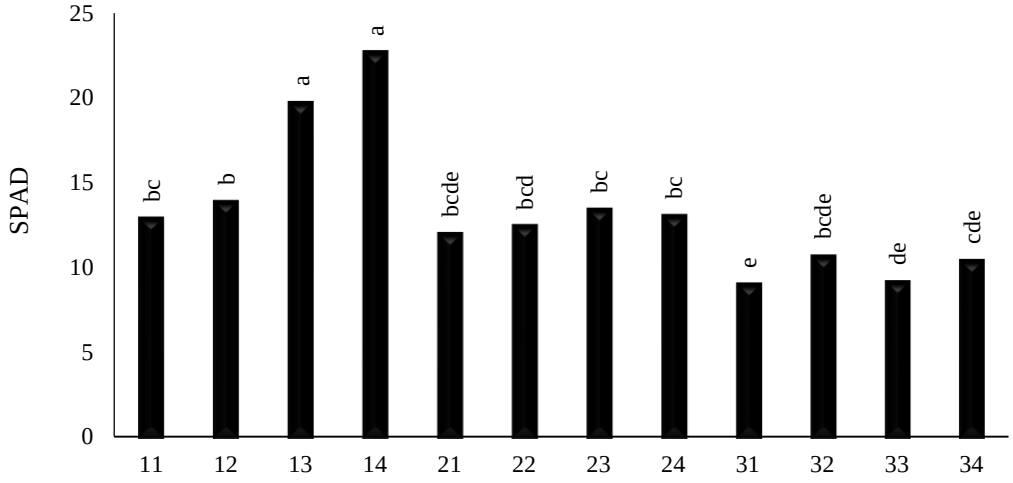
Irrigation treatments (1- 60, 2- 120 and 3- 180 mm of evaporation from the evaporation pan) in fertilizers (1- control, 2- fertile phosphate 2, 3- triple superphosphate and 4- fertilizer phosphate2 combination and 50% chemical fertilizer triple superphosphate) and planting method (1- flat and 2- ridge)

عملکرد موسیلاژ: بر طبق نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی، حاصلخیزکننده فسفر و روش کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد موسیلاژ معنی‌دار شد (جدول ۴). عملکرد موسیلاژ به عنوان تابعی از حاصل‌ضرب درصد موسیلاژ در عملکرد دانه است. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای نشان داد بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب با عملکرد ۸۱/۱۰ و ۶۰/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶). رومانی و همکاران (۲۰۱۹) استنباط کردند که اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه و به‌دنبال آن القای تنش خشکی موجب افزایش تولید ماده مؤثره (موسیلاژ) در دانه اسفرزه گردیده است. به‌طوری‌که درصد و عملکرد موسیلاژ به‌عنوان ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی اسفرزه علاوه بر تأثیرپذیری از ویژگی‌های ژنتیکی تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (۳۹). نتایج مقایسه میانگین حاصلخیزکننده‌های فسفره نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد موسیلاژ به‌ترتیب مربوط به کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره با عملکرد ۸۸/۸۱ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود (۵۱/۵۶ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶) نتایج پژوهش خاوری و همکاران (۲۰۱۹) نشان‌دهنده معنی‌داری کاربرد کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد موسیلاژ اسفرزه بود و در بین تیمارهای کودی، بیش‌ترین عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار مصرف تلفیقی ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی NPK + ۲۰ تن در هکتار کود گاوی و کم‌ترین مقدار آن مربوط به گیاهانی بود، که هیچ نوع کودی را دریافت نکرده بودند (۳۲). نتایج پژوهش دیگری روی گیاه بالنگوی شهری نشان داد که اثر آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد موسیلاژ معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین آن مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر بود (۱۸).

نتایج مقایسه میانگین روش کاشت بیانگر کاهش ۶/۳۲ کیلوگرمی در هکتار عملکرد موسیلاژ روش کاشت جوی و پشته نسبت به روش کاشت مسطح بود (جدول ۵). در ارزیابی تأثیر الگوی کشت بر ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی بالنگو، کوچکی و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند حداکثر عملکرد موسیلاژ مربوط به کشت کرتی درهم و کم‌ترین آن مربوط به کشت جوی و پشته‌ای بود (۴۰). کم‌تر بودن عملکرد موسیلاژ در کشت جوی و پشته‌ای می‌تواند به دلیل تجمع نمک در اطراف ریشه گیاهان و کاهش عملکرد دانه باشد.

شاخص سبزینگی برگ: نتایج نشان داد که شاخص سبزینگی برگ تحت‌تأثیر برهمکنش تنش خشکی و حاصلخیزکننده فسفر در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین شاخص سبزینگی برگ مربوط به تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر با کاربرد تلفیقی حاصلخیزکننده‌های زیستی و شیمیایی فسفره و کم‌ترین آن مربوط به تیمار تنش خشکی شدید و عدم کاربرد حاصلخیزکننده‌های فسفره بود (شکل ۴). آبیاری متداول به همراه استفاده تلفیقی از کودهای فسفره باعث افزایش ۶۰ درصدی شاخص سبزینگی برگ شد. در شرایط تنش کم‌آبی عوامل لازم برای سنتز کلروفیل کاهش و تخریب آن افزایش می‌یابد، به‌عبارت دیگر در شرایط تنش خشکی، گیاه با بسته نگاه داشتن روزنه‌ها در طی روز، سعی در حفظ محتوای آب نسبی دارد، در این زمان انتقال الکترون در فتوسیستم مختل شده و الکترون اضافی ناشی از فتولیز آب، باعث تولید اکسیژن فعال و خسارت به غشای سلولی از طریق پراکسیداسیون چربی‌ها پروتئین‌ها و کاهش محتوای کلروفیل برگ گیاه

می‌گردد. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها تخریب آن‌ها به وسیله گونه‌های اکسیژن فعال (از جمله پراکسید هیدروژن) می‌باشد (۴۱). نتایج این بررسی، کاهش شاخص سبزینگی در تنش شدید خشکی با بررسی قدمی‌فیروز آبادی و همکاران (۲۰۱۴) و موسوی‌فر و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی داشت (۴۲ و ۴۳). استفاده از محرک طبیعی رشد تحت تنش کم‌آبیاری به‌طور قابل‌توجهی شاخص کلروفیل برگ نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) را افزایش داد (۴۴). نتایج پژوهشی بیانگر آن است که تنش خشکی باعث کاهش شاخص کلروفیل برگ نسبت به گیاهان شاهد گردید. بر اساس نتایج پژوهشی با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی شاخص کلروفیل بیش‌تری نسبت به کاربرد منفرد کودها حاصل می‌گردد (۴۵).



شکل ۴- برهمکنش تنش خشکی در حاصلخیزکننده‌های فسفره بر مقدار اسپد.

Fig. 4. Interaction of drought stress in phosphorus fertilizers on amount SPAD.

تیمارهای آبیاری (۱- ۶۰، ۲- ۱۲۰ و ۳-۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) در حاصلخیزکننده‌ها (۱- شاهد، ۲- فسفات بارور۲، ۳- سوپر فسفات تریپل و ۴- تلفیق فسفات بارور۲ و ۵۰ درصد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل)

Irrigation treatments (1- 60, 2- 120 and 3- 180 mm of evaporation from the evaporation pan) in fertilizers (1- control, 2- fertile phosphate 2, 3- triple superphosphate and 4- fertilizer phosphate2 combination and 50% chemical fertilizer triple superphosphate)

نشت یونی: طبق نتایج تجزیه واریانس تنش خشکی، حاصلخیزکننده فسفر در سطح احتمال یک درصد و روش کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر میزان نشت‌یونی برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تأثیر افزاینده‌ای بر مقدار نشت‌یونی داشت (جدول ۶). نتایج پژوهش جمشیدی و همکاران (۲۰۲۰) روی گیاه دارویی چیا (*Salvia hispanica* L.) نشان داد که با افزایش شدت تنش رطوبتی خاک بر میزان نشت‌یونی افزوده شد، به طوری‌که کم‌ترین میزان نشت‌یونی مربوط به سطح رطوبتی ۶۶ درصد ظرفیت زراعی و بیش‌ترین آن در شرایط رطوبتی ۴۳ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (۴۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین نشت یونی به‌ترتیب مربوط به عدم کاربرد کود و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و

شیمیایی فسفر بود (جدول ۶). نتایج اکرمی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۶) روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) نشان داد که بیش‌ترین نشت یونی مربوط به گیاهان شاهد (عدم دریافت کود) بود با کاربرد حاصلخیزکننده شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بهبود یافت و گیاه کمتر با تنش خشکی مواجه شده و تمایل کم‌تری به افزایش نشت یونی نشان می‌دهد (۴۵). طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها، نشت یونی در روش کاشت بذر روی پشته بیش‌تر از روش کشت مسطح بود (جدول ۵). نتایج پژوهش سلیمانی ساردو و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که در بین روش‌های کاشت، روش کاشت مسطح به‌دلیل فراهمی شرایط مناسب‌تر، از جهت تأمین رطوبت کافی و عدم تجمع املاح نمکی در عمق توسعه ریشه نسبت به روش جوی و پشته‌ای در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر مثبت داشت (۴۷). نشت یونی و تخریب غشاء تحت‌تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد. و با افزایش غلظت نمک در طی دوره تنش بر میزان نشت یونی افزوده شد (۴۸).

جدول ۴- تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی اسفرزه تحت‌تأثیر تنش خشکی، حاصلخیزکننده‌های فسفره و روش کاشت.

Table 4. Analysis of variance of some qualitative traits of isabgol under drought stress, phosphorus fertilizers and planting method.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Square			
		عملکرد موسیلاژ Mucilage Yield	شاخص سبزینگی SPAD value	نشت یونی Ionic leakage	محتوی نسبی آب برگ RWC
تکرار Replication	2	3386.87	0.378	9.04	174.411
تنش خشکی Drought stress (A)	2	2896.53**	340.74**	451.31**	1054.209**
خطای a E_a	4	1241.99	6.528	5.34	16.904
کود فسفره Phosphorus fertilizer(B)	3	4354.04**	59.281**	46.25**	57.701**
روش کاشت Planting method (C)	1	718.79**	18.08^{ns}	7.178*	20.625^{ns}
A × B	6	158.51^{ns}	39.68**	2.619^{ns}	1.350^{ns}
A × C	2	80.07^{ns}	16.79^{ns}	0.648^{ns}	0.609^{ns}
B × C	3	62.15^{ns}	6.46^{ns}	1.803^{ns}	0.925^{ns}
A × B × C	6	72.09^{ns}	2.11^{ns}	1.164^{ns}	0.855^{ns}
خطای b E_b	42	80.15	6.58	1.382	5.272
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	13.03	19.28	2.82	2.64

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر روش کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 5. Comparison of mean effect of planting method on the studied traits of isabgol.

روش کاشت Planting method	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد دانه Seed yield ($kgha^{-1}$)	عملکرد زیستی Biological yield (kgh^{-1})	عملکرد موسیلاژ Mucilage Yield ($kgha^{-1}$)	نشت یونی Ionic leakage (%)
کاشت مسطح Flat planting	17.98[a]	733.78[a]	3458.00[a]	71.88[a]	41.34[b]
کاشت پشته Ridge planting	17.69[b]	681.56[b]	3248.69[b]	65.56[b]	41.97[a]

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش Duncan محافظت شده معنی‌دار نمی‌باشد.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

جدول ۶- مقایسه میانگین تنش خشکی و حاصلخیزکننده‌های فسفره بر ویژگی‌های مورد بررسی گیاه دارویی اسفرزه.

Table 6. Comparison of mean drought stress and phosphorus fertilizers on the studied traits of isabgol.

تیمارها	عملکرد موسیلاژ Mucilage Yield ($kgha^{-1}$)	نشت یونی (درصد) Ionic leakage (%)	محتوی نسبی آب برگ RWC (%)
تنش خشکی Drought stress (mm of evaporation)			
60	81.10[a]	37.07[c]	92.86[a]
120	64.94[a]	42.22[b]	87.79[b]
180	60.13[a]	45.68[a]	79.71[c]
حاصلخیزکننده‌های فسفره Phosphorus fertilizers			
شاهد control	51.56[d]	43.33[a]	84.74[c]
فسفات بارور۲ Phosphate barvar-2	63.83[c]	42.32[b]	86.03[bc]
سوپرفسفات تریپل superphosphate triple	70.68[b]	41.41[c]	87.51[ab]
فسفات بارور ۲ و ۵۰ درصد سوپرفسفات تریپل phosphate barvar 2 and 50% superphosphate triple	88.81[a]	39.56[d]	88.87[a]

میانگین‌های هر ستون که دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد به روش Duncan محافظت شده معنی‌دار نمی‌باشد.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability based on protected Duncan

محتوی نسبی آب برگ: محتوی نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش خشکی و حاصلخیزکننده در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که با کاهش دفعات آبیاری، محتوی نسبی آب برگ کاهش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ به میزان ۹۲ درصد از تیمار آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین آن به میزان ۷۹ درصد از آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد (جدول ۶). نتایج پژوهشی بیانگر آن بود که روند تغییرات محتوای نسبی آب برگ در دو گونه بارهنگ تخم‌مرغی و کتانی در طی دوره تنش خشکی مشابه بود و با افزایش شدت تنش محتوای

آب نسبی هر دو گونه کاهش یافت (۴۹). در تنش خشکی به دلیل باز شدن روزنه‌ها و خروج آب به‌صورت تعرق از گیاه سبب کاهش آب برگ، آب واکوئل و اندازه سلول می‌شود. در بین تیمارهای مختلف کودی بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ به میزان ۸۸ درصد مربوط به کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره و کم‌ترین آن به میزان ۸۴ درصد مربوط به تیمار عدم کاربرد کود بود (جدول ۶). نتایج پژوهش نظری ناسی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که محتوای نسبی آب برگ تحت‌تأثیر تیمارهای تنش خشکی و کودهای زیستی قرار گرفت (۵۰). در پژوهش اینانلوفر و همکاران (۲۰۱۳) روی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت‌تأثیر خشکی و کود زیستی مشخص شد که بیش‌ترین میزان محتوی نسبی آب برگ از آبیاری متداول و کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین (۲/۵ لیتر در هکتار) + اوره و کم‌ترین آن از تیمار تنش شدید و بدون کاربرد کود حاصل شد (۵۱). به نظر می‌رسد که افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود حاصله در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر توانسته به خوبی نیاز رطوبتی گیاه را فراهم آورد و در تیمارهای آبیاری ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر، تولید مواد فتوسنتزی و اختصاص آن به اندام هوایی کاهش یافته که این کاهش در سطح آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر ملموس‌تر بود. با این حال با توجه به نتایج به‌دست آمده گیاه دارویی اسفرزه با طول دوره رشدی کوتاه قابلیت سازگاری بالایی با کم‌آبیاری دارد و توانسته در شرایط تنش خشکی علکرد قابل‌قبولی تولید نماید. در روش کاشت جوی و پشته‌ای، سبز شدن و استقرار بوته‌ها نسبت به روش کاشت مسطح دیرتر و نامناسب‌تر صورت گرفت. از این‌رو می‌توان با انتخاب روش کاشت مسطح با صرف کم‌ترین انرژی سرعت جوانه‌زنی و در نهایت استقرار بوته‌ها را افزایش و از طول دوره رشدی به‌نحو احسن استفاده کرد. استفاده تلفیقی از حاصلخیزکننده‌های زیستی و شیمیایی فسفره باعث رشد بیش‌تر گیاه شد، زیرا این دو کود مکمل یکدیگر بودند. کود زیستی با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کود شیمیایی با افزایش فسفر خاک توانسته‌اند شرایط مناسب برای رشد گیاه فراهم کنند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله حمایت مالی که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره IR-UOZ-GR-9360 تأمین شده، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1.Kashfi Bonab, A. 2010. Comparative economic advantage of cultivation and trade of medicinal plants in Iran and its value in world markets. J. Busi. Stud. 44: 67-78. (In Persian)
2.Khorramdel, S. 2017. The need to develop the cultivation of medicinal plants and solutions to dehydration. The Second National Conference of rain-fed medicinal plants of Iran, Urmia.
3.Fallahi, H.R., Taherpour Kalantari, R., Asadian, A.H., Aghhavani-Shajari, M. and Ramazani, H.R. 2018. Effect of different soil fertilizing agents on growth and yield of Isabgol and Black seed as two medicinal plants. Irani. J. Field Crop Sci. 49: 1-11. (In Persian)
4.Singh, D., Chand, S., Anvar, M. and Patra, D. 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and

nutrient accumulation by isabgol (*plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. J. Med. Aromat. Plant. Sci. 25: 414-419.
5. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizer for sustainable agriculture. 1nd edition. Jodhpur: Agrobios, India. 45p.
6. Saleh Rastin, N. 2001. Biological fertilizers and their role in order to achieve sustainable agriculture. J. Soil and Water Speci. Biol. Fertil. 23: 19-23.
7. Shokouhfar, A. and Khani, S. 2019. Investigation of combined effect of biological and chemical fertilizers of phosphorus and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Qua. J. Plant Prod. Sci. 8: 83-93. (In Persian)
8. Amini, Z., Hosseini, S.M., Zarei, S., Madani, H. and Khani, M.R. 2011. Effect of planting pattern and Nitrogen amounts on yield and yield components of spring Safflower in Eghlid region, Fars Province. New Find. Agri. 5: 4. 341-354. (In Persian)
9. Pourghasemin, N. and Zahedi, M. 2009. Effects of planting pattern and level of soil moisture on yield and yield components of two safflower cultivars in Isfahan. J. Water Soil Sci. 13: 545-555. (In Persian)
10. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Ind. Crops Prod. 30: 3. 372-379.
11. Koocheki, A.R., Tabrizi, L. and Nassiri Mahallati, M. 2007. The Effects of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium.* Asian J. Plant Sci. 6: 1229-1234.
12. Beltrano, J. and Ranco, G.M. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus claroideum: Effect on growth and cell membrane stability. Brezil. Soc. Plant Physi. 20: 1. 29-37.
13. Dhopte, A.M. and Manuel, L.M. 2002. Principals and Techniques for plant scientists. 1st Edn. Updesh purohit for Agrobios (India). Odhpur. 373p.
14. Kalyanasundaram, N.K., Sriram, S., Patel, B.R., Patel, D.H., Dalal, K.C. and Gupta, R. 1984. Psyllium: A monopoly of Gujarat. Indian J. Hort. 28: 35-37.
15. Sharma, P.K. and Koul, A.K. 1986. Mucilage in seeds of *Plantago ovata* and its wild allies. J. Ethnoph. 17: 289-295.
16. Khan, M.J., Khattak, R.A. and Khan, M.A. 2000. Influence of sowing methods on the productivity of canola grown in saline field. Pak. J. Bio. Sci. 3: 4. 687-691.
17. Ram, H., Singh, G., Aggarwal, N. and Kaur, J. 2011. Soybean (*Glycine max*) growth, productivity and water use under different sowing methods and seeding rates in Punjab. Indian J. Agron. 56: 4. 377-380.
18. Ghasemian, V., Shafagh, J. and Pirzad, A. 2017. Effect of fertilizer treatments and irrigation regimes on *Lallemantia iberica* seed mucilage yield and compounds. Agric. Sci. Sustain. Prod. 27: 17-31. (In Persian)
19. Fatma, A.G., Lobna, A.M. and Osman, N.M. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. Inter. J. Agri. Biol. 10: 4. 381-387.
20. Mousavinik, M. 2012. Effect of drought stress and sulphur fertilizer on quantity and quality yield of psyllium (*Plantago ovata* L.) in Baluchestan. J. Agroe. 4: 2. 170-182. (In Persian)
21. Mohammadpour Vashvaei, R., Ghanbari, A. and Fakheri, B.A. 2017. Effect of bio-fertilizers in combination with different rates of chemical fertilizers on the growth characters and sepals yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). J. Agroe. 9: 276-295. (In Persian)
22. Bhardwaj, D., Ansari, M.W., Sahoo, R.K. and Tuteja, N. 2014. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. Microbial cell factories. doi: 10.1186/ 1475-2859-13-66 (http:// www.microbialcellfactories.com/ content/ 13/1/66).

23.Vakili Shahrbabaki, S.M.A. and Nasr, N. 2015. Effects of phosphorus and zinc on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Irani. J. Medi. Arom. Plants. 31: 891-902. (In Persian)
24.Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stresses in plants. Press University Jihad of Mashhad. 502p. (Translated in Persian)
25.Esmaielpour, B., Jalilvand, P. and Hadian, J. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). J. Agroe. 5: 2. 169-177. (In Persian)
26.Imani, M.R. 2013. Effect of autumn sowing date and planting method on yield and yield components of spinach cv. varamin 88. Seed Plant Prod. J. 28: 4. 449-457. (In Persian)
27.Anjum, S, Nbsp, E., Ashraf, U., Tanveer, M., Qamar, R. and Khan, I. 2014. Morphological and phenological attributes of maize affected by different tillage practices and varied sowing methods. Ameri. J. Plant Sci. 5: 1657-1664.
28.Ramroudi, M., Bagheri, M. and Forouzandeh, M. 2019. Effect of application of biofertilizers and water treatments on yield, yield components and swelling index of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). J. Agro. 11: 3. 1037-1048. (In Persian)
29.Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaiechi, M.R., Rahimi, A. and Tavakoli, A. 2011. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk). J. Crop Prod. 3: 2. 193-213. (In Persian)
30.Ghaffari Nejad, S.A., Nourgholipour, F. and Gheybi, M.N., 2020. Biostimulants and their roles in plant physiology, nutrient absorption, and tolerance to abiotic stresses. J. Land Manag. 8: 1. 47-67. (In Persian)
31.Yousefi, A., Pouryousef, M. and Mardani, R. 2016. Evaluation of wheat yield and weed biomass under planting patterns and irrigation regimes. J. Agric. Know. Sustain. Prod. 26: 17-30. (In Persian)
32.Khavari, M., Behdani, M.A. and Fallahi, H.R. 2019. Influence of plant density, single and combined application of cow manure and chemical fertilizer on seed and mucilage yields in isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). J. Agroe. 11: 3. 1139-1150. (In Persian)
33.Ghasemi, K., Fallah, S., Raeisi, F. and Heidrari, M. 2014. The effect urea and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of isabgol (*Plantago ovata* Frosk.) medicinal plant. J. Plant Prod. Res. 20: 4. 101-116. (In Persian)
34.Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J. and Salimi, Gh. 2011. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Crop Prod. Techn. 11: 1. 37-50. (In Persian)
35.Rahimi, A., Jahansoz, M.R., Rahimian Mashhadiz, Pouryousef, M. and Roosta, H.R. 2009. Effect of drought and plant density on yield and phonological stages of isabgol and French psyllium with using growth degree days. Elect. J. Crop Prod. 2: 57-74. (In Persian)
36.Ranjan, Sh., Sow, S., Choudhury, S.R., Kumar, S. and Ghosh, M., 2020. Biofertilizer as a novel tool for enhancing soil fertility and crop productivity: A review. Inter. J. Cur. Micro. Appl. Sci. 11: 653-665.
37.Sahib Hasan, M., Selahvarzi, Y., Nabati, J. and Azizi, M. 2020. Effects of drought stress and bio-fertilizers on some growth, photosynthetic pigments, morphophysiological and biochemical traits of *Calendula officinalis*. J. Plant Proc. Fun. 9: 135-152. (In Persian)
38.Kumar, I., Meena, R.M., Meena, A.K., and Meena, M.K. 2018. Growth, yield and economics of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under custard apple (*Annona squamosa* L.) influenced by land configuration practices. J. Pharma. Phytoch. 7: 3425-3428.
39.Roumani, A., Biabani, A., Rahemi Karizaki, A., Gholamalipour Alamdari, E. and Gholizadeh, A. 2020. The response of quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago*

ovata Forssk.) to foliar application of salicylic acid and spermine under drought stress conditions. Envi. Stres. Crop Sci. 13: 503-517. (In Persian)
40. Koocheki, A., Bakhshaei, S., Tabarraei, A. and Jafari, L. 2014. Effect of plant density and planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.). J. Agroe. 6: 229-237. (In Persian)
41. Kabiri, R., Nasibi, F. and Farahbakhsh, H. 2013. Study of some oxidative parameters due to drought stress in Black cumin plant under hydroponic cultivation. Plant Proc. Fun. 2: 11-19.
42. Ghadami Firouzabadi, A., Raeini, M., Shahnazari, A. and Zare Abyane, H. 2014. Variation of chlorophyll, leaf Area index and root parameters of sunflower under, regulated deficit and partial root zone drying irrigation. Plant Prod. Techn. 6: 1. 69-79. (In Persian)
43. Moosavifar, B.E., Behdani, M.A, Jami Alahmadi, M. and 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. Irani. J. Field Crops Res. 9: 3. 525-534. (In Persian)
44. Torabi Giglou, M., Heydanajad, R., Esmaeilpour, B. and Azarmi, R. 2020. Effect of different concentrations of kitoplas growth stimulator on morphological characteristics and essential oil in Peppermint plant underlow irrigation stress. J. Agri. Sci. Sustain. Prod. 30: 169-184. (In Persian)
45. Akrami Nejad, O., Saffari, M. and Abdolshahi. R. 2016. Effect of organic and ohemical fertilizers on yield and essential oil of two ecotypes of Savory (*Satureja hortensis* L.) under normal and drought stress conditions. Irani. J. Field Crops Res. 13: 4. 675-686. (In Persian)
46. Jamshidi, A.M., Ahmadi, A., Karimi, M. and Motesharezadeh, B. 2020. Evaluation of some growth and physiological responses of Chia (*Salvia hispanica* L.) to various moisture regimes. Irani. J. Field Crop Sci. 50: 99-110. (In Persian)
47. Soleymani Sardoo, M., Galavi, M., Fanaei, H.R. and Ramroudi, M. 2020. Evaluation of yield, water productivity and some crop characteristics of safflower in different planting methods with Zn Nano chelate spraying under drought stress. Envi. Stres. Crop Sci. 12: 4. 1189-1203. (In Persian)
48. Ahmadi, H., Abbasi, A., Taleei, A. and Mohammadi, V. 2021. Physiological and biochemical changes and calcium-dependent protein kinase expression in canola (*Brassica napus* L.) under salinity stress. Envir. Stres. Crop Sci. 14: 1. 171-182. (In Persian)
49. Rahimi, A., Jahansooz, M.R., Rahimian mashhadi, H., Pouryousef, M. and Maddah Hosseini, Sh. 2009. The effect of water stress on photosynthesis traits of two *plantago species*. J. Crops Imp. 11: 49-63. (In Persian)
50. Nazari Nasi, H., Amirnia, R. and Zardashti, M.R. 2018. Effect of drought stress and biofertilizers on some physiological characteristics and grain yield of medicinal pumpkin plants. J. Crops Imp. 20: 205-217. (In Persian)
51. Inanlofar, M., Omidi, H. and Pazaki, A. 2013. Morphological, agronomic and oil content changes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) under the influence of drought and nitrogen biochemical fertilizer. J. Medic. Plants. 12: 170-184. (In Persian)