Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Investigation of yield and yield components of different cereal mixtures to water stress in hot and dry ecological conditions

Mina Shafiei[1], Ali Behpouri[2*], Ehsan Bijanzadeh[3], Maryam Mirdoraghi[4]

[1]MSc Graduated in Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran, Email: minashafiei.5@gmail.com
[2]Assistant Professor, Department of Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran, Email: behpoori@shirazu.ac.ir
[3]Associate Professor, Department of Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran, Email: ebijanzadeh@gmail.com
[4]MSc Graduated in Agroecology, Darab Faculty of Agriculture and Natural Resources, Shiraz University, Darab, Iran, Email: m.mirdoraghi72@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/07/10
Revised: 2021/11/21
Accepted: 2021/12/27

Keywords:
Barley
Genotypes
Mixed cultivation
Triticale
Wheat

ABSTRACT

Background and objectives: According to the 2030 Document (FAO, 2016), agriculture is facing more challenges today than ever before. More people need food, water shortages, declining land productivity, and declining agricultural labor are increasing the need for sustainable agriculture around the world.

Therefore, the aim of this study is to diversify the grain crop system using a mixture of winter cereals, wheat, barley and triticale and their response to end-of-season water stress in hot and dry ecological conditions.

Materials and Methods: In order to investigate the yield response and yield components of mixed culture of different cereal cultivars to water stress in hot and dry ecological conditions, an experimental split plot design in the form of a randomized complete block design with three replications in the 2017-2018 crop year in the research farm of the Faculty of Agriculture and Darab Natural Resources-Shiraz University. In this experiment, the first factor of irrigation regime in two levels of normal irrigation and water stress and the second factor including ten levels of genotypes (tall barley line EB-95-97, dwarf barley line EB-95-97 dwarf bread wheat line S-92-19, tall bread wheat cultivar Khalil and a cultivar of Triticale called Juanilo) which were grown as a series of alternatives to double and pure row mixture. Double mixed crops as one in a row, including: dwarf barley, tall barley (one row of dwarf barley+one row of tall barley),dwarf barley-triticale (one row of dwarf barley+one row of triticale),tall barley-triticale (one row tall barley+one row of triticale),dwarf wheat-triticale (one row of dwarf wheat+one row of triticale) and tall wheat-triticale (one row of tall wheat+one row of triticale) with a 50:50 planting ratio and pure cultivation including: barley Dwarf, tall barley, triticale, tall wheat and dwarf wheat had a planting ratio of 100:0. According to plant density (400 plants per square meter for barley,450 plants per square meter for wheat and triticale (seeds per plot) and exactly each planting line (before planting according to the weight of one thousand seeds calculated and measured Were placed in separate bags and planted on each stack (including two planting lines) when planting. The final crop harvest was done manually after removing the marginal rows from a surface of one square meter. Traits such as 1000-seed

weight, biological yield, harvest index, number of spikes per spike, number of spikes per plant, spike length, plant height and grain yield were measured. **Results:** The results of this experiment showed that the highest grain yield was obtained in tall wheat-triticale mixed culture with 9472 Kg ha^{-1} under normal irrigation and the lowest grain yield was achieved in pure dwarf barley with 3934 Kg ha^{-1} under water stress conditions. The results of correlation coefficients under normal irrigation conditions showed that there was the highest positive and significant correlation between grain yield and biological yield under normal irrigation conditions ($r=0.847^{**}$) and water stress ($r=0.792^{**}$).

Conclusion: The tall-Triticale mixed wheat cultivation system under normal irrigation conditions showed a 16% increase in yield compared to the tall wheat pure cultivation system, while it did not show a significant difference with the Triticale pure cultivation system. Existence of more vegetation, less weeds, lower shading temperature and consequently higher photosynthesis under water stress and higher yield components in intercropping systems than pure cereals, which together increase the yield. Seeds in mixed cropping systems were different from pure cereals. The decrease in yield in pure crop compared to mixed crop is due to water stress in the grain filling stage. Therefore, mixed cultivation under water stress conditions shows better yields than pure cultivation, which is probably due to the reduction of exogenous competition in mixed cultivation of cultivars.

Cite this article: Shafiei, M., Behpouri, A., Bijanzadeh, E., Mirdoraghi, M. 2022. Investigation of yield and yield components of different cereal mixtures to water stress in hot and dry ecological conditions. *Crop Production Journal*, 15 (2), 35-52.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJCP.2022.19232.2435
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۷۳۹x-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۳-۲۰۰۸
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد مخلوط ارقام مختلف غلات به تنش آبی در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک

مینا شفیعی[۱]، علی بهپوری[۲*]، احسان بیژنزاده[۳]، مریم میردورقی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران، رایانامه: minashafiei.5@gmail.com
۲. استادیار، گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران، رایانامه: behpoori@shirazu.ac.ir
۳. دانشیار، گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران، رایانامه: ebijanzadeh@gmail.com
۴. دانشجوی کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران، رایانامه: m.mirdoraghi72@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

واژه‌های کلیدی:
تریتیکاله
جو
کشت مخلوط
گندم

چکیده

سابقه و هدف: براساس گزارشات سند ۲۰۳۰ (فائو، ۲۰۱۶) کشاورزی امروزه بیش از هر زمان دیگری با چالش مواجه است. نیاز بیش‌تر مردم به موادغذایی ، کمبود آب، کاهش بهره‌وری زمین و کاهش نیروی کار کشاورزی، نیاز به کشاورزی پایدار در جهان را بیش از پیش افزایش داده است. لذا هدف از انجام این مطالعه ایجاد تنوع در سامانه زراعی غلات با استفاده از کشت مخلوط غلات زمستانه گندم نان، جو و تریتیکاله و واکنش آن‌ها در برابر تنش آبی آخر فصل در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکردکشت مخلوط ارقام مختلف غلات به تنش‌آبی در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب – دانشگاه شیراز انجام شد. در این آزمایش فاکتور اول رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری نرمال و تنش‌آبی و فاکتور دوم شامل ده سطح از ژنوتیپ‌های (لاین جو پابلند EB-95-97، لاین جو پاکوتاه EB-95-97 لاین گندم نان پاکوتاه S-92-19، رقم گندم نان پابلند خلیل و یک رقم تریتیکاله جوانیلو) بودند که به صورت سری جایگزینی کشت مخلوط ردیفی دوتایی و خالص کشت شدند. کشت‌های مخلوط دوتایی به صورت یک در میان ردیفی که شامل: جو پاکوتاه – جو پابلند (یک ردیف جو پاکوتاه + یک ردیف جو پابلند)، جو پاکوتاه – تریتیکاله (یک ردیف جو پاکوتاه + یک ردیف تریتیکاله)، جو پابلند – تریتیکاله (یک ردیف جو پا بلند + یک ردیف تریتیکاله)، گندم پاکوتاه – تریتیکاله (یک ردیف گندم پاکوتاه + یک ردیف ترتیکاله) و گندم پابلند – تریتیکاله (یک ردیف گندم پابلند + یک ردیف تریتیکاله) با نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و کشت‌خالص شامل جو پاکوتاه، جو پابلند، تریتیکاله، گندم پابلند و گندم پاکوتاه با نسبت کاشت ۱۰۰:۰ بود. با توجه به تراکم بوته (۴۰۰ بوته در مترمربع برای جو، ۴۵۰ بوته در متر مربع برای گندم و تریتیکاله)، بذور مربوط به هر پلات (و به‌طور دقیق هر خط کاشت) قبل از کاشت با توجه به وزن هزار دانه محاسبه و اندازه‌گیری شد و در پاکت‌های جداگانه قرار داده شدند و به هنگام کاشت بر روی هر پشته (شامل دو خط کاشت) کشت شدند. برداشت نهایی گیاه زراعی بعد از حذف ردیف‌ها ی حاشیه‌ای از سطحی به مساحت یک متر مربع به روش دستی انجام شد. صفاتی مانند: وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد سنبله

در بوته، طول سنبله، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج این آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در کشت‌مخلوط گندم پابلند – تریتیکاله با عملکرد ۹۴۷۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری نرمال و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص جو پاکوتاه در شرایط تنش‌آبی با میانگین ۳۹۳٤ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج ضرایب همبستگی در شرایط آبیاری نرمال نشان داد که بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری نرمال (r= ۰/۸٤۷**) و تنش‌آبی (r= ۰/۷۹۲**) بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

نتیجه‌گیری: سیستم کشت مخلوط گندم پابلند – تریتیکاله تحت شرایط آبیاری نرمال نسبت به سیستم کشت خالص گندم پابلند ١٦ درصد افزایش عملکرد نشان داد. در حالی که با سیستم کشت خالص تریتیکاله تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. وجود پوشش گیاهی بیش‌تر، وجود علف‌های هرز کم‌تر، پایین‌تر بودن دمای سایه‌انداز و به دنبال آن بالاتر بودن فتوسنتز جاری در شرایط تنش‌آبی و بالاتر بودن اجزای عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص غلات مختلف می‌باشد که مجموع این عوامل باعث بالا بودن عملکرد دانه در نظام‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص غلات مختلف شد. کاهش عملکرد در کشت‌خالص نسبت به کشت مخلوط به دلیل تنش‌آبی در مرحله پر شدن دانه می‌باشد. بنابراین، کشت مخلوط در شرایط تنش آبی نسبت به کشت خالص بازده بهتری را نشان داد که احتمالا به دلیل کاهش رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط ارقام می‌باشد.

استناد: شفیعی، م.، بهپوری، ع.، بیژنزاده، ا.، میردورقی، م. (١٤٠١). بررسی عملکرد و اجزای عملکرد مخلوط ارقام مختلف غلات به تنش آبی در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک. *تولید گیاهان زراعی*، ۱۵ (۲)، ۵۲-۳۵.

DOI: 10.22069/EJCP.2022.19232.2435

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

با توجه به اینکه افزایش جمعیت دنیا و نیاز به مواد غذایی روز به روز در حال افزایش است، کشاورزی با روش‌های سنتی، نیازهای جامعه را برطرف نمی‌کند. سازمان غذا و کشاورزی (فائو) پیش‌بینی می‌کند تا سال ۲۰۵۰ برای تغذیه ۹ میلیارد جمعیت پیش‌بینی شده جهان، تولید مواد غذایی باید به میزان ٦٠ درصد افزایش یابد (۱). براساس گزارشات سند ۲۰۳۰ (فائو، ۲۰۱٦) کشاورزی امروزه بیش از هر زمان دیگری با چالش مواجه است. نیاز بیش‌تر مردم به مواد غذایی، کمبود آب، کاهش بهره وری زمین و کاهش نیروی کار کشاورزی، نیاز به کشاورزی پایدار در جهان را بیش از پیش افزایش داده است (۲).

کشاورزی پایدار ریشه در تاریخچه کشاورزی داشته و سابقه طولانی دارد. اما در کشور ما تاکنون در خصوص تدوین شاخص‌هایی که براساس پایداری کشاورزی باشد اقدام جدی صورت نگرفته است. در سایر کشورها، توسعه پایدار کشاورزی از راهبردهای اصلی به شمار می‌رود (۳، ٤ و ٥). نکته حایز اهمیت در نظام کشاورزی پایدار، افزایش تولید محصولات کشاورزی در زمان و مکان می‌باشد که به شکل دیگری بتوان از عوامل محیطی بهره برد (٤١). از این‌رو، محققان سعی دارند تا با طراحی و اجرای سامانه هایی با پایداری و عملکرد بالا، امنیت غذایی را تأمین نمایند. این امر موجب توجه اگرواکولوژیست ها به کشاورزی پایدار و تشویق آن‌ها برای تحقیق بیش‌تر و طراحی سیستم‌های نوین کشاورزی پایدار شده است (۲۳).

بسیاری از مناطق ایران و به‌خصوص مناطق جنوب کشور با کمبود بارندگی و یا آب آبیاری در زمان پر شدن دانه غلات روبه‌رو است که منجر به کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین، انجام مطالعاتی برای بهبود عملکرد و کشت گیاهان مقاوم به تنش خشکی تحت این شرایط در اولویت قرار می‌گیرد. به همین دلیل، استفاده از مخلوط ژنوتیپ‌ها به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای تحمل تنش خشکی در مطالعات مختلفی مشاهده شد (۸). همچنین، با توجه به موارد ذکر شده در خصوص اهمیت کشاورزی پایدار، اصول عمده کشاورزی پایدار ایجاد و نگهداری تنوع می‌باشد و می‌توان برخی از مزایای تنوع را به وسیله زراعت چند کشتی یا مخلوط به‌دست آورد (۹).

کشت مخلوط دارای جنبه‌های بیولوژیکی و اقتصادی می‌باشد و دارای خصوصیت جبران‌کنندگی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیستم جهت حصول حداکثر پایداری است. کشت مخلوط ردیفی از روش‌های چندکشتی است که به منظور متنوع ساختن کشت در ابعاد مکانی و زمانی استفاده می‌شود (۱۰). کشت مخلوط گیاهان به دلیل اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌ها و نیاز غذایی متفاوت موجب استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور، خاک و موادغذایی می‌شود (۱۱). در میان گیاهان زراعی، غلات از اهمیت خاصی برخوردار بوده و دارای بیش‌ترین میزان تولید و سطح زیر کشت در دنیا می‌باشند. خصوصیاتی مانند سازگاری به شرایط آب و هوایی، عملکرد نسبتاً مطلوب، سهولت نگهداری و حمل و نقل آسان، غلات را به یک منبع مهم و عمده غذا برای انسان تبدیل کرده است (۱۲). با توجه به توانایی بیش‌تر ارقام پابلند در بهره‌گیری از مواد فتوسنتزی ساقه‌ها جهت پر کردن دانه و آسیب‌پذیری ارقام پاکوتاه در برابر وقوع تنش‌های محیطی، کشت مخلوط غلات پابلند و پاکوتاه از میزان حساسیت نسبت به تنش‌های محیطی می‌کاهد (۱۳). استفاده از ارقام پابلند و پاکوتاه در کشت مخلوط باعث حفاظت از خاک در برابر عوامل فرسایش خاک می‌شود و ارقام پابلند به دلیل بهره‌گیری بیش‌تر از مواد

فتوسنتزی ساقه‌ها جهت پر کردن دانه‌ها موجب کاهش حساسیت در برابر تنش‌های محیطی می‌شود، ارقام پاکوتاه در مقایسه با ارقام پابلند حجم کم‌تری از خاک را اشغال می‌کنند و بنابراین ترکیبی از ارقام پابلند و پاکوتاه باعث کاهش فرسایش خاک می‌شود (۱٤). میردورقی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای که روی کشت مخلوط ژنوتیپ‌های گندم دوروم در گلخانه داشت گزارش کرد هنگامی که ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط تنش‌آبی به‌صورت مخلوط در کنار هم رشد می‌کنند، نسبت ریشه به اندام‌های هوایی آن‌ها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از زمانی است که به‌صورت خالص هستند (۱۵). در کشت مخلوط، گیاهان، آبی را که در تک‌کشتی قابل استفاده نیست و از دسترس گیاه خارج می‌شود، جذب می‌کنند و به عبارت دیگر، گیاهان به نحو بهتری از آب موجود بهره می‌برند (۱٦). با استفاده از کشت مخلوط می‌توان از شدت غیر قابل پیش‌بینی تنش خشکی و طول دوره آن کاست و افت عملکرد را کاهش داد (۱۷). کشور ایران در آینده با کاهش تولید محصولات کشاورزی و به دنبال آن افزایش واردات غلات رو به رو خواهد بود. در نتیجه، دست‌یابی به ارقامی با توانایی رشد و نمو و تولید عملکرد بالادر واحد سطح در شرایط خشک از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۸). از طرفی، اطلاعات کمی در خصوص عکس‌العمل مخلوط غلات و یا ژنوتیپ های مختلف غلات به تنش آبی در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک وجود دارد. لذا هدف از انجام این مطالعه ایجاد تنوع در سامانه زراعی غلات با استفاده از کشت مخلوط غلات زمستانه گندم نان، جو و تریتیکاله و واکنش آن‌ها در برابر تنش آبی آخر فصل در شرایط اکولوژیکی گرم و خشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹٦ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب – دانشگاه شیراز واقع در طول جغرافیایی ٥٤/۱۷ و عرض جغرافیایی ۲۸/٤۷ دقیقه با ارتفاعی حدود ۱۱۸۰ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد و با متوسط بارندگی ۱۰۰ میلی‌متر در سال انجام شد. در این آزمایش فاکتور اول رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری نرمال و تنش‌آبی و فاکتور دوم شامل ده سطح از ژنوتیپ‌های غلات (لاین جو پابلند EB-95-97، لاین جو پاکوتاه EB-95-97 لاین گندم نان پاکوتاه S-92-19 رقم گندم نان پابلند خلیل و یک رقم تریتیکاله جوانیلو) بودند که به صورت سری جایگزینی کشت مخلوط ردیفی دوتایی و خالص کشت شدند. کشت‌های مخلوط دوتایی به‌صورت یک در میان ردیفی که شامل: جو پاکوتاه – جو پابلند (یک ردیف جو پاکوتاه + یک ردیف جو پابلند)، جو پاکوتاه – تریتیکاله (یک ردیف جو پاکوتاه + یک ردیف تریتیکاله)، جو پابلند – تریتیکاله (یک ردیف جو پا بلند + یک ردیف تریتیکاله)، گندم پاکوتاه – تریتیکاله (یک ردیف گندم پاکوتاه + یک ردیف ترتیکاله) و گندم پابلند – تریتیکاله (یک ردیف گندم پابلند + یک ردیف تریتیکاله) با نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و کشت خالص شامل جو پاکوتاه، جو پابلند، تریتیکاله، گندم پابلند و گندم پاکوتاه با نسبت کاشت ۱۰۰:۰ بود. همچنین، خصوصیات بذور مورد استفاده بر اساس اطلاعات گرفته شده هر ژنوتیپ از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب بوده و در جدول ۱ آورده شده است. معیار انتخاب این ژنوتیپ‌ها پتانسیل

بالای عملکرد، مناسب بودن آن‌ها برای کاشت در اراضی واقع در مناطق گرم کشور، عدم ریزش دانه، متحمل بودن به خوابیدگی بوته، متحمل به خشکی و دارا بودن تفاوت‌های مورفوفیزیولوژیک بود.

ابعاد کرت‌های آزمایشی ٦ مترمربع (۳×۲) بود که برداشت پس از حذف ردیف‌های حاشیه و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت، از سطحی به مساحت ۳ متر مربع (۱/۵×۲) انجام شد. هر کرت شامل ۱۰ ردیف با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. کاشت به صورت دستی در تاریخ ۸ آذر ماه ۱۳۹٦ انجام شد. عمق کاشت ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به تراکم بوته (٤۰۰ بوته در مترمربع برای جو، ٤٥۰ بوته در مترمربع برای گندم و تریتیکاله)، بذور مربوط به هر پلات به صورت سری جایگزینی کشت مخلوط ردیفی یک در میان با نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و کشت خالص با نسبت کاشت ۱۰۰:۰ (و به‌طور دقیق هر خط کاشت) کشت شدند. تعداد بذرها قبل از کاشت با توجه به وزن هزار دانه محاسبه و اندازه‌گیری شد و در پاکت‌های جداگانه قرار داده شدند و به هنگام کاشت بر روی هر پشته (شامل دو خط کاشت) کشت شدند. عملیات کاشت به‌صورت دستی انجام شد.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و به صورت غرقابی انجام شد. آبیاری‌های بعدی تا زمان استقرار گیاهچه هر هفته و به‌مدت چهار هفته به صورت نشتی انجام شد و پس از آن بر حسب نیاز گیاه آبیاری صورت گرفت. جو پاکوتاه – جو پابلند به مقدار ۳۹۷۸ متر مکعب در هکتار، جو پاکوتاه – تریتیکاله به مقدار ٤۳۱۱ مترمکعب در هکتار، جو پابلند–تریتیکاله به مقدار ٤۲۰۸ متر مکعب در هکتار، گندم پاکوتاه–تریتیکاله به مقدار ٤٤۱٥ متر مکعب در هکتار، گندم پابلند–تریتیکاله به مقدار ٤۷۸۳ متر مکعب در هکتار، جو پاکوتاه خالص به مقدار ۳۹٦٤ مترمکعب در هکتار، جو پابلند خالص به مقدار ٤۰۲٦ مترمکعب در هکتار، تریتیکاله به مقدار ٤۱۲۷ مترمکعب در هکتار، گندم پابلند به مقدار ٤۰۹٤ مترمکعب در هکتار و گندم پاکوتاه به مقدار ۳۸٦۱ متر مکعب در هکتار در تیمارهای تنش آبی و جو پاکوتاه – جو پابلند به مقدار ۵۹۲۲ متر مکعب در هکتار، جو پاکوتاه – تریتیکاله به مقدار ٦۱۱۷ متر مکعب در هکتار، جو پابلند–تریتیکاله به مقدار ٦۷۷۱ مترمکعب در هکتار، گندم پاکوتاه – تریتیکاله به مقدار ٦۲۱۳ مترمکعب در هکتار و گندم پابلند –تریتیکاله به مقدار ٦۹٥٦ متر مکعب در هکتار، جو پاکوتاه خالص به مقدار ٥٤۳۰ متر مکعب در هکتار، جو پابلند خالص به مقدار ٥٦۱۹ مترمکعب در هکتار، تریتیکاله به مقدار ٦٥۰۹ مترمکعب در هکتار، گندم پابلند به مقدار ٦۳۰۸ مترمکعب در هکتار و گندم پاکوتاه به مقدار ٦۳۰٤ مترمکعب در هکتار برای تیمارهای بدون تنش آبی (نرمال) آبیاری انجام گرفت. حجم آب داده شده به تیمار ها با استفاده از روش علیزاده (۲۰۰٦) محاسبه و با استفاده از کنتور انجام گرفت (۱۹). به منظور ایجاد سطوح مختلف رژیم رطوبتی بعد از گلدهی در کرت‌های مورد نظر، قطع آبیاری پس از مرحله گل‌دهی در کرت‌های تنش رطوبتی که شامل ژنوتیپ‌های غلات مختلف به صورت کشت خالص و مخلوط دوتایی بود اعمال شد و تا پایان فصل رشد آبیاری در کرت‌هایی که تنش رطوبتی اعمال شد، انجام نگرفت. عملیات سم‌پاشی علیه آفت سن گندم مرحله پایان گلدهی به وسیله سم تیلت با غلظت ۰/۷ در هزار به صورت محلول در آب انجام گرفت.

برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع آزمایش به شکل تصادفی از چند نقطه از خاک محل آزمایش که دارای بافت سیلتی لومی است از دو عمق ۱۵–۰ و ۳۰–۱۵ سانتی‌متر نمونه برداری با استفاده از آگر به عمل آمد. خصوصیات خاک شامل pH و EC خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۰) میزان

نیتروژن کل خاک به روش کلدال، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری با بیکربنات سدیم (۲۱)، پتاسیم قابل استفاده به روش هلمک و اسپارکز (۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد (۲۲). درصد ماده آلی (۲۳) و درصد رطوبت اشباع خاک به روش وزنی روی نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. و با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از این اندازه‌گیری‌ها، نیاز غذایی گیاه زراعی برطرف شد. جدول‌های ۲ و ۳ نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک را نشان می‌دهند. با توجه به اطلاعاتی که از نمونه‌برداری خاک محل آزمایش به‌دست آمد، عناصر پتاسیم و فسفر به مقدار کافی در خاک وجود داشت. کود اوره به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار به مقدار ۱۵ درصد در زمان کاشت، ٤٠ درصد در زمان پنجه‌دهی، ۳۰ درصد در زمان ساقه‌دهی، ۱۵ درصد در زمان گلدهی و در هر مرحله قبل از آبیاری به کرت‌های آزمایشی افزوده شد. ارتفاع گیاه در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها، با اندازه‌گیری ارتفاع ۱۰ بوته که به طور تصادفی انتخاب شده بودند از سطح خاک تا انتهای سنبله به‌دست آمد. به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، برداشت نهایی گیاه زراعی بعد از حذف ردیف‌های حاشیه از سطحی به مساحت ۲ در ۱/۵ مترمربع به‌صورت دستی انجام شد. صفاتی مانند تعداد دانه در سنبلچه و تعداد دانه در سنبله با شمارش ۲۰ سنبله که به طور تصادفی از ناحیه مرکزی هر کرت برداشت شده بودند تعیین گردید. تعداد سنبله بارور در واحد سطح با شمارش تعداد کل سنبله‌های بارور از یک مترمربع در برداشت نهایی اندازه‌گیری شد. ۲۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و طول سنبله آن‌ها اندازه‌گیری و میانگین طول سنبله هر کرت به صورت جداگانه تعیین گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت سطحی به اندازه ۳ مترمربع برداشت و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت قرار داده و پس از توزین نمونه عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه شد. سپس وزن دانه‌های جدا شده برای محاسبه عملکرد دانه مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ و تجزیه همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شد.

جدول ۱ – ژنوتیپ‌های مورد آزمایش و خصوصیات آن‌ها بر اساس گزارش مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان داراب.

Table 1- Genotype tested and their characteristics based on the report of Darab Agricultural Research. Center

ژنوتیپ Genotype	سازگاری اقلیمی Climate adaptation	رسیدگی Maturity	تیپ رشدی Growth type	تعداد ردیف در سنبله No. of rows per spike
جو پابلند Tall barley EB-95-97	گرم Warm	زودرس Early	پابلند Tall	دو ردیفه Two rows
جو پا کوتاه Dwarf barley EB-95-97	گرم Warm	زودرس Early	پاکوتاه Dwarf	دو ردیفه Two rows
گندم نان پاکوتاه Dwarf bread wheat S-92-19	گرم Warm	زودرس Early	پاکوتاه Dwarf	–
گندم نان پا بلند خلیل Tall bread wheat Khalil	گرم Warm	نسبتا دیررس Relatively late	پابلند Tall	–
ترتیکاله جوانیلو Triticale Juanilo	معتدل Moderate	متوسط رس Medium clay	پابلند Tall	–

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 2 - Some chemical properties of the soil at the test site.

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر) Depth of sampling (cm)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Iron (mg kg^{-1})	مس(میلی‌گرم در کیلوگرم) Copper (mg kg^{-1})	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zinc (mg kg^{-1})	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم) Manganese (mg kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg kg^{-1})	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg kg^{-1})	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	اسیدیته Acidity
0-15	4.15	1.50	1.36	3.85	27.5	134.5	0.14	7.25
15-30	6.19	1.90	1.66	1.85	28	135	0.15	7.35

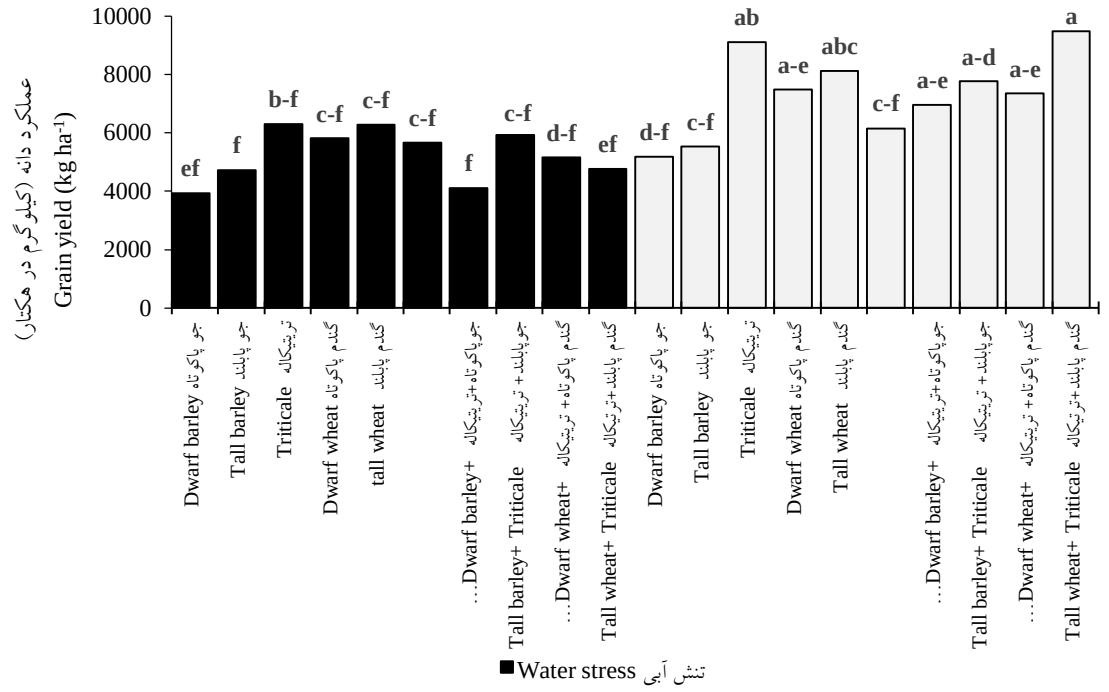
جدول ۳ -برخی از خصوصیات فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 3 - Some physical properties of the soil at the test site.

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Depth of sampling (cm)	رطوبت اشباع Saturated moisture	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	درصد رس Clay (%)	قابلیت هدایت‌الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)	ماده آلی (درصد) Organic (%) matter
0-15	۲۲	39.17	40.08	17.78	7.26	0.05
15-30	۲۳	39.18	40.06	17.76	7.25	0.04

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش، سیستم‌های کشت و همچنین، اثر متقابل تنش و سیستم‌های کشت بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ٤). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و سیستم‌های کشت، بیش‌ترین عملکرد دانه در کشت مخلوط گندم پابلند – تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۹٤۷۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص جو پاکوتاه در شرایط تنش آبی با میانگین ۳۹۳٤ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). بر اساس نتایج این آزمایش سیستم کشت مخلوط گندم پابلند - تریتیکاله تحت شرایط آبیاری نرمال نسبت به سیستم کشت خالص گندم پابلند ١٦ درصد افزایش عملکرد نشان داد، در حالی که با سیستم کشت خالص تریتیکاله تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) کاهش عملکرد کشت خالص در شرایط تنش آبی و افزایش عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط چهارتایی تحت آبیاری نرمال و تنش آبی را گزارش دادند (٢٤). میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد در کشت مخلوط ژنوتیپ ها در مقایسه با کشت خالص مشاهده شد (۲۵). در مطالعه‌ای که افضلی (۲۰۱٤) بر روی کشت مخلوط ارقام گندم انجام داد، نتیجه گرفت که عملکرد و اجزای عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط افزایش می‌یابد (۲٦). فیض آبادی و امام‌وردیان (۲۰۱۱) در بررسی کشت مخلوط ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد و دلیل آن را به افزایش تعداد سنبله بارور در متر مربع مربوط دانستند (۲۷). سامارا (۲۰۰۵) بیان کرد که قطع آبیاری با کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش وزن هزار دانه، عملکرد دانه در جو را کاهش داد (۲۸). بلادی و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در اثر تنش‌خشکی را گزارش داده‌اند (۲۹). در مقایسه گندم و تریتیکاله، عملکرد دانه در تریتیکاله ۱۷ درصد بیش‌تر از عملکرد دانه گندم مشاهده شد که به دلیل سازگاری تریتیکاله به خشکی می‌باشد (۳۰). پیراسته انوشه و امام (۲۰۱۲)، نیز میزان کاهش ۳٦ درصدی عملکرد دانه گندم را به دلیل اعمال تنش آبی گزارش دادند (۳۱).



شکل ۱- اثر متقابل عامل تنش با سیستم‌های کشت بر عملکرد دانه غلات مختلف (میانگین‌های دارای حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد نمی‌باشند).

Figure 1- Interaction of stress and cultivation systems on seed yield of different cereal spikes (means with the same lettershave nosignificant differences based on LSD test at 1% probability level).

تعداد سنبلچه در سنبله: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سیستم‌های کشت و اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت بر تعداد سنبلچه در سنبله اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشت، ولی اثر عامل تنش بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت نشان داد که سیستم کشت مخلوط جو پاکوتاه - جو پابلند در شرایط آبیاری نرمال با تعداد میانگین ٤٥/٦٦ سنبلچه در سنبله و سیستم کشت خالص گندم پاکوتاه در شرایط تنش آبی با تعداد میانگین ١٤/٦٦ سنبلچه در سنبله به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله را به خود اختصاص دادند (جدول ٤). با توجه به نتایج این آزمایش سیستم کشت مخلوط جو پاکوتاه–جو پابلند در شرایط آبیاری نرمال، نسبت به سیستم کشت خالص جو پاکوتاه و همچنین، سیستم کشت خالص جو پابلند تفاوت معنی‌داری نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. شفرد و همکاران (۲۰۰۲)، بیان کردند که تنش خشکی شدید قبل از مرحله گرده‌افشانی تعداد سنبله، تعداد سنبلچه و باروری سنبلچه‌های باقی مانده را کاهش می‌دهد (۳۲).

وزن هزاردانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سیستم‌های کشت ($p\leq$۰/۰۵)، عامل تنش و اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت دارای اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن هزار دانه داشتند (جدول٤). اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه در کشت مخلوط گندم پابلند–تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال به میزان ٤٠ گرم به‌دست آمد و کم‌ترین وزن هزار دانه در کشت خالص گندم پابلند در شرایط تنش آبی به میزان ٢٨/٠٦ گرم به‌دست آمد (جدول ٥).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر عامل تنش و کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد غلات مختلف.

Table 4- Analysis of variance effect for the effect of stress and intercropping on yield and yield components of different cereals.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares							
		عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thousand seed weight	تعداد سنبلک در سنبله No. of spikelet per spike	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در بوته No. of spikes per plant	ارتفاع گیاه Plant height
تکرار Replication	2	1499629.46**	7.08^{ns}	6.71^{ns}	468143.6^{ns}	31.59^{ns}	0.262^{ns}	25767.80**	299.68**
تنش آبی Water Stress	1	36072538.51**	157.62**	6.0^{ns}	27136.3^{ns}	643.40**	0.463^{ns}	57165.06*	4.27^{ns}
خطای کرت اصلی Main plot error	2	248900.13	1.25	6.35	807648.2	2.61	0.64	1916.86	1.01
کشت مخلوط Intercropping	9	6006267.03**	18.85**	710.11**	35522506.7**	172.81**	19.86**	46909.89**	557.84**
تنش آبی× کشت مخلوط Water Stress × ntercropping	9	5134060.34**	42.38**	16.03*	19587088.7**	335.16**	0.46^{ns}	4193.51^{ns}	14.60^{ns}
خطا Error	36	161268705	7.15	7.42	524901.2	47.14	0.44	3119.31	17.76
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	20.19	7.45	9.93	5.26	15.13	8.86	9.75	4.78

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ns, * and** Indicated non-significant and significant at 5% and 1% , respectively.

این امر را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در کشت مخلوط گیاه، به‌دلیل رقابت کم تر، مقدار بیش تری مواد فتوسنتزی تولید می‌کند و به مصرف پر کردن دانه‌ها می‌رساند. در نتیجه مقدار زیادی آسیمیلات بین دانه‌ها توزیع می‌شود که موجب افزایش وزن آن ها می‌گردد. یافته‌های هوگارد و همکاران (۲۰۰٦) این نتایج را تایید می‌نماید (۳۳). وزن هزار دانه تابعی از شرایط محیطی در زمان پرشدن دانه و توانایی گیاه در تأمین مواد شیره پرورده برای مخزن می‌باشد. به نظر می‌رسد که ساختار کانوپی متفاوت دو گونه تریتیکاله و باقلا در کشت مخلوط در به دام انداختن تشعشع خورشیدی مفید بوده که این امر به دلیل افزایش جذب نور، بهبود وزن هزار دانه تریتیکاله در مقایسه با کشت خالص را به دنبال داشته است (۳٤). وزن هزار دانه نشان‌دهنده توانایی گیاه برای توزین و تقسیم مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست. علاوه بر این، وزن هزار دانه یک صفت ژنتیکی بوده که در ارقام مختلف متفاوت بوده و مقدار آن همچنین می‌تواند متأثر از شرایط محیطی دوران رسیدگی باشد (۳۵). در تحقیقی بر روی کشت مخلوط ارقام سویا، بیش‌ترین وزن صد دانه سویا در سیستم‌های کشت مخلوط ارقام در تراکم‌های بالا به‌دست آمد، به این علت که در تراکم‌های بالا رقابت درون‌گونه‌ای افزایش می‌یابد، لذا مواد فتوسنتزی بیش‌تری در اختیار دانه قرار می‌گیرد و این امر موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود (۳٦). کریم‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد

سلول آندوسپرم در قاعده و رأس سنبله شده و در نهایت از وزن دانه کاسته می شود (۳۷). تنش خشکی پس از گلدهی به علت کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تشدید تنش خشکی به علت افزایش حرارت دمای هوا باعث کوچک‌تر شدن اندازه و کاهش وزن دانه می‌گردد. البته باید متذکر شد که گیاه در مواجهه با تنش خشکی و برای جلوگیری از خروج آب، روزنه‌ها را می‌بندد که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد پرورده‌ای برای پر شدن دانه‌ها می‌شود که این امر موجب کاهش وزن دانه‌ها خواهد شد. امام و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم است که بسته به طول دوره و مرحله وقوع تنش به نحو متفاوت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین، ایشان اعلام کردند که کاهش وزن هزار دانه تحت شرایط تنش احتمالاً به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و دمای بالا طی روزهای انتهایی دوره رشد باشد (۳۸). میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) در آزمایشی که در گلخانه انجام گرفت بیان کردند که بیش‌ترین وزن هزار دانه در تیمار کشت مخلوط در شرایط آبیاری و کم‌ترین وزن هزاردانه در تیمار کشت خالص در شرایط تنش‌آبی می‌باشد (۳۹). گوتری و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که تنش آبی بر اجزای عملکرد بیش‌ترین اثر را در وزن دانه گندم داشته است (۴۰). آن‌ها بیان کردند که وزن هزار دانه در تنش متوسط آبی کاهش چندانی نداشته، اما در تنش شدید آبی ۱۸ درصد کاهش نشان داد (۴۱). لذا تنش خشکی از طریق کاهش وزن هزاردانه باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. پاک‌نژاد و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی روی ۱۲ رقم گندم زمستانه گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش شدید وزن هزار دانه و وزن دانه در هر سنبله شده است و همبستگی مثبت بین شاخص برداشت و عملکرد دانه دیده شده است (۴۲).

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت بر عملکرد بیولوژیک اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشت، ولی اثر عامل تنش بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول ٤). نتایج اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به سیستم کشت مخلوط جو پابلند – تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال با ۱۹٤۹۳/۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک در سیستم کشت خالص جو پاکوتاه در شرایط تنش آبی با ۹۳٦۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). به‌طورکلی، نتایج آزمایش نشان داد که سیستم کشت مخلوط جو پابلند - تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال نسبت به سیستم کشت خالص جو پابلند با ٥٤/٥٨ درصد و نسبت به سیستم کشت خالص تریتیکاله با ۱۳/۱۹ درصد افزایش عملکرد بیولوژیک را نشان داد (جدول ۵). میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که افزایش عملکرد بیولوژیک به ترتیب در سیستم‌های کشت مخلوط چهارتایی و کشت خالص تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش‌آبی نشان داده شد و همچنین، کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در سیستم‌های کشت خالص و سیستم‌های مخلوط دوتایی در شرایط آبیاری نرمال و تنش‌آبی مشاهده شد (٤۳). امام و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاهش فتوسنتز وکاهش انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (٤٤). اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک تیمارهای کشت مخلوط در کشت مخلوط ذرت با نخود بیش‌تر از تیمارهای کشت خالص است (٤٥). دریافت نور بیش‌تر، مصرف آب بیش‌تر و به‌طور کلی،

استفاده بیش‌تر از منابع توسط گیاهان در سیستم کشت مخلوط به عنوان اساس افزایش عملکرد بیولوژیـک در نظر گرفته شده است (٤٦).

جدول ٥ – برش‌دهی اثر متقابل عامل تنش و کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد غلات مختلف.

Table 5 - Cross-cutting of the effect of stress and intercropping on yield and yield components of different cereals.

تنش Stress	سیستم کشت Cropping system	تعدادسنبلچه در سنبله No. of spikelet per spike	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight(g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological Yield (kg ha^{-1})	شاخص‌برداشت (درصد) Harvest index (%)
تنش آبی Water Stress	جو پاکوتاه (Dwarf barley)	37.33 ^{cde}	37.2^{a-d}	9360^{e}	42.0^{ab}
	جو پابلند (Dall barley)	38.67 ^{bcd}	37.9^{a-c}	11340^{d}	41.6^{b}
	تریتیکاله(Triticale)	19.33 ^{g}	31.6^{def}	17032^{b}	37.0^{bc}
	گندم پاکوتاه (Dwarf wheat)	14.67 ^{g}	39.5^{ab}	13411^{d}	43.3^{ab}
	گندم پابلند(Tall wheat)	17 ^{g}	28.1^{f}	15810^{c}	39.7^{b}
	جو پاکوتاه+جو پابلند Dwarf Barley+Tall barley	37.33 ^{cde}	36.9^{a-d}	13780^{d}	41.0^{b}
	جوپاکوتاه+تریتیکاله Dwarf Barley+ Triticale	30.67 ^{f}	32.9^{c-f}	10315^{e}	39.9^{b}
	جوپابلند+ تریتیکاله Ball barley+ Triticale	30.66 ^{f}	35.7^{a-d}	12467^{d}	47.4^{a}
	گندم پاکوتاه+ تریتیکاله Dwarf wheat+ Triticale	17.67 ^{g}	34^{abc}	11250^{d}	45.8^{a}
	گندم پابلند+تریتیکاله Tall wheat+ Triticale	19 ^{g}	28.7^{ef}	15075^{c}	31.6^{c}
آبیاری نرمال Normal Irrigation	جو پاکوتاه (Dwarf barley)	43 ^{ab}	35.3^{a-d}	13013^{d}	39.8^{b}
	جو پابلند (Dall barley)	44 ^{a}	36.5^{a-d}	12610^{d}	43.8^{ab}
	تریتیکاله(Triticale)	19.33 ^{g}	39^{ab}	19243^{a}	47.3^{a}
	گندم پاکوتاه (Dwarf wheat)	15.67 ^{g}	37.7^{abc}	14960^{c}	49.9^{a}
	گندم پابلند(Tall wheat)	17.67 ^{g}	37^{a-d}	17170^{b}	47.3^{a}
	جو پاکوتاه+جو پابلند Dwarf Barley+Tall barley	45.67 ^{a}	32.7^{c-f}	15990^{bc}	38.4^{bc}
	جوپاکوتاه+تریتیکاله Dwarf Barley+ Triticale	31.33 ^{ef}	39.2^{ab}	15123^{c}	45.9^{a}
	جوپابلند+ تریتیکاله Ball barley+ Triticale	32.67 ^{def}	39.2^{ab}	19493.3^{a}	39.8^{b}
	گندم پاکوتاه+ تریتیکاله Dwarf wheat+ Triticale	18 ^{g}	37.7^{abc}	14200^{c}	51.6^{a}
	گندم پابلند+تریتیکاله Tall wheat+ Triticale	19.33 ^{g}	40^{a}	19150^{a}	49.4^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد نمی‌باشند.

Means with the same lettershave nosignificant differences based on LSD test at 1% probability

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت نشان می‌دهد که اثر عامل تنش، سیستم‌های کشت و اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت بر شاخص برداشت غلات مختلف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بودند (جدول ٤). نتایج اثر متقابل تنش در سیستم‌های کشت نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت در سیستم کشت مخلوط گندم پاکوتاه-تریتیکاله در شرایط آبیاری نرمال با ۵۱/٦ درصد به‌دست آمد و کم‌ترین شاخص برداشت در سیستم کشت مخلوط کشت مخلوط گندم پابلند – تریتیکاله در شرایط تنش‌آبی با ۳۱/٦ درصد مشاهده شد (جدول ۵). میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) به ترتیب بیش‌ترین شاخص برداشت را در سیستم‌های کشت خالص با میانگین ۵۲ درصد و سیستم‌های کشت مخلوط چهارتایی با میانگین ٥٤ درصد در شرایط آبیاری و تنش‌آبی بیان کردند؛ همچنین، کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب در سیستم‌های کشت مخلوط چهارتایی با میانگین ۵۰ درصد و سیستم های کشت خالص با میانگین ٤۳ درصد در شرایط آبیاری نرمال و تنش‌آبی را گزارش کردند (٤۷). بخشنده و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیان کردند که با کاهش دسترسی به آب، شاخص برداشت دچار کاهش می‌شود (٤۸). نورمند و همکاران (۲۰۰۱) نیز دلیل کاهش شاخص برداشت لاین‌های گندم در شرایط تنش‌آبی را کاهش در تمام اجزای عملکرد اقتصادی مخصوصا تعداد دانه و تعداد سنبله بیان کردند (٤۹). هم فیض‌آبادی و امام وردیان (۲۰۱۱) ارزیابی کشت مخلوط ژنوتیپ‌های گندم پیشنهاد کردند که بیش‌ترین شاخص برداشت در سیستم‌های کشت مخلوط دو ژنوتیپ به‌دست آمد (۵۰). افزایش شاخص برداشت در این تیمارها ممکن است به دلیل بیش‌تر بودن عملکرد دانه در این تیمارها باشد. شاخص برداشت نشان‌دهنده سهم مواد فتوسنتزی در پر کردن دانه است (۵۱). امام و همکاران (۲۰۰۷) نیز کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (۵۲).

ضریب همبستگی: نتایج همبستگی صفات در جدول ٦ آورده شده است. در شرایط آبیاری نرمال بین عملکرد دانه با صفاتی شامل عملکرد بیولوژیک ($r=$ ۰/۸٤۷**) و وزن هزاردانه ($r=$ ۰/۷۱۲*) به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ٦). بنابراین، هر چه صفت مذکور افزایش یابد به تبع آن عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که تشکیل می‌شود، همبستگی مثبت نشان می‌دهد که وزن هزاردانه به عنوان یک عامل تعدیل کننده توانسته است کاهش سایر اجزا را به نوعی جبران کند. میردورقی و همکاران (۲۰۲۰) همبستگی مثبت بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه را در گندم دوروم گزارش کردند (۵۳). بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار در شرایط آبیاری مطلوب به ترتیب بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک مشاهده شد (٥٤). عطارباشی و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای که روی گندم داشتند، نشان دادند که همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک وجود دارد (۵۵). همچنین، بین عملکرد دانه و تعداد سنبلچه در سنبله ($r=$-۰/۸۰۸**)، وزن هزاردانه و تعداد سنبلچه در سنبله ($r=$-۰/٦۳۹*) در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد بیشترین همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ٦). با توجه به نتایج، با افزایش تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه و وزن هزاردانه کاهش یافت. جعفرزاده (۲۰۰۸) در تحقیقی، علت همبستگی منفی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا ظهور سنبله را به این صورت توجیه کرد که هر چقدر لاین یا ژنوتیپی دیرتر وارد مرحله سنبله‌دهی و گرده‌افشانی شود بیش‌تر با دوره خشکی

و افزایش دمای آخر فصل مواجه خواهد شد و از طرفی طول دوره پر شدن دانه نیز کوتاه‌تر می‌شود که این عوامل باعث کاهش وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (٥٦). براساس نتایج به‌دست آمده، در شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه دارای بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بودندهمچنین،این موضوع می‌تواند به دلیل تنوع ژنتیکی بالا بین مخلوط غلات در صفات مورد مطالعه باشد و وزن هزاردانه به عنوان مؤثرترین و مهم‌ترین صفت بر عملکرد دانه می‌باشد. در شرایط تنش‌آبی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک ($r=0/792^{**}$) در سطح یک درصد بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ٦). میردورقی و همکاران (٢٠٢٠) گزارش کردند که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش‌آبی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک می‌باشد (٥٧). بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، صفت عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبتی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش‌آبی و آبیاری نرمال داشت. بنابراین، با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان پیشنهاد داد که به منظور رسیدن به عملکرد مطلوب‌تر در شرایط آبیاری نرمال و تنش‌آبی باید عملکرد بیولوژیک را افزایش داد.

جدول ٦- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری نرمال (پایین قطر) و تنش‌آبی (بالای قطر).

Table 6- Correlation coefficients of studied traits under normal irrigation conditions (below diameter) and water stress (above diameter).

	عملکرد دانه Grain yield	تعداد سنبلچه در سنبله No. of spikelet per spike	وزن هزاردانه 1000 Seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
عملکرد دانه Grain yield	1	-0.508^{ns}	-0.191^{ns}	0.792^{**}	0.107^{ns}
تعداد سنبلچه در سنبله No. of spikelet per spike	-0.808^{**}	1	0.489^{ns}	-0.581^{ns}	0.213^{ns}
وزن هزاردانه 1000 seed weight	0.712^{*}	-0.639^{*}	1	-0.560^{ns}	0.627^{ns}
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.847^{**}	-0.438^{ns}	0.514^{ns}	1	-0.520^{ns}
شاخص برداشت Harvest index	0.584^{ns}	-0.871^{*}	0.572^{ns}	0.069^{ns}	1

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ٥ و ١ درصد می‌باشند.

ns, * and** Indicated non-significant and significant at 5% and 1% , respectively.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه اهمیت سیستم‌های مخلوط را تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش‌آبی نشان می‌دهد و با توجه به کاهش بارندگی‌ها و ادامه‌ی روند خشک‌سالی در کشور و به‌خصوص در مناطق جنوبی، انجام تحقیقات متعدد برای یافتن راهکارهای اساسی و مقابله با این مشکل ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌طور کلی، کشت مخلوط یکی از راهکارهای ثبات عملکرد در طولانی مدت می‌باشد و باید برای دست‌یابی به نتایج بهتر در طی سالیان متمادی از آن استفاده کرد.همچنین، با توجه به شرایط مذکور استفاده از کشت مخلوط و راهکارهای انجام آن را برای کشاورزان ترویج نمود.

منابع

1. FAO. 2016. Food and agriculture: key to achieving the 2030 agenda for sustainable development. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Retrieved from http://www.fao.org/ 3/a-i5499e.
2. FAO. 2016. Food and agriculture: key to achieving the 2030 agenda for sustainable development. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Retrieved from http://www.fao.org/ 3/a-i5499e.
3. Firouzi, M.A. and Hsiri, A. 2016. Investigating the role of agriculture in sustainable rural development (case study: Bardkhoon Borough of Deir City). J. Geogr. Urban. Plan. Zagros. Lands. 8: 27. 126-140. (In Persian)
4. Ghorbani, S., Anvari Rostami, A.A., Xezri, T. and Ahmadian, V. 2017. Investigate the relationship between liquidity, disclosure quality and firm value based on the system of simultaneous equations. Account. Audit. Res. 35: 107-128. (In Persian)
5. Zahedi, S. 2010. Sustainable development. Samt Press. Tehran.
6. Thorsted, M.D., Olesen, J.E. and Weiner, J. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/clover intercropping. Field. Crop. Res. 95:2-3. 280-290.
7. Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A. and Vlachostergios, D.N. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Aust J Crop Sci. 5: 396-410.
8. Rizza, F., Badeck, F.W., Cattivelli, L., Lidestri, O., Fonzo, N.d. and Stance, A.M. 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. Crop Sci. 6: 2127-2137.
9. Mazaheri, D. 1996. Supportive production in intercropping. 4th Iran. Cong. Agric. Sci. Plan. Breed. Isfahan University of Technology.
10. Ariel, C.E., Eduardo, O.A., Benito, G.E. and Lidia, G. 2013. Effects of two plant arrangements in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) intercropping on soil nitrogen and phosphorus status and growth of component crops at an Argentinean Argiudoll. Int J. Agric For. 1:2. 22-31.
11. Hashemi Dezfuli, A., Koocheki, A. and Banayan, M. 1998. Maximizing crop yields. Mashhad University Press. 287 p.
12. Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Shiraz University Press. 192 p (In Persian).
13. Nazeri, M., Beheshti, A., Zarefizabad, A. and Hashemi, H. 2004. Effect of mixed cropping with different seeding rate on yield and agronomic traits of wheat cultivars. Proceeding of 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding. University of Guilan Iran. Pp: 15-29. (In Persian)
14. Rashed mohasel, M., Hosseini, M., Abdi, M. and Malafilapi, M. 1998. Cereal cultivation. Mashhad University Press. 406 p.
15. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S. and Behpoori, A. 2020. The effect of water stress on shoots, roots and yield of durum wheat in intercropping of genotypes. J. Environ stress agric sci. 97-108. (In Persian)
16. Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. Agric. Water Manag. 17: 1. 215-231.
17. Ansari, M.A., Rana, K.S., Ansari, M.H., Baishya, L.K., Babu, S., Das, A. and Hari, O.M. 2014. Effect of transpiration suppressants and nutrients under rainfed conditions: An integral view on crop productivity and biological indices in millet/pulses intercropping system. Afr J. Agric. 9: 3. 334- 344.
18. Rastegar, M. 1992. Dry farming. Birjand University Press. 250 p. (In Persian).
19. Alizadeh, A. 2006. Irrigation systems design. Emam Reza University Press. 286p.
20. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. P 891-901. In: C.A Black (eds), Methods of soil analysis. Part 2. America Society of Agronomy. Madison.
21. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ.939 p.

22. Helmeke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. P. 551-574. In: D.L Sparks (eds). Method of soil analysis. Part III. 3rd Ed. Am Soc Agron, Madison. WI.
23. Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter: Loss-on ignition method. P 1004. In: D.L. Sparks, et al (eds). Methods of soil analysis. Part 3. 3rd ed. American Society of Agronomy. Madison. WI.
24. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S., Behpoori, A. and Dastfal, M. 2020. The study of row mixed cropping in durum wheat (Triticum durum) genotypes on yield and Yield components at post-flowering water stress conditions. J Plant Prod Res. 27: 1. 179-196 p (In Persian).
25. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S. and Behpoori, A. 2020. The effect of water stress on shoots, roots and yield of durum wheat in intercropping of genotypes. J. Environ stress agric sci. 97-108. (In Persian)
26. Afzali, S. 2014. Effects of genetic diversity and nitrogen fertilizers on weed competition in wheat crop system. MSc Thesis of Shiraz University.
27. Faizabadi, A. and Emamverdian, A. 2011. Evaluation of the effect of intercropping of cultivars on agronomic characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). J Agroecol. 4: 2. 144-150. (In Persian)
28. Samarah, N.H. 2005. Effect of drought stress on growth and yield of barley. Agron Sustain Dev J. 25: 145-149.
29. Beladi, A., Hadjel, M. and Hassini, N. 2012. Effect of drought on winter wheat yield in a semiarid region. P 301-307. In: P. Gastescu., J.R. Lewis. and P. Etro Bretcan (eds.), Water resources and wetlands. Proceedings of a symposium on wheat. 14-16 September 2012. Tulcea. Romania.
30. Motzo, R. and Giunta, F. 2007. The effect of breeding on the phonology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars. Eur J Agron. 26: 4. 462-470.
31. Pirasteh Anousheh, H. and Emam, Y. 2012. Manipulation of morpho-physiological traits of bread wheat and pasta wheat using growth regulators under different irrigation conditions. J. Crop Prod Process. 5: 29-69. (In Persian)
32. Shepherd, A., Cinn, S.M.C., Cinn, M. and Yescure, G.C.L. 2002. Simulation of the effect water shortage on the yields of winter wheat in north- east England. J Plant Physiol. 147:1. 41-52.
33. Hauggaard–Nielsen, H., Andferson, M.K., Jqrnsgaard, B. and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in peabarley intercrops. Field Crop. 95:2-3. 256-267.
34. Asadi, Gh.A. and Khorramdel, S. 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Electron J Crop Prod. 7: 1. 131-156. (in Persian)
35. Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A. and Abbasian, A. 2011. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari. J Agroecol. 5: 39-49. (In Persian)
36. Taghizadeh, M.S. and Koocheki, A. 1994. Effects of density and different planting ratios in intercropping on yield and yield components of soybean cultivars. J Agric Sci Technol. 2: 33-43.
37. Karimzade, H., Emam, S.Y. and Muri, S. 2012. Responses of yield, yield components and tolerane indices in bread and durum wheat cultivas to post-anthesis drought stress. Ir J Field Crop Sci. 43: 1. 151-162. (In Persian)
38. Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Shiraz University Press. 192 p. (in Persian)
39. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S. and Behpoori, A. 2020. The effect of water stress on shoots, roots and yield of durum wheat in intercropping of genotypes. J. Environ stress agric sci. 97-108. (In Persian)
40. Guttieri, M.J., Stark, J.C., Brien, K. and Souza, E. 2006. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. J. Crop Sci. 41: 327-335.
41. Guttieri, M.J., Stark, J.C., Brien, K. and Souza, E. 2006. Relative sensitivity of

spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. J. Crop Sci. 41: 327-335.
42. Paknezhad, F., Majidi, A., Nourmohammadi, Gh., Sayyidat, A. and Vazan, S. 2007. Evaluation of the effect of drought stress on the traits affecting the accumulation of grain material in different wheat cultivars. J Agric Sci. 13: 1. 137-148. (In Persian).
43. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S., Behpoori, A. and Dastfal, M. 2020. The study of row mixed cropping in durum wheat (*Triticum durum*) genotypes on yield and Yield components at post-flowering water stress conditions. J Plant Prod Res. 27: 1. 179-196 p (In Persian)
44. Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Shiraz University Press. 192 p (In Persian)
45. Eskandari, H. and Kazemi, K. 2011. Weed Control in maize-cowpea Intercropping system related to environmental resources consumption. Notr Sci Biol. 3:1. 57-60.
46. Eskandari, H. and Ghanbari, A. 2009. Intercropping of maize and cowpea as wholecrop forage: effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. Notul Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca. 37: 2. 152-155.
47. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S., Behpoori, A. and Dastfal, M. 2020. The study of row mixed cropping in durum wheat (*Triticum durum*) genotypes on yield and Yield components at post-flowering water stress conditions. J Plant Prod Res. 27: 1. 179-196 p (In Persian).
48. Bakhshandeh, A., Fard, S. and Naderi, A. 2003. Evaluation of grain and grain yield components and some agronomic traits of spring wheat genotypes under limited irrigation condition in Ahwaz. Pajouh. Sazand. 16: 4. 57-65. (in Persian)
49. Nourmand, F., Rostami, M.A. and Ghannadha, M.R. 2001. A study of morpho-physiological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.), relationship with grain yield under normal and drought stress conditions. Ir J. Agric Sci. 32:4. 785-794.
50. Faizabadi, A. and Emamverdian, A. 2011. Evaluation of the effect of intercropping of cultivars on agronomic characteristics and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). J Agroecol. 4: 2. 144-150. (In Persian)
51. Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Shiraz University Press. 192 p (in Persian)
52. Emam, Y. 2004. Cereal cultivation. Shiraz University Press. 192 p (in Persian)
53. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S. and Behpoori, A. 2020. The effect of water stress on shoots, roots and yield of durum wheat in intercropping of genotypes. J. Environ stress Agri. Sci. 97-108. (In Persian)
54. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S., Behpoori, A. and Dastfal, M. 2020. The study of row mixed cropping in durum wheat (*Triticum durum*) genotypes on yield and Yield components at post-flowering water stress conditions. J. Plant Prod Res. 27: 1. 179-196 p (In Persian).
55. Attarbashi, M.R., Galeshi, S., Soltani, A. and Zeinali. E. 2002. Relationship of phenologyand physiological traits with grain yield in wheat under rainfed conditions. Ir. J. Agric. Sci. 33: 1. 21-28. (In Persian)
56. Jafarzadeh, J. 2008. Checking the compatibility and stability of cultivars grain yield and advanced lines of bread wheat in uniform national tests temperate rainfed. Annual Report. Country Dryland Agricultural Research Institute. (In Persian)
57. Mirdoraghi, M., Taghizadeh, M.S., Behpoori, A. and Dastfal, M. 2020. The study of row mixed cropping in durum wheat (*Triticum durum*) genotypes on yield and Yield components at post-flowering water stress conditions. J Plant Prod Res. 27: 1. 179-196 p (In Persian).