Plant Prod., 2023, 46(3), 367-380
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43212.2091
Received: 4 May 2023
Accepted: 1 August 2023

Plant Productions

Research Article

Reducing the physiological effects of heat stress at the end of the growing season by using boron in three varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.)

Seyyed Mohammad Mola [1], Mohammad Reza MoradiTelavat [2*], Ali Moshattati [3], Ali Ghatei[4], Nafiseh Rangzan [5]

1. M.Sc. Graduate of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran

3,4. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran

5. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran

Citation: Mola. S.M., MoradiTelavat, M.R., Moshattati. A., Ghatei. A., & Rangzan. N., (2023) Reducing the physiological effects of heat stress at the end of the growing season by using boron in three varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.) *Plant Productions*, 46(3), 367-380.

Abstract

Introduction

Among the most common problems and stress in the conditions of Khuzestan province, heat stress at the end of the season and the deficiency of nutrients, which occurs in different periods of rapeseed growth, depending on their severity, causes physiological and metabolic disorders and ultimately reduces the yield of rapeseed plants with different intensity depending on the type of plant genotype, they affect

Materials and Methods

With the aim of evaluating the growth and yield response of rapeseed cultivars (Brassica napus) to boron element levels in late season heat stress conditions caused by late sowings dates, this study was carried out in a split-split plot arrangement in the form of a randomized complete block design with three replications. The expeiment was carried out in the crop year of 2021-2022 in the research farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Sowings dates (November 21, December 11, and December 31) in the main plots, four levels of boron (zero, 4, 8, and 12 kg/ha) in the subplots and rapeseed cultivars (RGS, Zafar, and Saffar) in the sub-sub-plots were investigated.

* **Corresponding Author:** Mohammad Reza MoradiTelavat
E-mail: r. moraditelavat@asnrukh.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Results and Discussion

The results of the research showed that sowing date and end of season heat stress in Khuzestan conditions had a significant effect on most of the studied physiological traits, seed yield and biological yield. In addition, the effect of boron on traits such as leaf area index, leaf area ratio, and relative moisture content of leaf water, leakage of electrolytes, grain yield and biological performance was significant. The triple interaction effect of planting date, boron and variety was also significant on traits such as relative moisture content of leaf water, leakage of electrolytes, grain yield, and biological performance. So that with the delay in planting and the consequent increase in temperature and heat stress at the end of the season in the period of growth of the rapeseed plant, it causes a decrease in traits such as leaf area index, relative moisture content of leaf water, leaf area ratio, leaf specific area, seed yield and biological yield. And conversely, due to the heat stress at the end of the season, the leakage of electrolytes and the canopy temperature increased significantly. In general, the highest seed yield was obtained in Safar variety on the sowing date of December 11 and the boron level was 4 kg/ha with an average of 4590 kg/ha. Also, the highest average leaf area index was observed on the first sowing date and Safar variety with an average of 5.43 and the lowest value was observed on the third sowing date and Safar variety with an average of 2.11. It was also observed that the application of boron caused a significant decrease in the leaf area index in all three studied cultivars. This issue can indicate the lower need of boron consumption of the studied cultivars in this experiment.

Conclusion

In general, the heat stress at the end of the season, which occurs in different periods of rapeseed growth, especially the seed filling period, depending on its intensity, causes physiological disorders in the plant and finally affects the grain yield with different intensity and depending on the genotype of the plant. The analyzed rapeseed genotypes also showed tolerance to different levels of boron element in the heat stress conditions of the end of the season and showed different reactions with different amounts of boron consumption per hectare.

Keywords: Grain yield, Heat stress, Khuzestan, Leakage of electrolytes, Leaf area index

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ٤٦(۳)، ۳٦۷-۳۸۰
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43212.2091
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۰

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

کاهش آثار فیزیولوژیک تنش گرمایی آخر فصل رشد با مصرف بور در سه رقم کلزا

سید محمد مولی[۱]، محمد رضا مرادی تلاوت[۲*]، علی مشتطی[۳]، علی قاطعی[۳]، نفیسه رنگ‌زن[۵]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگروتکنولوژی -گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۳،۴- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۵- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

چکیده

با هدف ارزیابی واکنش رشد، فیزیولوژی و عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) به سطوح عنصر بور در شرایط تنش گرمای آخر فصل ناشی از تاریخ‌های کاشت دیرهنگام در شرایط آب و هوایی ملاثانی- اهواز، این مطالعه به صورت اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱٤۰۱-۱٤۰۰ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. تاریخ‌های کاشت مورد بررسی شامل سه تاریخ کاشت (۳۰ آبان (شاهد)، ۲۰ آذر و ۱۰ دی‌ماه) در کرت‌های اصلی، چهار سطح مصرف بور از منبع اسید بوریک (صفر، ٤، ۸ و ۱۲ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی و ارقام کلزا (RGS (میان‌رس)، ظفر (میان‌رس) و صفار (زودرس)) در کرت‌های فرعی- فرعی بودند. نتایج پژوهش نشان داد، تاریخ کاشت و تنش گرمای آخر فصل اثر معنی‌دار بر اغلب صفات مورد بررسی داشت. اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی مورد بررسی بر اغلب صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار شد. این موضوع نشان‌دهنده تغییرپذیری قابل‌توجه ویژگی‌های رشد و عملکرد کلزا به تاریخ کاشت و مصرف بور در بین ارقام مختلف مورد بررسی بود. در این آزمایش هم‌چنین اثر بور بر صفاتی از جمله شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، معنی‌دار شد. اثر متقابل سه گانه نیز بر اغلب صفات مورد بررسی معنی‌دار شد. به طوری که با تأخیر در کاشت و به تبع آن افزایش دما و وقوع تنش گرمای آخر فصل در دوره‌های زایشی و حساس گیاه کلزا، موجب کاهش شاخص سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی برگ، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ، عملکرد دانه و بیولوژیک گردید، در مقابل، اثر تنش گرمای آخر فصل، نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های برگ و دمای سایه‌انداز گیاهی را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه به رقم صفار در تاریخ کاشت ۲۰ آذر با سطح بور ٤ کیلوگرم در هکتار با میانگین ٤۵۹۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. بیشترین میانگین شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول و رقم صفار مشاهده شد. کاربرد بور به طور معنی‌داری شاخص سطح برگ در هر سه رقم مورد بررسی کاهش داد که این نشان‌دهنده نیاز کمتر ارقام مورد بررسی در این آزمایش به مصرف بور بود. به طور کلی تنش گرمای آخر فصل، بسته به شدت آن موجب ایجاد اختلالات فیزیولوژیک از جمله رطوبت نسبی برگ (RWC)، پایداری غشا و دمای سایه‌انداز گیاه شد و در نهایت عملکرد

دانه را با شدت متفاوت و بسته به نوع ژنوتیپ گیاه، تحت تاثیر قرار داد. بر اساس نتایج بدست‌آمده می‌توان گفت که مصرف بور در مزارع کلزا مخصوصا در نواحی گرمسیری می‌تواند روشی موثر در مقابله با تنش گرمای آخر فصل در نظر گرفته شود و از کاهش عملکرد دانه و عملکرد روغن در واحد سطح جلوگیری نماید.

کلیدواژه‌ها: تنش گرما، خوزستان، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان مهمترین گیاه دانه روغنی زراعی در مناطق معتدل است. درصد روغن بالای دانه کلزا و هم‌چنین ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیر اشباع و غلظت کم اسید اروسیک و گلوکوزینولات‌ها در ارقام اصلاح شده، تسلط آن را بر بازارهای جهانی فراهم کرده است (Gregor, 2006; Moradi Telavat and Kimber and Siadat, 2012). مشکلاتی از قبیل گرمای آخر فصل و کمبود عناصر ریز مغذی مانند بور باعث اختلالات فیزیولوژیک و در نهایت کاهش عملکرد کلزا می‌شود که از عوامل مهم محدودکننده‌ی تولید محسوب می‌شود (Doori *et al*., 2014; Moradi Telavat *et al*., 2016). ارقام متنوع کلزا امکان کشت پاییزه و بهاره آن را در بسیاری از مناطق فراهم می‌کند. با این وجود، افزایش دما در مرحله گلدهی اثر منفی معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دارد (Kazemi., 2014). معمولا ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تنش گرمایی همانند شرایط تنش آبی واکنش متفاوتی از خود نشان می‌دهند و برخی از ارقام نسبت به سایر ارقام مقاومت و برتری بیشتری از نظر صفات عملکرد و اجزای عملکرد دارند (Eyni Nargeseh *et al*., 2019; Moradi Telavat *et al*., 2016). تنش گرما اثر منفی و کاهنده بر درصد محتوای نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، پایداری غشا و شاخص سطح برگ گیاه کلزا داشته است (Moradi Telavat *et al*., 2016). تاخیر در کاشت و افزایش میانگین دمای فصل رشد باعث کاهش طول مراحل نمو از جمله دوره آغازش برگ می‌شود، لذا تعداد برگ‌ها کاهش می‌یابد (Hey and Walker, 2004). تنش گرما بر فرآیندهای فیزیولوژیک متعددی نظیر فتوسنتز، تنفس، خاصیت نیمه تراوایی غشای سلول، تخریب پروتئین ها و آنزیم‌های درون گیاه تاثیر گذار است (Larcher, 2011). تنش گرما محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب برگ، هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Farooq *et al*., 2009). Lack and Khayat. (2012) با بررسی تاریخ کاشت دیرهنگام بر کلزا گزارش کردند که تاخیر در کاشت باعث کاهش سطح برگ می‌شود. به طوری که با تاخیر ۴۵ روزه در کاشت، کاهش حدود ۲۰ درصدی را در پی داشت (Malcolm *et al*., 2002).

در میان عناصر کم مصرف، بور اهمیت زیادی در رشد و عملکرد گیاهان خانواده براسیکاسه از جمله کلزا دارد (Moradi Telavat and Fathi, 2007). بور در فرایندهای انتقال مواد فتوسنتزی و تلقیح گل‌ها نقش دارد. کمبود این عنصر موجب استقرار ضعیف بوته‌های کلزا در نتیجه کاهش رشد اندام‌هوایی و ریشه گیاهچه‌های کلزا می‌گردد. (Moradi Telavat *et al*., 2008). بور جزو عناصر کم‌مصرف است، محدوده‌ی غلظت بحرانی آن اندک و به همین دلیل ممکن است تنش غیرزنده‌ی بور در برخی ارقام یک گونه‌ی خاص واکنش‌های متفاوتی ایجاد کند (Moradi Telavat and Fathi, 2007). نتایج تحقیق Pommerrenig *et al*. (2018) نشان داد که بعضی از ارقام متحمل به کمبود بور می توانند با مقدار بسیار محدود بور رشد کنند و راندمان مصرف بور بالاتری دارند. James Stangoulis *et al*. (2001) طی آزمایشی با اعمال اسید بوریک روی برگ‌های بالغ گزارش نمودند، تنها در بعضی از ارقام انتقال مجدد بور از برگ‌های مسن به برگ‌های جوان‌تر انجام می‌شد که نشان دهنده وجود مکانیسم‌های متعدد، برای کارایی بور در کلزا است. در آزمایشی Bahmani *et al*. (2020) بیان داشتند که کمبود بور باعث کاهش تولید ماده خشک گیاهان و اختلال در رشد برگ‌های جوان می‌شود. به طور کلی با توجه به شرایط خوزستان و بروز تنش گرمای آخر فصل همراه با تنش غیرزنده

کمبود بور، که موجب ایجاد اختلال در رشدگیاه کلزا می شوند، این پژوهش با هدف بررسی واکنش سه رقم کلزا به سطوح عنصر بور در شرایط تنش گرمای آخر فصل در راستای تقاضای تدابیر مدیریتی درست از قبیل تاریخ کاشت به موقع و انتخاب سیستم تغذیه‌ای مناسب جهت بالا بردن تحمل گیاه به تنش‌ها و رسیدن به پتانسیل بالای عملکرد انجام گردید. در این منطقه، افزایش دمای هوا در اسفندماه به بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند سبب اختلال در فرایند گرده‌افشانی و تشکیل عملکرد در این محصول شود. تاخیر در کاشت و یا طول دوره رویشی زیاد می‌توانند برخورد این مرحله حساس از رشد گیاه با تنش گرمای آخر فصل را تشدی نماید. از طرفی مصرف عنصر بور به عنوان یک عنصر کم‌مصرف مهم در تغذیه خانداه کلمیان نیز اهمیت زیادی در انتقال دانه گرده هنگام تلقیح گل‌ها دارد که بررسی مجموع عوال مذکور اهداف این آزمایش را تشکیل می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، در ملاثانی در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا طراحی و اجرا گردید. آمار هواشناسی ایستگاه اهواز و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و ۲ آمده است.

آزمایش به صورت اسپلیت-اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. در این آزمایش واکنش ارقام کلزا به سطوح بور تحت تنش گرمای آخر فصل، به صورت آزمایش مزرعه‌ای با سه تاریخ کاشت (D1: ۳۰ آبان (شاهد)، D2: ۲۰ آذر و D3: ۱۰ دی‌ماه) به عنوان عامل اصلی درکرت های اصلی، چهار سطح بور (B0: صفر، B1: ۴، B2: ۸ و B3: ۱۲ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی و سه رقم کلزا (RGS (میان‌رس)، ظفر (میان‌رس) و صفار (زودرس)) در کرت‌های فرعی-فرعی اجرا گردید. ویژگی‌های ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۳ آمده است. کود بور از نوع اسید بوریک (۱۷ درصد بور) قبل از کاشت با خاک در کرت‌های مورد نظر با روتیواتور دستی مخلوط شد. با توجه به روش مصرف کود در تیمارهای مختلف، کشت به صورت مسطح در هر کرت انجام شد. در هر کرت ۸ خط کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از همدیگر و به طول چهار متر در نظر گرفته شد. تراکم بوته حدود ۸۰ بوته در مترمربع بود که عملیات تنک جهت رسیدن به این تراکم در مرحله چهاربرگی (چهار برگ حقیقی) انجام شد. آبیاری به صورت کرتی و بر اساس نیاز گیاه صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی در چندین مرحله تا مرحله گل‌دهی انجام شد.

برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI)، بعد از جدا نمودن برگ‌ها از همه نمونه‌ها عکسبرداری انجام گردید و سطح برگ آنها با پردازش تصویر به وسیله نرم‌افزار دیجی‌مایزر (digimizer)، محاسبه و با تقسیم آن بر واحد سطح زمین شاخص سطح برگ محاسبه گردید.

نسبت سطح برگ (LAR) نشان دهنده میزان پربرگی یک گیاه است (رابطه ۱) (Koocheki and Sarmadnya., 1989). سطح ویژه برگ (SLA) عبارت است از، نسبت سطح برگ به وزن خشک آن است و بر حسب سانتی‌مترمربع برگرم بیان می‌شود (رابطه ۲) (Koocheki and Sarmadnya., 1989).

$$LAR = LA/TDW \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$SLA = LA/ LW \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این روابط، LA نشان‌دهنده مساحت برگ‌ها در هر نمونه، TDW کل ماده خشک تولیدی در هر نمونه و LW وزن برگ‌ها در هر نمونه بود. اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها در مرحله گلدهی به روش Lutts *et al.* (1996) و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی تعیین شد. محتوای رطوبت نسبی (RWC) از روش Barr and Weatherley (1962) استفاده شد.

Table 1. Meteorological statistics of the station of Da'abal Ahvaz Sugarcane Cultivation Company during the experimental months in the crop year 2021-2022

Month	Maxtemperature (^{0}c)	Min temperature (^{0}c)	Precipitation (mm)	Evaporation (mm)
November	31.3	15.2	8.7	152.7
December	23.7	10.7	44.1	87.8
January	18.2	6.8	65.1	55.3
February	20.6	6.5	13.4	93.6
March	25.1	11.7	4.3	147.4
April	32.5	14.7	0	231.0
May	36.3	20.1	9.8	302.68

Table 2 Physical and chemical characteristics of the soil of the experimental field (0-30 cm depth) at the time of the start of the experiment

Soil (%)	Soil (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	pH	EC (dS/m)	O.C (%)
amount	Silty clay loam	16	52	32	0.032	11.9	119	7.94	2.55	0.38

Table 3. Characteristics of investigated rapeseed cultivars

Characteristics	RGS	Zafar	Saffar
Growth period	Early maturing	Mean maturing	Early maturing
Growth type	Spring	Spring	Spring
Plant height	175 cm	195 cm	137 cm
Grain yield (Average) (kg/ha)	3773	3046	2161
Origin	Germany	Iran	Iran

به منظور اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز، از دستگاه دماسنج (ترمومتر) مادون قرمز استفاده شد. دمای سایه انداز در مرحله‌ی گلدهی، در بین ساعت‌های ۱۱ تا ۱۴ روزهای آفتابی و بدون وزش باد و سه تا چهار روز پس از آبیاری مرزعه اندازه‌گیری شد (Ayenh *et al.*, 2002). در هنگام اندازه‌گیری دمای سایه‌انداز، دماسنج با زاویه ۳۰ درجه نسبت به سطح افق در فاصله حدود نیم متر از سطح گیاه برای اندازه‌گیری دمای بالای سایه‌انداز و نیم متر فاصله از کف سایه‌انداز برای اندازه‌گیری دمای پایین سایه‌انداز قرار گرفت. جهت محاسبه عدد کلروفیل‌متر (SPAD) از دستگاه کلروفیل‌متر استفاده شد (Abbasi *et al.*, 2009). تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با یادداشت برداری تعداد روزها از تاریخ کاشت تا رسیدن به ۵۰ درصد غنچه‌دهی، گلدهی کامل و رسیدگی فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد، بوته‌های کلزا از دو خط وسط کرت پس از حذف نیم‌متر حاشیه از طرفین کرت برداشت شدند و در مرحله بعد با جداکردن دانه‌ها، عملکرد دانه بر حسب ۹ درصد رطوبت دانه محاسبه گردید (Fathi *et al.*, 2010) تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام شد. در خصوص صفاتی که تحت اثر متقابل معنی‌دار قرار گرفتند، مقایسه میانگین‌ها بر اساس برش‌دهی اثر متقابل انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی کامل

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۴۳) در تاریخ کاشت اول و رقم صفار و کمترین شاخص سطح برگ (۲/۱۱) در تاریخ کاشت سوم و رقم صفار مشاهده شد (جدول ۴). شاخص سطح برگ تحت اثر تاخیر در کاشت به شدت کاهش یافت. در تاریخ کاشت اول با توجه به فراهم بودن فرصت رشد کافی، واکنش متفاوت

ارقام مشاهده گردید و بالعکس در تاریخ کاشت ۱۰ دی با کم شدن دوره رشد و مصادف شدن با تنش گرمای آخر فصل، علاوه بر واکنش کمتر به سطوح عنصر بور ، این شاخص به طور معنی‌داری کاهش یافت.

مقایسه میانگین‌ها بر اساس برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که کمترین شاخص سطح برگ (۳/۴۱) در سطح بور ۱۲ کیلو گرم در هکتار که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. از طرفی بیشترین آن در سطح بور صفر با میانگین ۴/۱۵ مشاهده شد (جدول ۴). بر این اساس بر خلاف مطالعه Kazemi *et al*. (2014) کاربرد بور سبب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در هر سه رقم مورد بررسی شد. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده نیاز کمتر ارقام مورد بررسی در این آزمایش به مصرف بور باشد. هم‌چنان که در مطالعه Moradi Telavat and Fathi. (2007) مشخص شد که واکنش رشد برخی ارقام کلزا به سطوح مصرف بور بر خلاف برخی دیگر از ارقام به صورت کاهشی بود.

نسبت سطح برگ (LAR)

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت و بور بر صفت نسبت سطح برگ معنی‌دار شد. بیشترین نسبت سطح برگ (۶۴/۱۷) در تاریخ کاشت اول در رقم صفار و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت سوم و رقم RGS با میانگین ۳۴/۱۶ مشاهده شد. از طرفی نسبت سطح برگ رقم صفار در تاریخ کاشت دوم و سوم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۵). به طور کلی مشخص شد که با تاخیر در کاشت و در اثر کاهش طول دوره رشد گیاه، سهم برگ‌ها در کل ماده خشک کمتر می‌شود و به بیان دیگر با وجود کاهش کلی ماده خشک، سطح و تعداد برگ‌ها نسبت به سایر بخش‌های رویشی گیاه کاهش بیشتری را تجربه کرده‌اند. این موضوع سبب می‌شود که در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، سطح برگ کمتری به ازای هر واحد ماده خشک گسترش خواهد یافت که می‌تواند در مراحل بعدی رشد بخصوص گل‌دهی و تشکیل خورجین‌ها سبب تولید فرآورده‌های فتوسنتزی کمتر و در نتیجه عملکرد دانه کمتری گردد. این موضوع با ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار نسبت سطح برگ با عملکرد دانه (جدول ۱۲) تایید می‌شود. هم‌چنین در تاریخ کاشت اول و سطح بور ۱۲ کیلوگرم در هکتار با تاریخ کاشت دوم و سوم مشاهده شد. سطح بور ۱۲ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت اول با میانگین ۴۸/۶۲ نسبت به سایر سطوح بور اختلاف آماری معنی‌دار و روند افزایشی وجود داشت (جدول ۶).

سطح ویژه برگ (SLA)

اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و بور بر سطح ویژه برگ معنی‌دار شد. رقم صفار در تاریخ کاشت ۱۰ دی با تاریخ کاشت اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود دارد به طوری که سطح ویژه برگ با میانگین ۱۴۳/۴ کمتر از تاریخ کاشت‌های اول و دوم است (جدول ۷). در تاریخ کاشت ۳۰ آبان بالاتر بودن سطح ویژه برگ نشان دهنده برگ‌های نازک‌تر بود. بیشترین سطح ویژه برگ در تاریخ کاشت اول و دوم، در رقم صفار بود. این موضوع با توجه به اینکه سطح ویژه برگ نسبت مستقیم با نسبت سطح برگ و در نتیجه سرعت رشد نسبی دارد، بنابراین مشخص می‌شود که کاهش رشد و ماده خشک در آزمایش حاضر با تاخیر در کاشت ارتباط مستقیم و منطقی با کاهش سطح ویژه برگ داشت (Larcher, 2011; Koocheki and Sarmadnya., 1989).

Table 4. Comparison of average leaf area index under the influence of planting date in cultivars

Sowing date	Cultivar		
	RGS	Saffar	Zafar
November 21	4.35^{ab}	5.43^{a}	4.24^{ab}
December 11	3.55^{ab}	3.81^{ab}	3.80^{a}
December 31	3.46^{ab}	2.11^{c}	2.96^{b}

Averages with common letters in each column and row do not have a statistically significant difference.

Table 5. Comparison of average leaf area index in boron levels

Boron (kg/ha)	leaf area index
0	4.153[a]
4	3.782[ab]
8	3.470[b]
12	3.417[b]

Averages with common letters in the column do not have a significant difference

Table 6. Comparison of average leaf area ratio (m^2/g) under the influence of planting date in cultivars

Sowing date	Cultivar		
	RGS	Saffar	Zafar
November 21	38.14[ab]	64.18[a]	38.33[ab]
December 11	37.55[a]	34.78[ab]	36.15[a]
December 31	34.16[a]	36.20[ab]	35.62[a]

Averages with common letters in each column and row do not have a statistically significant difference.

Table 7. Comparison of the average leaf area ratio (m^2/g) under the influence of planting date in each boron level

Sowing date	Boron levels (kg/ha)			
	0	4	8	12
November 21	45.26[a]	41.29[a]	41.62[a]	48.62[a]
December 11	40.35[a]	37.83[a]	35.30[a]	37.47[b]
December 31	35.07[a]	32.67[a]	35.33[a]	35.87[b]

Averages with common letters in the column do not have a statistically significant difference

Table 8. Mean comparison of Special leaf area (m^2/g) under the influence of planting date in cultivars

Sowing date	Cultivar		
	RGS	Saffar	Zafar
November 21	150.7[ab]	201.4[a]	144.0[ab]
December 11	139.0[ab]	194.9[a]	141.9[ab]
December 31	144.5[a]	143.4 [ab]	141.6[a]

Averages with common letters in each column and row do not have a statistically significant difference

دمای سایه انداز در مرحله گلدهی

اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر دمای سایه انداز معنی‌دار شد. در تاریخ کاشت ۱۰دی بیشترین دمای سایه‌انداز (حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد) در رقم RGS و بعد از آن در همان تاریخ کاشت، در رقم ظفر مشاهده شد. در تاریخ کاشت ۳۰آبان، رقم RGS کمترین دمای(۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد) را داشت (جدول ۹). هم‌چنین مشاهده شد رقم صفار در تاریخ کاشت ۱۰ دی، دمای سایه‌انداز کمتری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی دارد. دلیل این موضوع می‌تواند، دوره رشد کوتاه‌تر این رقم باشد (شکل ۱). دوره رشد کوتاه‌تر در این رقم سبب شد تا مرحله‌ی گل‌دهی از گرمای آخر فصل در اواسط اسفندماه در امان بماند و در نتیجه دمای سایه‌انداز نیز در مرحله گل‌دهی این رقم به طور معنی‌داری کمتر از ارقام دیگر مورد بررسی باشد. میزان رطوبت و وضعیت تعرق نقش مهمی در تنظیم دمای گیاه درشرایط تنش گرما دارد. تجزیه همبستگی صفات نیز نشان داد که دمای سایه‌انداز بیشترین همبستگی منفی را با صفات مطلوب

گیاه به‌خصوص عملکرد به خود اختصاص داد که اهمیت تعدیل دمای سایه‌انداز در شرایط مواجهه با تنش گرمایی را نشان می‌دهد (جدول ۱۱) (Doori *et al*, 2014 and Kazemi *et al*, 2014).

نشت الکترولیت‌ها

نشت الکترولیت‌ها تحت اثر متقابل معنی‌دار تاریخ کاشت، سطوح بور و رقم قرار گرفت. رقم صفار در تاریخ کاشت ۱۰دی و سطح بور صفر، بیشترین نشت الکترولیت‌ها و در نتیجه کمترین پایداری غشای سلول را داشت. کمترین میزان نشت الکترولیت‌ها نیز در هر سه رقم در تاریخ کاشت ۳۰ آبان و هم‌چنین رقم ظفر در تاریخ کاشت ۱۰ دی و دیگر تاریخ کاشت‌ها با سطح بور ۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. می‌توان این گونه تفسیر کرد که تاریخ کاشت و تنش گرمای آخر فصل نقش بسیار موثری در کاهش پایداری غشای سلول‌های برگ و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها از این سلول‌ها دارد. بدین گونه که رقم صفار کمترین پایداری غشای سلول را در تاریخ کاشت ۱۰ دی داشت. هم‌چنین با افزایش بور به مقدار ۸ کیلوگرم در هکتار علاوه بر حفظ و پایداری غشای سلول رقم ظفر در تاریخ کاشت اول، بلکه در تاریخ کاشت ۱۰ دی نیز کمترین نشت الکترولیت‌ها را در خود نشان داد (جدول ۱۰). بر اساس تجزیه همبستگی صفات نیز، نشت الکترولیت‌ها بعد از دمای سایه‌انداز، بیشترین همبستگی منفی را با صفات مطلوب حیات سلولی از جمله رطوبت نسبی برگ و در نهایت صفات مربوط به عملکرد از خود نشان داد (جدول ۱۱). این موضوع ناشی از آسیب‌های غشایی از طریق افزایش بیش از حد دمای محیط و سایه‌انداز ایجاد می‌شود. در مطالعات انجام‌شده توسط Doori *et al*. (2014); Moradi Telavat *et al*. (2016) و Kazemi *et al*. (2014) تاریخ کاشت تاثیر معنی‌داری بر پایداری غشای سلول داشت به طوری که تاریخ کاشت دیر هنگام و به تبع آن تنش گرما موجب کاهش پایداری غشا و افزایش نشت الکترولیت‌ها شد.

محتوای رطوبت نسبی آب برگ در مرحله گلدهی (RWC)

اثر متقابل تاریخ کاشت سطوح بور و رقم بر محتوی رطوبت نسبی آب برگ در مرحله گل‌دهی معنی‌دار شد. بیشترین درصد محتوای رطوبت نسبی آب برگ (حدود ۵۷ درصد) در تاریخ کاشت ۳۰آبان در رقم صفار با سطح بور ۱۲ کیلوگرم در هکتار، و کمترین درصد محتوای رطوبت نسبی آب برگ (۳۶/۶۳) در تاریخ کاشت ۱۰دی، رقم ظفر و سطح بور ۴ مشاهده شد. هم‌چنین در تاریخ کاشت ۱۰دی، رقم صفار با سطح بور صفر و بعد از آن در تاریخ کاشت ۲۰آذر در همان رقم صفار با همان سطح بور صفر، درصد محتوای رطوبت نسبی آب برگ کمی مشاهده شد (جدول ۱۰).

از آن جایی که مقدار نسبی آب برگ با حجم سلول رابطه دارد، یک بازتاب مناسبی از توازن میان عرضه آب به برگ، پتانسیل آب برگ و بالاخره وضعیت رطوبتی گیاه است (Martinez *et al*., 2005). با افزایش دمای هوا دمای برگ نیز افزایش می‌یابد. افزایش دمای برگ سبب می‌شود تا فشار بخار اشباع برگ به شدت بالا رود و در اثر افزایش اختلاف فشار بخار بین برگ و هوا سرعت تعرق نیز افزایش می‌یابد (Soltani and Faraji., 2007). آزمایش Moradi Telavat *et al*., (2016) نشان داد تاریخ کاشت تاثیر معنی‌داری بر محتوای رطوبت نسبی آب برگ داشت به طوری که تاریخ کاشت دیر هنگام و به تبع آن تنش گرما موجب کاهش درصد محتوای رطوبت نسبی آب برگ شد.

Table 9. Comparison of the average of Canopy temperature (CT) under the influence of sowing date in each cultivar by cutting method

Sowing date	Cultivar		
	RGS	Saffar	Zafar
November 21	19.56^{ac}	20.75^{ab}	20.47^{ac}
December 11	26.40^{ab}	21.16^{b}	26.52^{ab}
December 31	28.85^{a}	25.82^{ab}	28.60^{a}

Averages with common letters in each column and row do not have a statistically significant difference.

عملکرد دانه

اثر متقابل تاریخ کاشت، سطوح بور و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه (۴۵۹۰ در هکتار) در رقم صفار در تاریخ کاشت ۲۰ آذر و سطح بور ۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. از طرفی تاریخ کاشت ۱۰دی، رقم ظفر و صفار با سطح بور ۸ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب با میانگین ۸۴۰ و ۹۱۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۱۰). به طور کلی تاخیر در کاشت به دلایلی همچون کوتاه شدن دوره رویشی گیاه، کاهش تولید مواد فتوسنتزی، کاهش درجه روز رشد و از طرفی مواجهه با تنش گرمای آخر فصل طی مرحله گلدهی و پر شدن دانه، منجر به عقیم شدن و ریزش گلها و همچنین کوتاه شدن دوره زایشی و در نهایت کاهش عملکرد دانه شد (Moradi Telavat *et al*., 2016 and Kazemi, 2014). همچنین Nasef *et al*. (2006) بیان داشتند بور از راه افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگها، افزایش تجمع ماده‌خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی در اندامهای رویشی و اندامهای زایشی می‌شود. بور از طریق افزایش تعداد دانه در خورجین نسبت به شرایط عدم مصرف بور به طور معنی‌داری، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Moradi Telavat *et al*., 2016 and Kazemi *et al*. 2014).

عملکرد بیولوژیک

روند تغییرات عملکرد بیولوژیک و ماده خشک گیاه کلزا با تاخیر در کاشت، به صورت کاهشی بود. به طوری که در تاریخ کاشت ۳۰ آبان با توجه به فرصت رشد و نمو کافی و شرایط مناسب محیطی بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشت و از طرفی در تاریخ کاشت ۱۰ دی، به دلیل برخورد با تنش گرمای آخر فصل و کوتاه بودن دوره رشد و نداشتن فرصت برای افزایش شاخ و برگ عملکرد بیولوژیک به شدت کاهش پیدا کرد. در رقم RGS در تاریخ کاشت ۳۰ آبان، با سطح بور ۱۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد بیولوژیک (۱۱۷۷۶ کیلوگرم در هکتار)، و در تاریخ کشت ۱۰دی، رقم صفار و سطح بور ۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک (۲۳۷۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۱۰). کاهش طول دوره رشد فارغ از ایجاد شرایط تنش گرمایی می‌تواند به طور مستقیم عملکرد ماده خشک در واحد سطح (عملکرد بیولوژیک) را کاهش دهد. بر این اساس و از آنجایی که تولید ماده خشک ارتباط نزدیکی با عملکرد دانه دارد، در تاریخ کاشت ۱۰ دی با کاهش رشد رویشی و در نهایت عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه نیز کاهش یافت. به طور عکس تاریخ کاشت مناسب با افزایش عملکرد بیولوژیک به دلایلی از جمله انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد دانه باشد (Kazemi *et al*. 2014 and Abude *et al*., 2020)

ضریب همبستگی بین صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و بیولوژیک

در بین صفات مورد بررسی رابطه همبستگی منفی و معنی‌دار دمای سایه‌انداز و نشت الکترولیت‌ها با اغلب صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و بیولوژیک نکته مهم این مطالعه بود. این بدین معنی است که با تاخیر در کاشت و افزایش تنش گرمای آخر فصل، به تبع آن دمای سایه‌انداز و نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت و در مقابل اغلب صفات مطلوب فیزیولوژیک، عملکرد دانه و بیولوژیک، کاهش یافت. دمای سایه‌انداز بیشترین همبستگی منفی را با عملکرد دانه ($-۰/۶۳۱^{**}$) داشت. شاخص سطح برگ از جمله مهمترین

صفت فیزیولوژیک، با صفت دمای سایه‌انداز (**۰/۳۸۳-) و نشت الکترولیت‌ها (**۰/۳۱۵-) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۱۱).

به طور کلی با تاخیر در کاشت و افزایش تنش گرمای آخر فصل، برخی از صفات نامطلوب افزایش یافته و از طرفی اغلب صفات مطلوب فیزیولوژی، عملکرد دانه و بیولوژیک، کاهش می‌یابند. در واقع صفاتی که به عوامل محیطی و به وجود یا عدم وجود عناصر مغذی ضروری متغییر هستند رابطه عکس با دیگر صفات مهم و اقتصادی دارند.

Table 10. Comparison of the some of physiological characteristics, grain and biological yield of canola under the influence of the investigated treatments

Treatment	Average			
	Leaf relative water content (%)	Electrolyte leakage (%)	Seed yield (kg/ha)	Biological yield (kg/ha)
A1B0RGS	41.24^{j-n}	34.31^{fgh}	3859^{bc}	9825^{ab}
A1B0saffa	56.16^{ab}	29.65^{gh}	3139^{c-f}	7266^{b-h}
A1B0Zafar	49.45^{b-h}	34.86^{fgh}	1715^{h-m}	9328^{bc}
A1B4RGS	50.30^{b-g}	39.53^{d-g}	2136^{g-j}	6877^{c-j}
A1B4saffa	52.06^{a-d}	29.46^{gh}	3586^{b-e}	7578^{b-g}
A1B4Zafar	46.66^{d-k}	38.33^{e-h}	2905^{d-g}	53011^{f-k}
A1B8RGS	44.06^{g-m}	33.46^{fgh}	3120^{c-f}	7424^{b-h}
A1B8saffa	54.30^{abc}	30.96^{gh}	4003^{bc}	9328^{bc}
A1B8Zafar	44.40^{f-m}	41.20^{c-g}	2510^{f-i}	8481^{bcd}
A1B12RGS	51.35^{a-f}	30.64^{gh}	4430^{ab}	11776^{a}
A1B12saffa	57.60^{a}	30.61^{gh}	3892^{bc}	7747^{b-f}
A1B12Zafar	49.07^{c-i}	48.84^{bcd}	2072^{g-k}	8469^{bcd}
A2B0RGS	39.12^{lmn}	37.89^{e-h}	2429^{f-i}	7359^{b-h}
A2B0saffa	37.67^{mn}	34.99^{fgh}	2836^{d-g}	9802^{ab}
A2B0Zafar	39.71^{k-n}	35.03^{fgh}	1964^{h-m}	8337^{bcd}
A2B4RGS	47.77^{c-j}	32.53^{gh}	3183^{b-f}	5782^{e-k}
A2B4saffa	46.21^{d-l}	33.12^{fgh}	4590^{a}	9325^{bc}
A2B4Zafar	44.08^{g-m}	34.08^{fgh}	1132^{klm}	5505^{e-l}
A2B8RGS	50.47^{b-g}	34.78^{fgh}	24.55^{f-i}	6356^{d-j}
A2B8saffa	47.96^{c-j}	40.92^{c-g}	2139^{g-j}	6269^{d-j}
A2B8Zafar	47.85^{c-j}	35.09^{fgh}	1931^{g-l}	7060^{c-i}
A2B12RGS	41.33^{j-n}	36.91^{e-h}	2654^{e-h}	6858^{c-j}
A2B12saffa	48.06^{c-j}	30.14^{gh}	3602^{bcd}	8033^{b-e}
A2B12Zafar	42.62^{h-n}	37.92^{e-h}	1665^{i-m}	5221^{f-m}
A3B0RGS	46.18^{d-l}	38.51^{e-h}	1974^{g-k}	4350^{j-n}
A3B0saffa	38.19^{mn}	54.05^{a}	1173^{j-m}	29631^{mn}
A3B0Zafar	47.45^{c-j}	37.20^{e-h}	1232^{j-m}	3494^{k-n}
A3B4RGS	47.80^{c-j}	36.51^{fgh}	1744^{h-m}	3484^{k-n}
A3B4saffa	41.89^{i-n}	40.12^{d-g}	1113^{j-m}	2688^{mn}
A3B4Zafar	36.63^{m}	29.08^{gh}	1132^{j-m}	5002^{h-m}
A3B8RGS	42.98^{h-n}	50.63^{abc}	1132^{klm}	3536^{k-n}
A3B8saffa	46.05^{d-l}	52.10^{ab}	915^{m}	2376^{n}
A3B8Zafar	43.55^{g-n}	26.22^{h}	840^{m}	5032^{g-m}
A3B12RGS	44.70^{e-m}	31.52^{gh}	1658^{i-m}	4684^{i-n}
A3B12saffa	51.77^{a-e}	44.06^{b-f}	979^{lm}	3694^{k-n}
A3B12Zafar	43.63^{g-n}	45.39^{b-e}	967^{lm}	3557^{k-n}

Averages with common letters in each column and row do not have a statistically significant difference with each other at the 5% error probability level.

Table 11. Correlation coefficients between physiological traits, seed yield and biological yield

Traits under investigation	Relative moisture content leaf water	SPAD	TempCan	Electrolyte leakage	Leaf area index	Leaf area ratio	Leaf Special area	Leaf weight ratio	Seed yield	Biological yield
Relative moisture content leaf water	1									
SPAD	-0.030^{ns}	1								
TempCan	-0.371**	-0.023^{ns}	1							
Electrolyte leakage	-0.122^{ns}	-0.315**	0.162^{ns}	1						
Leaf area index	0.249*	0.208*	-0.383**	-0.315**	1					
Leaf area ratio	0.370**	0.049^{ns}	-0.227*	-0.200*	0.419**	1				
Leaf Special area	0.214*	0.054^{ns}	-0371**	-0.200*	0.320**	0.576**	1			
Leaf weight ratio	0.049^{ns}	0.218*	0.202*	0.008^{ns}	0.015^{ns}	0.123^{ns}	-0.201*	1		
Seed yield	0.377**	0.166^{ns}	-0.631**	-0.401**	0.616**	0.411**	0.399**	-0.059^{ns}	1	
Biological yield	0.251*	0.204*	-0.615**	-0.386**	0.504**	0.270**	0.263**	-0.264**	0.706**	1

ns, * and ** are non-significant, significant at 5% and 1% error probability level, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد، تاریخ کاشت و تنش گرمای آخر فصل، بور و رقم و هم‌چنین اثر متقابل سه گانه آنها در شرایط خوزستان اثر معنی‌دار بر اغلب صفات مورد بررسی داشتند. تأخیر در کاشت و به تبع آن افزایش دما در دوره‌های حساس رشد، سبب کاهش شاخص سطح برگ، محتوای رطوبت نسبی برگ، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ، عملکرد دانه و بیولوژیک گردید.

به طور کلی بیشترین عملکرد دانه در رقم صفار در تاریخ کاشت ۲۰ آذر و سطح بور ۴ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۴۵۹۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. نتایج این آزمایش ضریب همبستگی بالای عملکرد دانه با اغلب صفات فیزیولوژیک و هم‌چنین عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد. هم‌چنین در این مطالعه مشاهده شد، ژنوتیپ‌های مورد بررسی کلزا در واکنش به سطوح مختلف عنصر بور واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند و در شرایط تنش گرمای آخر فصل با مقدار مختلف مصرف بور در هکتار مقاومت متفاوتی از خود بروز می‌دهند. در راستای تقاضای تدابیر مدیریتی درست از قبیل تاریخ کاشت به موقع و انتخاب سیستم تغذیه‌ای مناسب (سطح بور مناسب) جهت بالا بردن تحمل گیاه به تنش‌ها و رسیدن به پتانسیل بالای عملکرد مخصوصا در شرایط خوزستان و مشابه آن، مطالعه این پژوهش می‌تواند تا اندازه‌ی زیادی راه گشا و مفید باشد.

سپاس‌گزاری

از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی، معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و همه کسانی که در هرچه پربارتر شدن این پژوهش همکاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Abbasi, F. Koocheki, A. R., & Jafari, A. (2009). Evaluation of germination and vegetative growth of modder (Rubia tinctorum L.) under different levels of NaCl. *Iran Agricultural Research Journal*. 7(2): 515-525. [In Persian]

Abodeh, H., Moradi Telavat, M. R., Moshatati, A., & Mousavi, S. H. (2020). The Response of Morphology, Yield and Yield Components of Spring Safflower Genotypes to Different Sowing Dates. *Journal of Crop production and processing*, 9(4): 215-227.

Ayenh, A., Van Ginkel, M., Reynolds, M. P., & Ammer, K. (2002). Comprison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*. 79: 173-184.

Bahmani, Z., Hajiboland, R., hashemi, Z., & Rezanejad, F. (2020). Effect of boron deficiency on vegetative growth, flowering and seed yield in oilseed rape plants (Brassica napus). *Iranian Journal of Plant Biology*, 12(2), 23-44.

Barr, H. D., & Weatherley, E. P. (1962). Are-examination of the relative turgidity thechnique for estimating water deficit in leaves. Aust. *Journal Biology Science*. 15: 413-428.

Doori. S., Moradi Telavat, M. R., Siadat, S. A., & Bakhshandeh, A. (2015). Effec of delayed planting and foliar application of nitrogen on canola seed and oil yield in Ahvaz conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 17(2):128 -138. [In Persian]

Eyni Nargeseh, H., AghaAlikhani, M., Shirani Rad, A. H., Mokhtasi-Bidgoli, A., & Modares Sanavy, S. A. M. (2019) Response of New Genotypes of Rapeseed (Brassica napus) to Late Season Withholding Irrigation under Semi-Arid Climate. Plant Productions. 41(4), 55-68. [In Persian]

Farooq, M., Abdul, W., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress. effects, mechanisms and management. *Journal Agronomy for Sustainable Development*. 29;185-112.

Francis, Ch. Butler Flora, C., & Lary. D. K. (1998). Sustainable agriculture in temperate zones. Translator: Awad Kochki, Javad Khalqani. *Publications of Ferdowsi University of Mashhad*. P: 580. [In Persian]

Hey, R., & Walker, A. (2004). An introduction to the physiology of crop plants. Translators: Imam, Y., and Niknejad, V. *Shiraz University Publishing Center*. P: 571. [In Persian]

James Stangoulis, C. R., Patrick, H., Brown. B., Bellaloui, Nacer. B., Robert, J., Reid, A., & Robin, D. Graham. A. (2001). The efficiency of boron utilisation in canola. *Australian Journal of Plant Physiology* 28(11):1109-1114.

Kazemi, Z. (2014). effect of season heat stress due to late planting date and boron application on canola (Brassica napus L.) yield and quality. master's thesis. *Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*. P: 3-38. [In Persian]

Koocheki, A., & Sarmadnya, Gh. (1989). Physiology of agricultural plants. *Publications University of Mashhad*. 467 p. [In Persian]

Lack, S., & Khayat, M. (2012). Evaluation of Grain yield, Leaf Area Index and Percentage Change Compared in Traits of Spring Canola Varietes in the early and late Sowing Date in Hot Dry Climate of Iran. *Scientific Journal of Plant Physiology*. 3(12): 3-18. [In Persian]

Larcher, W. (2011). Plant ecophysiology. Translators: Koocheki, A. Azizi, M., Soltani, A. *Academic Jihad Mashhad Branch*. p: 272. [In Persian]

Lutts, S., Kinet, M. J., & Bouharmont, J. (1996). Nacl-induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance. *Ann. Bot*. 78:389-398.

Malcolm, J., Morrison M. J., & Stewart, D. J. (2002). Hate of water stress on glicoinolare and oil content in the rape (Brassica napus L.) and turnip rape (B rapa L.). *Journal Australia Agriculture*. 27: 707-711.

Martinez-carrasco, R., Perez, P., & Morcuende, R. (2005). Interactive effects of evaluated CO2 temperature and nitrogen on photosynthesis of wheat growth under temperature gradient tunnels. *Journal of environmental and experimental botany*. 54:49-59.

Mousavi, S. F., Siahpoosh, M. R., & Sorkheh, K. (2021) Influence of Sowing Date and Terminal Heat Stress on Phonological Features and Yield Components of Bread Wheat Genotypes. *Plant Productions*. 44(2),157-170. [In Persian]

Moradi Telavat, M. R., & Fathi, Gh. (2007). Different response of rapeseed genotypes to boron consumption. *Scientific journal of agriculture*. 30(4): 125-137. [In Persian]

Moradi Telavat, M. R., & Siadat, S. A. (2012). Introduction and production of oilseed plants. *Tehran: Agricultural Education and Promotion Publications*. P: 374. [In Persian]

Moradi Telavat, M. R., Kazemi, Z., & Siadat, S. A. (2016). Physiological response of rapeseed growth and yield to boron consumption under heat stress caused by late crops. *To agricultural crops (Abourihan campus agricultural magazine).* 18(1): 55-67. [In Persian]

Moradi Telavat, M. R., Kazemi, Z., & Siadat, S. A. (2016). The effect of boron consumption on some morphological traits and seed and oil yield of spring rapeseed (Brassica napus L.) in different planting dates. *Oil plant production journal*. 3 (1): 55-68. [In Persian]

Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A., Nadian, H., & Fathi, G. (2008). Effect of Nitrogen and Boron on Canola Yield and Yield Components in Ahwaz, Iran. *International Journal of Agricultural Research*, 3: 415-422.

Morrison, m. J., & Stewart, d. w. (2002). Heat stress during reproduction in summer rape. can. *Journal Bot*. 71:303-308.

Moshatati A., Alami Saeed, Kh., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., & Jalal Kamali M, R. (2010). Evaluation of tolerance of spring bread wheat varieties to heat stress at the end of the season in Ahvaz conditions. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. 12 (2): 99-85. [In Persian]

Nasef, M. A., Badran, N. M., & Abd El-Hamide, A. F. (2006). Response of peanut to folier spray with boron and and or rhizobium inoculation. *Journal of applied sciences Research*. 2(12): 1330-1337.

Pommerrenig, B., Junker, A., Abreu, I., Bieber, A., Fuge, J., Willner, E., Bienert, M. D., Altmann, T., & Bienert, G. P. (2018). Identification of Rapeseed (Brassica napus) Cultivars with a High Tolerance to Boron-Deficient Conditions. *Frontiers in plant science*, 9, 1142.

Porter, P. M. (1993). Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern coastal plain, *Journal of Plant Nutrition*, 16:12, 2371-2381

Rahnama, A. (2012). Crop Loss Assessment and Canola (Brassica napus L.) Impact Factor Analysis in late Planting. *Plant Productions*. 35(3): 17-25.

Rastegar, M. A. (2005). Industrial plant cultivation. Tehran: *Berhamand Publications*. P: 469. [In Persian]

Soltani, A., & Faraji, A. (2007). The relationship between water, soil and plants. *Academic Jihad Publications. Mashhad*. P: 246. [In Persian]