



Dynamics of photoassimilates in the stem internodes of rainfed barley cultivars grown under regions with different climate

Mehdi Joudi¹ | Asghar Mehraban²

1. Corresponding Author, Department of Plant Science and Medicinal Herbs, Meshgin-Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: joudi@uma.ac.ir
2. Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, Iran. E-mail: a.mehraban@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 4 February 2025
Received in revised form
15 April 2025
Accepted 7 June 2025
Published online 29 September 2025

Keywords:

Accumulation
Lower internodes
Peduncle
Rainfed barley
Remobilization

ABSTRACT

Objective: This research aimed to investigate the potential of photoassimilate accumulation and remobilization in the stem internodes of rainfed barley cultivars grown in regions with contrasting climates.

Method: Eight barley cultivars (four two-rowed and four six-rowed) were cultivated under rainfed conditions in Meshginshahr (Mediterranean region with cold winters) and Jafarabad-Moghan (semi-tropical region with semi-cold winters) during the 2023–2024 growing season. Photoassimilate accumulation and remobilization were assessed in the stem internodes (peduncle, penultimate, and lower internodes) by measuring changes in dry weight.

Results: The two experimental sites exhibited distinct climatic conditions. Meshginshahr experienced higher precipitation and lower average temperatures, resulting in a longer growing season compared to Moghan. Internode length varied: the upper internodes (peduncle and penultimate) were longer in Meshginshahr, while the lower internodes contributed a higher proportion to total stem length in Moghan. The maximum dry weights of the peduncle, penultimate, and lower internodes in Meshginshahr were observed at 18, 18, and 15 days after anthesis, respectively; in Moghan, these maxima occurred at 4, 4, and 4 days after anthesis. Internodes in Meshginshahr accumulated greater amounts of photoassimilates, exhibited higher remobilization of reserves, and supported higher grain yields per stem than those in Moghan. Significant variability was observed among cultivars across morphologic, physiological, and agronomic traits. Generally, cultivar × location interactions were non-significant for maximum internode weight and specific weight, indicating consistent cultivar rankings across sites despite trait variations. Notably, Barzin and Jolgeh exhibited the highest internode weights and specific weights in Meshginshahr and Moghan, respectively. However, complex interactions were observed for internode and stem remobilization, with location influencing both trait values and cultivar rankings. Jolgeh and Barzin in Meshginshahr, and Barzin and Oxin in Moghan, demonstrated the highest cumulative remobilization.

Conclusions: In both regions, lower internodes showed the greatest potential for accumulation and remobilization of photoassimilates. To maximize dry matter accumulation early in the season and facilitate effective remobilization toward grain filling, these internodes should ideally possess appropriate length, weight, and specific weight. These findings suggest that selecting cultivars with optimal lower internode traits could improve yield potential in rainfed barley cultivation under variable climatic conditions.

Cite this article: Joudi, M., & Mehraban, A. (2025). Dynamics of photoassimilates in the stem internodes of rainfed barley cultivars grown under regions with different climate. *Journal of Crops Improvement*, 27 (3), 397-415.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.389854.2916>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.389854.2916>

Publisher: University of Tehran Press.



پویایی مواد فتوسنتزی در میانگره‌های ساقه ارقام جو دیم در مناطق با آب‌وهوای متفاوت

مهدی جودی^۱ | اصغر مهربان^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشکین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: joudi@uma.ac.ir
 ۲. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران. رایانامه: a.mehraban@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	هدف: این پژوهش با هدف مطالعه توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در میانگره‌های ساقه ارقام مختلف جو دیم رشد یافته در مناطق با آب‌وهوای متفاوت اجرا شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶	روش پژوهش: تعداد هشت رقم جو (چهار رقم جو دوردیفه شامل خرم، فردان، آرتان، قافلان و چهار رقم جو شش ردیفه شامل برزین، اکسین، جلگه، مهتاب) به صورت دیم در شهرستان مشکین شهر (منطقه مدیترانه‌ای با زمستان سرد) و جعفرآباد مغان (منطقه نیمه حاره‌ای با زمستان نیمه سرد) در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ کاشته شدند. تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در سطح میانگره‌های ساقه (پدانکل، پنالتی میت و میانگره‌های زیرین) به صورت وزنی اندازه‌گیری شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱/۲۶	یافته‌ها: مناطق موردآزمایش از نظر آب‌وهوا متفاوت بودند. در شرایط مشکین شهر، بالابودن مقدار بارش و پایین بودن میانگین دما باعث طولانی‌تر شدن فصل رشد در قیاس با شرایط مغان شد. طول میانگره‌های بالایی (پدانکل و پنالتی میت) در شرایط مشکین شهر بیش‌تر از مغان بود. در مقابل، میانگره‌های زیرین در شرایط مغان نسبت بیش‌تری از طول ساقه را تشکیل دادند. حداکثر وزن پدانکل، پنالتی میت و میانگره‌های زیرین در شرایط مشکین شهر به ترتیب در ۱۸، ۱۸ و ۱۵ روز بعد از گرده‌افشانی و در شرایط مغان به ترتیب در چهار، چهار و چهار روز بعد از گرده‌افشانی به دست آمد. حداکثر وزن میانگره‌ها (تجمع مواد فتوسنتزی)، مقدار انتقال مجدد ذخایر و مقدار عملکرد دانه در ساقه در شرایط مشکین شهر بیش‌تر از مغان بود. اثر متقابل رقم در مکان عموماً برای حداکثر وزن و حداکثر وزن مخصوص میانگره‌ها و ساقه معنی‌دار نبود. باوجود این که مقدار این صفات با تغییر مکان تغییر کرد، اما رتبه ارقام برای این متغیرها تقریباً ثابت ماند. در شرایط مشکین شهر و مغان، بیش‌ترین مقدار وزن و وزن مخصوص میانگره‌ها در ارقام برزین و جلگه مشاهده شد. اثر متقابل رقم در مکان برای انتقال مجدد از میانگره‌ها و ساقه معنی‌دار بود. تغییر مکان از یک طرف باعث تغییر در مقدار صفات و از طرف دیگر باعث تغییر در رتبه ارقام برای این صفات شد. ارقام جلگه و برزین در آزمایش مشکین شهر و ارقام برزین و اکسین در آزمایش مغان بالاترین مقدار انتقال مجدد تجمعی را داشتند.
کلیدواژه‌ها:	نتیجه‌گیری: در هر دو مکان موردآزمایش، مقدار ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در میانگره‌های زیرین ساقه بیش‌تر بود. میانگره‌های زیرین دارای طول، وزن و وزن مخصوص بالا می‌توانند در اول فصل بهار مقادیر مناسبی از مواد فتوسنتزی را ذخیره کرده و در انتهای فصل رشد فعالانه آن را به دانه‌ها انتقال دهند.
تجمع میانگره‌های زیرین پدانکل جو دیم انتقال مجدد	

استناد: جودی، مهدی و مهربان، اصغر (۱۴۰۴). پویایی مواد فتوسنتزی در میانگره‌های ساقه ارقام جو دیم در مناطق با آب‌وهوای متفاوت. به زراعی کشاورزی، ۲۷ (۳)، ۳۹۷-۴۱۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.389854.2916>



۱. مقدمه

جو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید در جهان بوده و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی انسان و دام داشته است. سطح زیر کشت جو در کل دنیا ۴۶ میلیون هکتار بوده که در حدود ۱۴۶ میلیون تن دانه را تولید می‌کند. در کشور ایران، سطح زیر کشت این گیاه حدود ۱/۶۵ میلیون هکتار و میزان تولید ۳ میلیون تن گزارش شده است (فائو^۱، ۲۰۲۳). با تقسیم میزان تولید بر سطح کشت مشخص می‌شود که متوسط عملکرد دانه جو در هر هکتار در سطح جهانی ۳/۲ تن و در کشور ایران ۱/۸ تن می‌باشد. همچنین اگر سطح زیر کشت جو در کشور به زمین‌های آبی و دیم تفکیک شود، مشخص می‌شود که حدود ۴۴ درصد مزارع، آبی و ۵۶ درصد آن‌ها دیم می‌باشد. متوسط عملکرد در هکتار در زمین‌های آبی کشور ۳/۲ تن و در زمین‌های دیم تنها ۰/۸ تن می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱).

تعدادی از پژوهش‌گران اعتقاد دارند که پیشبرد عملکرد دانه غلات در مناطق خشک و نیمه‌خشک از طریق به‌نژادی و تولید ارقام سازگار و مقاوم به خشکی موفقیت‌آمیز نبوده است. علت این قضیه، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط در نواحی خشک و دخیل بودن صفات مختلف گیاهی و عوامل متعدد محیطی در بیان پدیده مقاومت به خشکی و افزایش محصول عنوان شده است (رینولد^۲ و بورلاگ^۳، ۲۰۰۶). بنابراین شناخت فرایندهای فیزیولوژیک گیاه و آگاهی از اصول و قواعد ژنتیکی کنترل‌کننده این فرایندها زمینه را برای موفقیت هرچه بیش‌تر اصلاح نباتات در تولید ارقام با پتانسیل عملکرد بالا و مقاوم به تنش‌های محیطی را فراهم ساخته است (فیشر^۴، ۲۰۱۱).

غلات سردسیری از جمله گندم و جو معمولاً در فصل پاییز کاشته می‌شوند. با توجه به این‌که شرایط آب‌وهوایی در اوایل ساقه‌دهی (اوایل بهار) مناسب بوده و فعالیت فتوسنتزی اندام‌های سبز در بیش‌ترین مقدار خود می‌باشد، گیاه مازاد مواد فتوسنتزی را در اندام‌های رویشی و به‌ویژه میانگه‌های ساقه (سلول‌های پارانشیمی ذخیره‌ای ساقه)، انباشت می‌نماید (جودی^۵ و همکاران، ۲۰۲۵). تجمع مازاد مواد فتوسنتزی در میانگه‌های ساقه، اثرات بازخور منفی قندهای اضافه بر روی چرخه کالوین را کاهش داده و ادامه فعالیت فتوسنتزی و تولید قندها را ممکن می‌نماید (جودی و همکاران، ۲۰۱۲). گندم و جو در زمان گلدهی و پرشدن دانه (در شرایط آبی و دیم) معمولاً با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و گرما مواجه می‌شوند. در این زمان برگ‌های پیر و قدیمی گیاه نیز دچار زوال و ریزش شده و مقدار تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد. این در حالی است که تقاضا برای مواد فتوسنتزی از طرف دانه‌های در حال پرشدن همچنان بالاست. بنابراین فتوسنتز جاری گیاه نمی‌تواند پاسخگوی نیاز دانه‌ها باشد. تحت این شرایط، مازاد مواد فتوسنتزی که در ابتدای فصل بهار در میانگه‌های ساقه ذخیره شده بود، شکسته (تجزیه) شده و پس از تبدیل به ساکاروز به طرف دانه‌های در حال پرشدن صادر می‌شود (انتقال مجدد) (جودی و همکاران، ۱۴۰۲).

۲. پیشینه پژوهشی

رشد و تکامل میانگه‌ها در گیاه جو به‌صورت پشت‌سرهم انجام می‌شود. پس از این‌که یک میانگه به حداکثر اندازه و رشد طولی رسید، تجمع مواد فتوسنتزی (کربوهیدرات‌های محلول) مازاد بر نیاز گیاه در سلول‌های پارانشیمی ذخیره‌ای آن

1. FAO
2. Borlaug
3. Reynolds
4. Fischer
5. Joudi

آغاز می‌شود (جودی^۱ و وان‌دن‌اند^۲، ۲۰۱۸). این بدان معنی است که طول دوره ذخیره‌سازی در میانگرم‌های زیرین بیش‌تر از میانگرم‌های بالایی است. بنابراین این احتمال وجود دارد که مقدار ذخیره‌سازی در میانگرم‌های زیرین جو بیش‌تر از میانگرم‌های بالایی باشد. اهدایی^۳ و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش دو ساله که بر روی ۱۱ رقم گندم انجام دادند، تغییرات وزن خشک میانگرم‌های ساقه را از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری کرده و گزارش کردند که حداکثر وزن میانگرم‌های زیرین در ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی و حداکثر وزن میانگرم‌های بالایی (پدانکل و پنالتی‌میت) در ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد. آن‌ها نتیجه‌گیری کرده‌اند که حداکثر وزن میانگرم‌های زیرین بیش‌تر از میانگرم پنالتی‌میت و آن هم بیش‌تر از میانگرم پدانکل بود. سرآبادانی تفرش^۴ و همکاران (۱۳۹۸) در یک آزمایش گلخانه‌ای تغییرات وزن میانگرم‌های مختلف ساقه را در چهار رقم و دو لاین جو تحت شرایط فاریاب و تنش انتهایی فصل رشد مطالعه کرده و گزارش کردند حداکثر وزن پدانکل و میانگرم مقابل آخر (پنالتی‌میت) در فاصله زمانی ۲۱-۷ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد. همچنین حداکثر وزن میانگرم‌های زیرین در تمامی ارقام و لاین‌ها در فاصله زمانی ۲۸-۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی مشاهده شد. نامبردگان بیان کردند تأخیر در به حداکثر رسیدن وزن میانگرم‌های زیرین در قیاس با میانگرم‌های بالایی نشان می‌دهد انتقال ذخایر میانگرم‌های زیرین به دانه پس از انتقال ذخایر پدانکل و پنالتی‌میت و با کمی تأخیر صورت می‌گیرد. در مقابل، جودی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی که بر روی ۱۸ رقم گندم در شرایط مختلف محیطی (شرایط آبی و تنش در اقلیم مدیترانه‌ای و شرایط آبی در اقلیم نیمه‌حاره‌ای) انجام دادند گزارش کردند که عموماً حداکثر وزن میانگرم‌های زیرین زودتر از حداکثر وزن میانگرم‌های بالایی به‌دست آمد.

دو عامل رقم و شرایط محیطی، توان ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی را در ساقه جو تعیین می‌کنند. ارقام مختلف جو، توانایی متفاوتی برای ذخیره‌سازی دارند و علت این تنوع به‌طور کامل مشخص نشده است. اهدائی و همکاران (۲۰۰۶a) معتقد هستند که طول ساقه و چگالی وزنی ساقه (نسبت وزن میانگرم به طول آن) دو عامل اصلی در تعیین توان ذخیره‌سازی ساقه می‌باشد. با توجه به این‌که ارقام جو از نظر طول و وزن مخصوص ساقه و میانگرم‌ها متفاوت هستند، لذا تنوع ژنتیکی وسیعی برای صفت ذخیره‌سازی در بین ارقام جو قابل‌انتظار است. همچنین در شرایط مطلوب رشدی (از نظر دما، رطوبت و مواد معدنی) مقدار فتوسنتز و تولید گیاه بالا بوده و بخشی زیادی از آن می‌تواند در میانگرم‌های ساقه ذخیره شود. در مقابل، زمانی که فعالیت فتوسنتزی به‌دلیل شرایط تنش کاهش می‌یابد، مقدار ذخیره‌سازی نیز در میانگرم‌ها پایین خواهد بود. لذا انتظار می‌رود که گیاهان کشت‌شده در شرایط آبی با طول ساقه بیش‌تر و عملکرد بیولوژیک بالا در مقایسه با گیاهان کشت‌شده در شرایط تنش مقدار ذخیره‌سازی بیش‌تری در ساقه‌های خود داشته باشند (جودی و همکاران، ۱۴۰۲). انتقال مجدد ذخایر نیز تحت تأثیر رقم و شرایط محیطی قرار می‌گیرد. در هر رقم، پتانسیل ذخیره‌سازی (در قبل و بعد از گرده‌افشانی) و قدرت مخزن (یعنی تعداد دانه و وزن دانه در سنبله) تعیین‌کننده مقدار انتقال مجدد خواهد بود (تاپا^۵ و همکاران، ۲۰۲۲). این امر نشان می‌دهد که رابطه بین ذخیره‌سازی و انتقال مجدد رابطه‌ای ساده نبوده و ارقامی از جو که ذخیره‌سازی بالایی از مواد فتوسنتزی در ساقه داشته باشند، ضرورتاً دارای انتقال مجدد بالا نخواهند بود. درحالی‌که برخی گزارش‌ها به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقدار ذخیره‌سازی و انتقال مجدد اشاره کرده‌اند، تعدادی دیگر به نبود رابطه بین این دو صفت اذعان نموده‌اند (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ وثوقی‌راد^۶ و همکاران، ۲۰۲۲).

1. Joudi
2. Van den Ende
3. Ehdaie
4. Sarabadani Tafresh
5. Thapa
6. Vosoghi Rad

شرایط محیطی، مقدار انتقال مجدد ارقام و حتی میانگره‌های مختلف ساقه را به‌طور متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد. جودی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی ۸۱ رقم گندم در شرایط آبی و تنش خشکی گزارش کردند تنش، مقدار آزادسازی مواد فتوسنتزی از میانگره‌ها را در بیش‌تر ارقام کاهش و در تعدادی دیگر افزایش داد. علت این امر تفاوت‌های فیزیولوژیک و نسبت‌های متفاوت منبع به مخزن در ارقام مختلف گندم عنوان شد. در یک پژوهش، گلخانه‌ای که بر روی ارقام و لاین‌های مختلف جو انجام شد، گزارش گردید تنش انتهایی فصل رشد میانگین انتقال مجدد پدانکل و پنالتی‌میت را در قیاس با شاهد افزایش داد، اما تأثیر معنی‌داری بر میانگین انتقال مجدد از میانگره‌های زیرین نداشت (سرآبادانی تفرش و همکاران، ۱۳۹۸).

باوجود این‌که مطالعات متعددی در خصوص ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در گیاه جو انجام شده است، اما بیش‌تر این پژوهش‌ها تحت شرایط آبی و یا تنش انتهایی فصل رشد انجام شده و توجه کم‌تری به شرایط دیم شده است. همچنین در بیش‌تر این مطالعات، فرایند ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در سطح ساقه مورد مطالعه قرار گرفته و تفکیکی بین میانگره‌های تشکیل‌دهنده آن انجام نشده است. هدف پژوهش حاضر، مطالعه توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در سطح میانگره‌های ساقه در ارقام مختلف جو دیم رشد یافته در مناطق با اقلیم متفاوت بود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در دو مکان شهرستان مشگین‌شهر و دشت مغان واقع در استان اردبیل و تحت شرایط دیم اجرا گردید. براساس روش طبقه‌بندی کوپن، مشگین‌شهر دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و مغان (جعفرآباد) دارای اقلیم نیمه‌حاره‌ای با زمستان‌های نیمه‌سرد می‌باشد. مشخصات آب‌وهوای مناطق در طول آزمایش به‌صورت ماهیانه در جدول (۱) ارائه می‌گردد. آزمایش مشگین‌شهر در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر و آزمایش مغان در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی مغان واقع در جعفرآباد انجام گردید. در پژوهش حاضر تعداد هشت رقم جو در شرایط دیم موردبررسی قرار گرفتند. مشخصات ارقام جو در جدول (۲) نشان داده شده است.

طرح مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. در هر دو مکان، زمین آزمایش آیش بوده و در سال قبل هیچ نوع زراعتی در آن انجام نشده بود. زمین مذکور در اواسط مهرماه سال ۱۴۰۲ توسط گاواهن برگردان‌دار شخم زده شد. تسطیح لازم با استفاده از ماله انجام و سپس مزرعه کرت‌بندی شد. هیچ نوع کود دامی یا شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت. مقدار بذر (۳۰۰ بذر در متر مربع) مورد نیاز هر رقم با در نظر گرفتن وزن هزاردانه آن محاسبه شد. بذور ارقام در اوایل آبان‌ماه ۱۴۰۲ در شهرستان مشگین‌شهر و در اواسط آبان‌ماه همان سال در دشت مغان و به‌صورت دستی کاشته شدند. در هر کرت آزمایشی، چهار ردیف با فواصل بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاشته شد. طول ردیف‌های کاشت ۲ متر بود. پس از کاشت، هیچ آبیاری انجام نشد و تنها منبع تأمین آب گیاهان، نزولات جوی بود. علف‌های هرز به‌صورت دستی کنترل شدند.

در زمان گرده‌افشانی، تعداد پنج عدد ساقه یکسان از هر کرت کف‌بر شده (جودی و همکاران، ۲۰۲۴؛ جودی و همکاران، ۲۰۲۵) و این نمونه‌برداری با فاصله هر هفت روز یک‌بار تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک ادامه یافت. ساقه‌های کف‌بر شده در هر مرحله بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و جهت خشک‌شدن در داخل آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. سپس سنبله از ساقه جدا شده و وزن خشک آن ثبت شد.

در مرحله بعدی، غلاف برگ از روی ساقه حذف گردید. سپس ساقه به میانگره‌های تشکیل‌دهنده آن یعنی پدانکل (اولین میانگره زیر سنبله)، پنالتی‌میت (دومین میانگره زیر سنبله) و میانگره‌های زیرین تفکیک شد. وزن (توسط ترازوی با دقت هزارم گرم) و طول هر کدام از میانگره‌ها اندازه‌گیری شد. مجموع وزن و طول میانگره‌ها به‌عنوان وزن و طول ساقه

در نظر گرفته شد. وزن مخصوص هر میانگرمه از تقسیم وزن میانگرمه به طول آن میانگرمه به دست آمد. به طور مشابهی، وزن مخصوص ساقه نیز حاصل تقسیم وزن ساقه به طول ساقه بود. مقدار انتقال مجدد از میانگرمه ها و ساقه از طریق روابط زیر محاسبه شد (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ جودی و همکاران، ۲۰۲۵):

وزن پدانکل در رسیدگی - حداکثر وزن پدانکل در بعد از گرده افشانی = انتقال مجدد از پدانکل
وزن پنانتی میت در رسیدگی - حداکثر وزن پنانتی میت در بعد از گرده افشانی = انتقال مجدد از پنانتی میت
وزن میانگرمه های زیرین در رسیدگی - حداکثر وزن میانگرمه های زیرین در بعد از گرده افشانی = انتقال مجدد از میانگرمه های زیرین
وزن ساقه در رسیدگی فیزیولوژیک - حداکثر وزن ساقه در بعد از گرده افشانی = انتقال مجدد از ساقه
انتقال مجدد میانگرمه های زیرین + انتقال مجدد پنانتی میت + انتقال مجدد پدانکل = انتقال مجدد تجمعی
با توجه به این که ساختار سنبله در گندم و جو در زمان گرده افشانی تکمیل می شود، لذا افزایش در وزن سنبله در بعد از گرده افشانی به دلیل تشکیل و پر شدن دانه های داخل سنبله خواهد بود (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین، عملکرد دانه ساقه از تفاوت وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و زمان گرده افشانی به دست آمد.
با توجه به این که آزمایش در دو مکان متفاوت انجام شده بود، لذا جهت محاسبه اثر محیط، داده ها با استفاده از طرح مرکب مورد تجزیه قرار گرفتند. منابع تغییر شامل مکان، رقم و اثر متقابل مکان در رقم بود. میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. مقایسات گروهی (اورتوگنال) برای مقایسه بین و داخل جوهای دو ردیفه و شش ردیفه استفاده شد. از نرم افزارهای SAS، MSTATC و Excel برای تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارها استفاده شد.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی شهرستان مشگین شهر و پارس آباد- مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

دمای حداقل (درجه سانتی گراد)		دمای حداکثر (درجه سانتی گراد)		میانگین دما (درجه سانتی گراد)	
مشگین	مغان	مشگین	مغان	مشگین	مغان
۹/۶	۱۰/۱	۱۹/۱	۲۲/۱	۱۴/۴	۱۶/۱
۳/۷	۳/۷	۱۳/۴	۱۵/۴	۸/۵	۹/۶
۱/۳	۰/۱	۱۰/۹	۱۲/۴	۶/۱	۶/۳
-۰/۷	۰/۵	۷/۱	۱۲	۳/۲	۶/۳
-۱/۶	۱/۲	۸/۱	۱۱/۱	۳/۲	۶/۱
۵/۱	۷	۱۵/۷	۲۰/۶	۱۰/۴	۱۳/۸
۸/۹	۱۱/۶	۱۹/۶	۲۴/۶	۱۴/۳	۱۸/۱
۱۳/۱	۱۷	۲۴/۷	۳۲/۱	۱۸/۹	۲۴/۵
۱۵/۲	۲۰/۳	۲۶/۱	۳۳/۸	۲۰/۷	۳۷
تیر ۱۴۰۳		خرداد ۱۴۰۳		اردیبهشت ۱۴۰۳	
فروردین ۱۴۰۳		اسفند ۱۴۰۲		بهمن ۱۴۰۲	
دی ۱۴۰۲		آذر ۱۴۰۲		آبان ۱۴۰۲	
مجموع		۴۴۶/۴	۲۰۱/۳		

باران (میلی متر)		تبخیر (میلی متر)		رطوبت نسبی (درصد)	
مشگین	مغان	مشگین	مغان	مشگین	مغان
۷/۳	۱/۹	۱۱۵	۵۵/۹	۴۷	۷۵
۱۲/۷	۱۱/۸	۷۷	۱۶/۵	۴۶	۷۶
۴۶	۲۷/۲	-	-	۵۱	۷۵
۳۷/۶	۱۸/۲	-	-	۶۱	۷۷
۲۱/۸	۳۴/۷	-	-	۶۰	۷۷
۵۹/۲	۲۷/۱	۳۶/۲	۶۵	۵۶	۷۴
۹۱/۳	۳۸/۴	۱۳۱	۱۴۱	۵۷	۷۱
۱۱۵/۵	۹	۱۶۲	۲۱۰	۵۸	۶۴
۶۵	۳۳	۱۹۲	۲۵۶	۵۷	۶۰
مجموع					

جدول ۲. ارقام جو دیم مورد استفاده در آزمایش مشگین‌شهر و مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

ردیف	نام رقم	ویژگی	مناطق مناسب کاشت
۱	برزین	۶ ردیفه	گرمسیری و نیمه‌گرمسیری
۲	اکسین	۶ ردیفه	گرمسیری و نیمه‌گرمسیری
۳	خرم	۲ ردیفه	گرمسیری و نیمه‌گرمسیری
۴	فردان	۲ ردیفه	گرمسیری و نیمه‌گرمسیری
۵	جلگه	۶ ردیفه	معتدل و سردسیری
۶	مهتاب	۶ ردیفه	معتدل و سردسیری
۷	آرتان	۲ ردیفه	معتدل و سردسیری
۸	قافلان	۲ ردیفه	معتدل و سردسیری

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. تفاوت دو منطقه از نظر آب‌وهوا

اطلاعات هواشناسی در سال اجرای آزمایش نشان می‌دهد که دو منطقه مورد آزمایش از نظر آب‌وهوا متفاوت از یکدیگر بوده‌اند. در شرایط مشگین‌شهر، مقدار بارش به‌ویژه در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد به مراتب بیش‌تر از مغان بود. هم‌چنین بررسی تغییرات دما نشان می‌دهد که گیاهان رشد یافته در مغان با گرمای زودرس و تبخیر بالا در فصل بهار مواجه شده‌اند (جدول ۱). این شرایط موجب گردید که طول دوره رشد در شرایط مشگین‌شهر به‌صورت نسبی بیش‌تر از مغان گردد.

۴.۲. طول میانگره‌ها و ساقه

تجزیه مرکب نشان داد که اثر اصلی مکان و اثر متقابل مکان در رقم بر روی حداکثر طول پدانکل معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین این صفت برای هشت رقم جو در آزمایش مشگین‌شهر ۲۲/۸ و در آزمایش مغان ۱۲/۴ سانتی‌متر بود. در شرایط مشگین‌شهر، حداکثر طول پدانکل در دو رقم (برزین و جلگه) در ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی و در سایر ارقام در هفت روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد. در صورتی‌که در آزمایش مغان، طول پدانکل در بعد از گرده‌افشانی افزایش نیافت (جدول ۳). مقایسه گروهی بین جوهای دو ردیفه و شش ردیفه نشان داد که حداکثر طول پدانکل در جوهای شش ردیفه بیش‌تر از جوهای دو ردیفه بود (جدول ۳).

اثر اصلی مکان، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی حداکثر طول پنالتی‌میت (دومین میانگره زیر سنبله) معنی‌دار بود (جدول ۴). میانگین این صفت در آزمایش مشگین‌شهر و مغان به‌ترتیب ۱۱/۵ و ۹ سانتی‌متر بود. به‌استثنای رقم خرم در شرایط مشگین‌شهر، حداکثر طول پنالتی‌میت در هر دو آزمایش، در زمان گرده‌افشانی مشاهده شد. حداکثر طول پنالتی‌میت در گروه جوهای دو ردیفه، هم اندازه با گروه شش ردیفه بود (جدول ۴).

اثرات اصلی و متقابل مکان و رقم برای حداکثر طول میانگره‌های زیرین در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). برخلاف میانگره‌های بالایی (پدانکل و پنالتی‌میت)، حداکثر طول میانگره‌های زیرین در شرایط مغان (۲۵/۷ سانتی‌متر) بیش‌تر از مشگین‌شهر (۱۶/۹ سانتی‌متر) بود. حداکثر طول میانگره‌های زیرین در گروه دو ردیفه، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از شش ردیفه بود (جدول ۵).

طول ساقه از مجموع طول پدانکل، پنالتی‌میت و میانگره‌های زیرین به‌دست آمد. حداکثر طول ساقه در آزمایش مشگین‌شهر ۵۳/۱ و در آزمایش مغان ۴۷/۱ سانتی‌متر بود. رتبه‌بندی ارقام از نظر حداکثر طول ساقه در شرایط مشگین و مغان متفاوت از یکدیگر بود. در آزمایش مشگین‌شهر، ارقام آرتان، قافلان و جلگه به‌ترتیب با ۶۴/۶، ۵۸/۸ و ۵۸/۸

سانتی‌متر بیش‌ترین طول ساقه را داشتند. در آزمایش مغان، ارقام فردان، اکسین و خرم به‌ترتیب با ۵۸/۴، ۵۳/۱ و ۵۲/۲ سانتی‌متر، رتبه‌های اول تا سوم را از نظر طول ساقه کسب کردند (جدول ۶). هم‌چنین میانگین طول ساقه در جوهای دو ردیفه، ۵۱/۷ سانتی‌متر بود که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میانگین طول ساقه در جوهای شش ردیفه (۴۸/۵ سانتی‌متر) بود (جدول ۶).

۳.۴. وزن میانگره‌ها و ساقه

در زمان گرده‌افشانی، میانگین وزن پدانکل هشت رقم جو در آزمایش مشگین‌شهر، ۸۰ و در آزمایش مغان، ۵۵ میلی‌گرم بود. در این زمان، وزن پدانکل بین ۱۴۲-۳۸ میلی‌گرم در آزمایش مشگین‌شهر و بین ۷۶-۲۸ میلی‌گرم در آزمایش مغان متغیر بود (جدول ۳). پس از گرده‌افشانی، عموماً وزن خشک پدانکل ارقام جو افزایش یافت، اما مقدار افزایش و طول دوره افزایش بسته به اثر متقابل مکان و رقم متفاوت بود (جدول ۳). در آزمایش مشگین‌شهر، حداکثر وزن پدانکل در شش رقم در ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی و در دو رقم در ۲۸ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد (جدول ۳). در شرایط مغان، حداکثر وزن پدانکل در پنج رقم در زمان گرده‌افشانی، یک رقم در هفت روز بعد از گرده‌افشانی و در دو رقم در ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد (جدول ۳). حداکثر وزن پدانکل در جوهای شش ردیفه، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از جوهای دو ردیفه بود (جدول ۳). وزن خشک پدانکل بعد از حصول حداکثر مقدار خود، به‌تدریج تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (جدول ۳).

در زمان گرده‌افشانی، میانگین وزن پنالتی‌میت در آزمایش مشگین‌شهر، ۱۰۲ میلی‌گرم بود که ۳۴ درصد بیش‌تر از مغان بود (جدول ۴). بعد از گرده‌افشانی، وزن پنالتی‌میت افزایش یافت، اما مقدار افزایش و طول دوره افزایش بسته به مکان و رقم متفاوت بود (جدول ۴). زمانی که میانگین ارقام مد نظر قرار گرفت، مشخص شد ارقام در شرایط مشگین‌شهر تا ۱۸ روز و در شرایط مغان تا چهار روز بعد از گرده‌افشانی به وزن پنالتی‌میت خود افزودند (جدول ۴). در این شرایط، حداکثر وزن پنالتی‌میت در مشگین‌شهر ۱۷۳ و در مغان ۷۳ میلی‌گرم بود که نشان از تجمع بالای مواد فتوسنتزی در شرایط مشگین‌شهر دارد. وزن پنالتی‌میت در بیشینه مقدار خود، در جوهای شش ردیفه بیش‌تر از جوهای دو ردیفه بود (جدول ۴). پس از حصول حداکثر مقدار، وزن پنالتی‌میت تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (جدول ۴).

تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی مکان و رقم برای وزن میانگره‌های زیرین در زمان گرده‌افشانی معنی‌دار شده است (جدول ۵). میانگین این صفت بین ارقام در شرایط مشگین‌شهر ۲۴۲ و در شرایط مغان ۲۸۳ میلی‌گرم بود. این امر نشان می‌دهد که ارقام کاشته‌شده در مغان، مواد فتوسنتزی بیش‌تری را تا زمان گرده‌افشانی در میانگره‌های زیرین انباشته‌اند. بعد از گرده‌افشانی، وزن میانگره‌های زیرین افزایش یافت. در آزمایش مشگین‌شهر، وزن میانگره‌های زیرین تا ۱۵ روز بعد از گرده‌افشانی و در شرایط مغان تا چهار روز بعد از گرده‌افشانی افزایش یافت. طولانی‌بودن طول دوره تجمع و مقدار بالای رسوب مواد فتوسنتزی در شرایط مشگین‌شهر باعث گردید مقدار وزن میانگره‌های زیرین تا ۳۲۹ میلی‌گرم افزایش یابد. در مقابل، در شرایط مغان حداکثر وزن میانگره‌های زیرین به ۲۹۵ میلی‌گرم رسید. برخلاف میانگره‌های بالایی، گروه‌های دو ردیفه و شش ردیفه جو، تفاوت معنی‌داری از نظر بیشینه مقدار وزن میانگره‌های زیرین نداشتند (جدول ۵).

جدول (۶) نشان می‌دهد که اثر اصلی رقم و اثر متقابل رقم در مکان بر روی وزن ساقه در زمان گرده‌افشانی معنی‌دار شده است. در این زمان، مقدار وزن ساقه در شرایط مشگین‌شهر از ۲۲۶ (رقم خرم) تا ۵۹۸ میلی‌گرم (رقم قافلان) و در شرایط مغان از ۳۲۳ (رقم خرم) تا ۵۵۳ میلی‌گرم (رقم برزین) متغیر بود. انباشت مواد فتوسنتزی در میانگره‌های مختلف باعث گردید وزن کل ساقه نیز در بعد از گرده‌افشانی افزایش یابد. البته مقدار و طول دوره تجمع مواد در ساقه بسته به مکان موردآزمایش و رقم موردبررسی متفاوت بود (جدول ۶). وزن ساقه در آزمایش مشگین‌شهر تا ۱۴ روز بعد از

گرده‌افشانی اضافه شده و به عدد ۶۶۴ میلی‌گرم رسید که نسبت به زمان گرده‌افشانی افزایش ۳۶ درصدی را نشان می‌دهد. هم‌چنین وزن ساقه در آزمایش مغان تا دو روز بعد از گرده‌افشانی افزایش یافته و به عدد ۴۲۱ میلی‌گرم رسید که تنها افزایش ۴ درصدی را نسبت به زمان گرده‌افشانی نشان می‌دهد (جدول ۶). زمانی که میانگین هر رقم در دو منطقه موردتوجه قرار گرفت، مشخص شد که ارقام برزین، جلگه و قافلان به‌ترتیب با ۶۹۹، ۶۰۱ و ۵۸۲ میلی‌گرم بیش‌ترین و ارقام خرم، فردان و مهتاب به‌ترتیب با ۳۹۶، ۴۳۷ و ۵۱۱ میلی‌گرم کم‌ترین وزن ساقه را داشتند. حداکثر مقدار وزن ساقه در گروه جوهای شش ردیفه، ۵۸۹ میلی‌گرم بود که ۱۶ درصد بیش‌تر از گروه جوهای دو ردیفه بود. هم‌چنین مقایسات درون‌گروهی نشان داد که حداکثر وزن ساقه در جوهای دو ردیفه معتدله بیش‌تر از جوهای دو ردیفه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بود. چنین روندی در مورد جوهای شش ردیفه مشاهده نشد (جدول ۶). همانند وزن میانگره‌ها، وزن ساقه نیز بعد از رسیدن به حداکثر مقدار خود به‌تدریج و تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت (جدول ۶).

۴.۴. وزن مخصوص میانگره‌ها و ساقه

تجزیه مرکب نشان داد که اثر اصلی مکان و رقم بر روی حداکثر وزن مخصوص پدانکل، پنالتی‌میت، میانگره‌های زیرین و نیز کل ساقه معنی‌دار بود. اما اثر متقابل مکان در رقم بر روی وزن مخصوص میانگره‌ها و ساقه معنی‌دار نگردید (جدول‌های ۳ تا ۶). حداکثر وزن مخصوص پدانکل در آزمایش مشگین‌شهر با مقدار ۷/۲ میلی‌گرم در سانتی‌متر در ۱۸ روز بعد از گرده‌افشانی و در آزمایش مغان با مقدار ۴/۷ میلی‌گرم در سانتی‌متر در چهار روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد. عموماً ارقامی از جو که مقادیر بالایی از حداکثر وزن مخصوص پدانکل داشتند، صاحب رتبه‌های بالایی در حداکثر وزن مخصوص پنالتی‌میت شدند (جدول‌های ۳ و ۴). حداکثر وزن مخصوص میانگره‌های زیرین بیش‌تر از پنالتی‌میت و پدانکل بود (جدول‌های ۳ تا ۵). میانگین حداکثر وزن مخصوص میانگره‌های زیرین در بین هشت رقم جو مورد مطالعه در شرایط دیم شهرستان مشگین‌شهر و مغان به‌ترتیب ۱۸/۷ و ۱۱/۷ میلی‌گرم در سانتی‌متر بود. زمانی که وزن مخصوص در سطح ساقه موردبررسی قرار گرفت، مشخص شد ارقام برزین، جلگه و مهتاب به‌ترتیب با ۱۳/۹، ۱۱/۷ و ۱۱/۲ میلی‌گرم در سانتی‌متر بیش‌ترین وزن مخصوص ساقه را در دو منطقه موردآزمایش کسب کردند (جدول ۶). مقایسات گروهی بین جوهای دو ردیفه و شش ردیفه نشان داد که حداکثر وزن مخصوص میانگره‌ها و ساقه در جوهای شش ردیفه به‌طور معنی‌داری بیش‌تری از جوهای دو ردیفه بود (جدول‌های ۳ تا ۶).

۴.۵. انتقال مجدد از میانگره‌ها و انتقال مجدد تجمعی

تجزیه مرکب نشان داد که اثرات اصلی مکان، رقم و اثر متقابل مکان در رقم برای انتقال مجدد پدانکل، پنالتی‌میت، میانگره‌های زیرین و ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ تا ۶). میانگین ارقام از نظر مقدار انتقال مجدد پدانکل در آزمایش مشگین‌شهر و مغان به‌ترتیب ۴۶ و ۱۹ میلی‌گرم بود. زمانی که ارقام به‌صورت جداگانه در مشگین‌شهر و مغان موردبررسی قرار گرفتند، مشخص شد مقدار انتقال مجدد پدانکل در آزمایش مشگین‌شهر از ۲۳ (رقم آرتان) تا ۷۶ میلی‌گرم (رقم اکسین) و در شرایط مغان از ۱۳ (رقم جلگه) تا ۲۵ میلی‌گرم (رقم برزین) متغیر بود (جدول ۳). مقایسه دو منطقه موردآزمایش از نظر مقدار انتقال مجدد پنالتی‌میت نشان داد مقدار این صفت در شرایط مشگین‌شهر بیش‌تر از مغان است (جدول ۴). با تغییر مکان از مشگین‌شهر به مغان، رتبه ارقام برای انتقال مجدد پنالتی‌میت در برخی از ارقام حفظ و در برخی دیگر تغییر کرد (جدول ۴).

جدول ۳. میانگین صفات مربوط به پدانکل در هشت رقم جو دیم رشدیافته در شهرستان مشگین‌شهر و مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

تیمارها	حداکثر طول پدانکل (سانتی متر)	روز بعد از گرده‌افشانی [#]	وزن پدانکل در گرده‌افشانی (میلی گرم)	حداکثر وزن پدانکل (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	وزن پدانکل در رسیدگی (میلی گرم)	حداکثر وزن مخصوص پدانکل (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	انتقال مجدد پدانکل (میلی گرم)	مشارکت در عملکرد (درصد)
مکان	مشگین‌شهر	۲۲/۸a	۹	۸۰a	۱۷۵a	۱۸	۷/۲a	۱۸	۴۶a	۳/۵a
	مغان	۱۲/۴b	۰	۵۵b	۵۹b	۴	۴/۷b	۴	۱۹b	۲/۶a
رقم	برزین	۱۸/۷ab	۷	۸۰ab	۱۴۹a	۷	۱۱/۴a	۷	۳۵bc	۲/۰a
	اکسین	۲۰/۰a	۴	۷۹abc	۱۳۸ab	۱۴	۹/۴abc	۱۴	۴۶a	۳/۴a
	خرم	۱۶/۰b	۴	۶۱bcd	۷۴e	۱۴	۴/۷d	۱۴	۲۹cd	۴/۰a
	فردان	۱۷/۱ab	۴	۵۰d	۹۰de	۱۴	۴/۷d	۱۴	۲۲d	۲/۲a
	جلگه	۱۸/۸ab	۷	۶۴bcd	۱۲۸abc	۷	۶/۲bc	۷	۳۱bcd	۲/۲a
	مهتاب	۱۶/۹ab	۴	۹۴a	۱۴۴a	۱۴	۷/۱ab	۱۴	۴۱ab	۳/۱a
	آرتان	۱۷/۱ab	۴	۵۷bcd	۱۰۳cde	۷	۵/۴cd	۷	۲۶cd	۳/۷a
	قافلان	۱۶/۱b	۴	۵۴cd	۱۰۸bcd	۱۱	۶/۰c	۱۱	۳۳bcd	۳/۵a
مشگین‌شهر	برزین	۲۶/۰a	۱۴	۹۲a	۲۳۱a	۱۴	۸/۹a	۱۴	۴۵cd	۲/۱bcd
	اکسین	۲۳/۹ab	۷	۸۲bc	۱۹۶ab	۱۴	۸/۱ab	۱۴	۷۶a	۵/۴a
	خرم	۱۶/۱cd	۷	۶۰bcde	۸۶cd	۲۸	۵/۴def	۲۸	۳۴de	۳/۱abcd
	فردان	۱۹/۰bc	۷	۳۸de	۱۱۷c	۲۸	۵/۳def	۲۸	۲۳ef	۲/۳abcd
	جلگه	۲۶/۰a	۱۴	۷۳bcd	۲۰۰ab	۱۴	۷/۶ab	۱۴	۵۰bc	۳/۲abcd
	مهتاب	۲۳/۸ab	۷	۱۴۲a	۲۲۸a	۱۴	۸/۷a	۱۴	۶۴ab	۴/۳abcd
	آرتان	۲۳/۸ab	۷	۶۸bcd	۱۶۰b	۱۴	۶/۶bcd	۱۴	۲۸ef	۲/۲bcd
	قافلان	۲۳/۹ab	۷	۸۱bc	۱۸۱b	۱۴	۷/۴abc	۱۴	۵۱bc	۵/۱abc
مغان	برزین	۱۱/۴def	۰	۶۷bcd	۶۷de	۰	۵/۹cde	۰	۲۵ef	۲/۰bcd
	اکسین	۱۶/۱cd	۰	۷۶bc	۷۹cde	۱۴	۴/۸ef	۱۴	۱۶f	۱/۵d
	خرم	۱۵/۹cd	۰	۶۲bcde	۶۲de	۰	۳/۹f	۰	۲۴ef	۴/۹abc
	فردان	۱۵/۳cde	۰	۶۳bcde	۶۳de	۰	۴/۱f	۰	۲۰ef	۲/۲bcd
	جلگه	۱۱/۶def	۰	۵۶bcde	۵۶de	۰	۴/۸ef	۰	۱۳f	۱/۳d
	مهتاب	۱۰/۰f	۰	۴۵cde	۶۱de	۱۴	۵/۶def	۱۴	۱۷f	۲/۰cd
	آرتان	۱۰/۴ef	۰	۴۶cde	۴۶de	۰	۴/۲ef	۰	۲۴ef	۵/۲ab
	قافلان	۸/۳f	۰	۲۸e	۳۵e	۷	۴/۶ef	۷	۱۴f	۲/۰bcd
مکان		**		*	**		**		**	ns
رقم		ns		**	**		**		**	ns
مکان × رقم		**		**	**		**		ns	*
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶		۱۱	۲۱		۲۷		۱۴	۵۳
جو شش ردیفه		۱۸/۶a		۷۹a	۱۴۰a		۱۰۲a		۶/۸a	۲/۷a
جو دوردیفه		۱۶/۶b		۵۶b	۹۴b		۶۶b		۵/۲b	۳/۴a
دوردیفه گرمسیری		۱۶/۶a		۵۶a	۸۲b		۵۶b		۴/۷b	۳/۱a
دوردیفه معتدل		۱۶/۶a		۵۶a	۱۰۶a		۷۶a		۵/۷a	۳/۶a
شش ردیفه گرمسیری		۱۹/۴a		۷۹a	۱۴۴a		۱۰۳a		۶/۹a	۲/۷a
شش ردیفه معتدل		۱۷/۸a		۷۹a	۱۳۶a		۱۰۰a		۶/۷a	۲/۷a

روز بعد از گرده‌افشانی که در آن روز حداکثر طول، وزن و وزن مخصوص پدانکل مشاهده شده است.

ns: **، #: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

پویایی مواد فتوسنتزی در میانگره‌های ساقه ارقام جو دیم در مناطق با آب‌وهوای متفاوت / مهدی جودی و اصغر مهربان ۴۰۷

جدول ۴. میانگین صفات مربوط به پנالتی‌میت در هشت رقم جو دیم رشدیافته در شهرستان مشگین‌شهر و مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

تیمارها	مکان	مشگین شهر	۱۱/۵a	۱	۱۰۲a	۱۷۳a	۱۸	۱۱۸a	۱۳/۸a	۱۶	۵۵a	۴/۰a
	رقم	برزین	۹/۰b	۰	۶۷b	۷۳b	۴	۴۶b	۷/۹b	۴	۲۷b	۳/۳a
		اکسین	۱۱/۸a	۰	۱۳۴a	۱۸۷a	۱۱	۱۲۷a	۱۴/۸a	۷	۶۰a	۳/۵ab
		خرم	۹/۸bc	۰	۸۳c	۱۲۷b	۱۴	۹۹ab	۱۱/۷b	۱۱	۲۸c	۲/۲b
		فردان	۱۱/۴ab	۴	۶۶c	۱۰۰b	۱۸	۶۸b	۸/۷c	۱۸	۳۲bc	۴/۴a
		جلگه	۱۰/۴abc	۰	۶۵c	۱۰۲b	۷	۶۳b	۹/۰bc	۷	۴۰b	۴/۰a
		مهتاب	۹/۱c	۰	۷۴c	۱۳۶b	۱۴	۸۳b	۱۱/۸b	۱۴	۵۳a	۳/۸a
		آرتان	۱۰/۳abc	۰	۱۰۷b	۱۲۹b	۷	۷۸b	۱۱/۷b	۴	۵۱a	۴/۳a
		قافلان	۱۰/۴abc	۰	۶۹c	۱۰۳b	۷	۶۹b	۹/۲bc	۷	۳۴bc	۳/۵ab
			۸/۸c	۰	۸۱c	۹۷b	۱۱	۶۸b	۹/۹bc	۱۱	۳۰bc	۳/۵ab
	مشگین شهر	برزین	۱۳/۲ab	۰	۱۵۰a	۲۵۶a	۲۱	۱۸۱a	۱۸/۳a	۱۴	۷۵ab	۳/۴abcd
		اکسین	۹/۹cd	۰	۱۰۶bcd	۱۷۷bc	۲۱	۱۵۲ab	۱۶/۱a	۱۴	۲۶gh	۱/۷d
		خرم	۱۰/۹abc	۷	۶۳ef	۱۲۱cdef	۲۸	۸۲cdef	۱۱/۱cde	۲۸	۳۹efg	۳/۵abcd
		فردان	۱۰/۶bc	۰	۶۳ef	۱۳۸cde	۱۴	۸۱cdef	۱۱/۶bcd	۱۴	۵۷cd	۵/۵a
		جلگه	۱۱/۶abc	۰	۱۰۰cd	۲۱۱ab	۱۴	۱۲۴bc	۱۵/۰abc	۱۴	۸۷a	۵/۶a
		مهتاب	۱۰/۸bc	۰	۱۳۲ab	۱۷۷bc	۱۴	۱۱۲bcd	۱۵/۲ab	۷	۶۵bc	۴/۳abc
		آرتان	۱۳/۶a	۰	۸۹cde	۱۵۶bc	۱۴	۱۰۴bcde	۱۱/۹bcd	۱۴	۵۲cde	۴/۱abc
		قافلان	۱۱/۸abc	۰	۱۱۳bcd	۱۴۶bcd	۲۱	۱۰۷bcd	۱۱/۵bcd	۲۱	۳۹efg	۳/۹abcd
	مغان	برزین	۱۰/۴bc	۰	۱۱۹bc	۱۱۹cdef	۰	۷۳cdef	۱۱/۴bcd	۰	۴۵def	۳/۶abcd
		اکسین	۹/۷cd	۰	۵۹ef	۷۶efg	۷	۴۷ef	۷/۳ef	۷	۲۹gh	۲/۷cd
		خرم	۱۲/۰abc	۰	۶۸ef	۸۰defg	۷	۵۵def	۶/۳f	۷	۲۵gh	۵/۲ab
		فردان	۱۰/۳c	۰	۶۷ef	۶۷fg	۰	۴۴f	۶/۴f	۰	۲۲h	۲/۴cd
		جلگه	۶/۶e	۰	۴۸f	۶۱fg	۱۴	۴۱f	۸/۶def	۱۴	۲۰h	۲/۱cd
		مهتاب	۹/۹cd	۰	۸۲de	۸۲defg	۰	۴۴f	۸/۲def	۰	۳۸gh	۴/۳abc
		آرتان	۷/۳de	۰	۴۹f	۴۹g	۰	۳۳f	۶/۶f	۰	۱۶h	۳/۰bcd
		قافلان	۵/۹e	۰	۴۸f	۴۸g	۰	۲۸f	۸/۲def	۰	۲۱h	۳/۰bcd
	مکان		**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
	رقم		*	**	**	**	*	**	**	**	**	ns
	مکان × رقم		**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
	ضریب تغییرات (درصد)		۱۴	۱۹	۳۰	۳۸	۲۰	۳۲	۱۹	۳۲	۱۴	۳۲
	جو شش ردیفه		۱۰/۲a	۹۹a	۱۴۵a	۹۷a	۱۲/۵a	۴۸a			۳/۴a	
	جو دوردیفه		۱۰/۳a	۷۰b	۱۰۱b	۶۷b	۹/۲b	۳۴b			۳/۸a	
	دوردیفه گرمسیری		۱۰/۹a	۶۵a	۱۰۱a	۶۵a	۸/۹a	۳۶a			۴/۲a	
	دوردیفه معتدل		۹/۶a	۷۵a	۱۰۰a	۶۸a	۹/۵a	۳۲a			۳/۵a	
	شش‌ردیفه گرمسیری		۱۰/۸a	۱۰۸a	۱۵۷a	۱۱۳a	۱۳/۳a	۴۴b			۲/۸b	
	شش‌ردیفه معتدل		۹/۷a	۹۰b	۱۳۳a	۸۱b	۱۱/۷a	۵۲a			۴/۱a	

روز بعد از گرده‌افشانی که در آن روز حداکثر طول، وزن و وزن مخصوص پنالتی‌میت مشاهده شده است.

ns: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۵. میانگین صفات مربوط به میانگروه‌های زیرین در هشت رقم جو دیم رشدیافته در شهرستان مشگین‌شهر و مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

تیمارها	مشارکت در عملکرد (درصد)	انتقال مجدد زیرین (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	حداکثر وزن مخصوص میانگروه‌های زیرین (میلی گرم)	وزن میانگروه‌های زیرین در رسیدگی (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	حداکثر وزن میانگروه‌های زیرین (میلی گرم)	وزن میانگروه‌های زیرین در گرده‌افشانی (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی *	حداکثر طول میانگروه‌های زیرین (سانتی‌متر)
مکان	مشگین‌شهر	۱۶/۹b	۱	۲۴۲b	۳۲۹a	۱۵	۲۱۶a	۱۸۷a	۱۵	۸/۶a
رقم	مغان	۲۵/۷a	۰	۲۸۳a	۲۹۵b	۴	۲۱۵a	۱۱۷b	۳	۱۰/۳a
	برزین	۱۹/۰b	۰	۳۳۴ab	۳۶۶ab	۷	۲۶۲ab	۲۰/۱a	۷	۶/۴c
	اکسین	۱۹/۱b	۰	۳۲۸de	۲۹۵abcd	۱۴	۱۸۰abc	۱۶/۶b	۱۴	۹/۲abc
	خرم	۱۸/۶b	۴	۱۴۸f	۲۲۵d	۱۴	۱۳۸c	۱۲/۹cd	۱۴	۱۱/۸abc
	فردان	۲۴/۲a	۰	۱۹۶ef	۲۵۴cd	۱۱	۱۶۵bc	۱۱/۴d	۱۱	۹/۱abc
	جلگه	۱۹/۹b	۰	۳۷۵bcd	۳۴۴abc	۷	۲۳۹ab	۱۶/۹b	۷	۸/۰bc
	مهناب	۱۷/۷b	۰	۲۴۵cde	۲۶۷bcd	۷	۲۰۱abc	۱۶/۲b	۴	۵/۶c
	آرتان	۲۶/۸a	۰	۳۰۵bc	۳۶۴ab	۷	۲۶۲ab	۱۲/۸cd	۷	۱۳/۱a
	قافلان	۲۵/۱a	۰	۳۶۹a	۳۸۳a	۷	۲۷۹a	۱۴/۸bc	۷	۱۲/۶a
مشگین‌شهر	برزین	۱۵/۰de	۰	۳۰۱bcd	۳۶۵abcd	۱۴	۲۵۳abc	۲۴/۲a	۱۴	۵/۱d
	اکسین	۱۰/۹e	۰	۱۹۱efg	۲۴۶cde	۲۱	۱۳۵c	۲۰/۶ab	۲۱	۷/۶cd
	خرم	۱۲/۹de	۷	۱۰۳g	۲۴۳cde	۲۱	۱۴۰c	۱۷/۲bc	۲۱	۹/۲bcd
	فردان	۱۵/۶de	۰	۱۵۶fg	۲۷۲bcde	۱۴	۱۳۸c	۱۵/۶cd	۱۴	۱۳/۲abc
	جلگه	۱۷/۰d	۰	۲۵۶cde	۳۹۴abc	۱۴	۲۴۸abc	۲۰/۶ab	۱۴	۹/۴bcd
	مهناب	۱۳/۱de	۰	۲۱۸def	۲۵۷cde	۷	۱۷۸bc	۲۰/۳ab	۷	۵/۲d
	آرتان	۲۵/۰bc	۰	۳۰۷bcd	۴۲۵ab	۱۴	۳۱۱ab	۱۵/۱cde	۱۴	۸/۸bcd
	قافلان	۲۵/۴bc	۰	۴۰۵a	۴۳۲a	۱۴	۳۲۹a	۱۶/۱cd	۱۴	۱۰/۳bcd
مغان	برزین	۲۳/۱bc	۰	۳۶۷ab	۳۶۷abcd	۰	۲۷۰abc	۱۵/۹cd	۰	۷/۷cd
	اکسین	۲۷/۳bc	۰	۲۶۴cde	۳۴۴abcde	۷	۲۲۴abc	۱۲/۵cdef	۷	۱۰/۸bcd
	خرم	۲۴/۳bc	۰	۱۹۳efg	۲۰۷e	۷	۱۳۶c	۸/۵fg	۷	۱۴/۳ab
	فردان	۳۲/۸a	۰	۲۳۶cdef	۳۳۷de	۷	۱۹۲abc	۷/۲g	۷	۴/۹d
	جلگه	۲۲/۸c	۰	۲۹۴bcd	۲۹۴abcde	۰	۲۲۹abc	۱۳/۱cde	۰	۶/۶d
	مهناب	۲۲/۳c	۰	۲۷۱bcde	۲۷۷bcde	۷	۲۲۴abc	۱۲/۲def	۰	۶/۰d
	آرتان	۲۸/۷ab	۰	۳۰۳bcd	۳۰۳abcde	۰	۲۱۳abc	۱۰/۶efg	۰	۱۷/۳a
	قافلان	۲۴/۷bc	۰	۳۳۳abc	۳۳۳abcde	۰	۲۲۹abc	۱۳/۵cde	۰	۱۴/۸ab
مکان		**	**	**	**	ns	ns	**	**	ns
رقم		**	**	**	**	*	*	**	**	**
مکان×رقم		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴	۱۹	۲۵	۳۶	۱۶	۳۳	۱۲	۳۳	۱۲
جو شش ردیفه		۱۸/۹b	۲۷۰a	۳۱۸a	۲۲۰a	۱۷/۴a	۹۸a	۷/۳b		
جو دوردیفه		۲۳/۷a	۲۵۴a	۳۰۶a	۲۱۱a	۱۳b	۹۵a	۱۱/۶a		
دوردیفه گرمسیری		۲۱/۴b	۱۷۲b	۲۳۹b	۱۵۲b	۱۲/۲a	۸۸b	۱۰/۴a		
دوردیفه معتدل		۲۵/۹a	۳۳۷a	۳۷۳a	۲۷۱a	۱۳/۸a	۱۰۳a	۱۲/۸a		
شش ردیفه گرمسیری		۱۹/۱a	۲۸۱a	۳۳۰a	۲۲۱a	۱۸/۳a	۱۱۰a	۷/۸a		
شش ردیفه معتدل		۱۸/۸a	۲۶۰a	۳۰۶a	۲۲۰a	۱۶/۶a	۸۶b	۶/۸a		

روز بعد از گرده‌افشانی که در آن روز حداکثر طول، وزن و وزن مخصوص میانگروه‌های زیرین مشاهده شده است.

ns، **، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

پویایی مواد فتوسنتزی در میانگروه‌های ساقه ارقام جو دیم در مناطق با آب‌وهوای متفاوت / مهدی جودی و اصغر مهربان ۴۰۹

جدول ۶. میانگین صفات مربوط به ساقه همراه با عملکرد دانه ساقه اصلی در هشت رقم جو دیم رشدیافته در شهرستان مشکین‌شهر و مغان در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲

تیمارها	حداکثر طول ساقه (سانتی‌متر)	روز بعد از گرده‌افشانی [#]	وزن ساقه در گرده‌افشانی (میلی گرم)	حداکثر وزن ساقه (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	وزن ساقه در رسیدگی (میلی گرم)	حداکثر وزن مخصوص ساقه (میلی گرم)	روز بعد از گرده‌افشانی	انتقال مجدد تجمعی میانگروه‌ها (میلی گرم)	مشارکت تجمعی در عملکرد (در صد)	عملکرد دانه در ساقه (گرم)
مکان	مشکین‌شهر	۵۳/۱a	۱۱	۴۲۴a	۶۶۴a	۱۴	۴۶۳a	۱۲/۴a	۲۱۴a	۱۶/۱a	۱/۴۳a
	مغان	۴۷/۱b	۰	۴۰۵a	۴۲۱b	۲	۳۰۰b	۹/۱b	۱۲۷b	۱۶/۲a	۰/۸۹b
رقم	برزین	۴۹/۸abc	۷	۵۴۸a	۶۹۹a	۷	۵۰۲a	۱۳/۹a	۱۹۹a	۱۱/۹b	۱/۷۴a
	اکسین	۴۹/۵abc	۴	۳۸۹c	۵۴۴bc	۱۱	۳۷۱bc	۱۱/۱a	۱۸۹a	۱۴/۸ab	۱/۳۷b
	خرم	۴۶/۱bc	۴	۲۷۴d	۳۹۶d	۱۴	۲۵۱c	۸/۶b	۱۴۸b	۲۰/۱a	۰/۸۲d
	فردان	۵۲/۹a	۴	۳۱۱d	۴۳۷cd	۷	۲۹۶bc	۸/۲b	۱۵۱b	۱۵/۲ab	۰/۹۸cd
	جلگه	۴۹/۸abc	۷	۴۱۳c	۶۰۱ab	۷	۴۱۸ab	۱۱/۷a	۱۹۰a	۱۴/۱ab	۱/۲۶bc
	مهناب	۴۵/۰c	۴	۴۴۵bc	۵۱۱bcd	۴	۳۸۲ab	۱۱/۲b	۱۵۹b	۱۳/۰ab	۱/۲۸bc
	آرتان	۵۶/۱a	۷	۴۳۱bc	۵۷۰abc	۷	۴۰۸ab	۱۰/۰b	۱۶۲b	۲۰/۳a	۰/۹۴d
	قافلان	۵۱/۷ab	۷	۵۰۴ab	۵۸۲abc	۷	۴۲۲ab	۱۱/۱b	۱۶۶b	۱۹/۶a	۰/۸۹d
مشکین‌شهر	برزین	۵۴/۷bc	۱۴	۵۴۳ab	۸۴۶a	۱۴	۶۲۱a	۱۵/۴a	۲۳۱b	۱۰/۶cd	۲/۲۲a
	اکسین	۴۵/۹cde	۷	۳۷۹cde	۵۸۹cde	۱۴	۴۰۶bcd	۱۳/۰abc	۲۱۳bc	۱۴/۷bcd	۱/۶۰b
	خرم	۳۹/۹e	۷	۲۲۶f	۴۴۶def	۲۱	۲۷۳cd	۱۰/۶bcde	۱۷۶de	۱۵/۷abcd	۱/۱۲cde
	فردان	۴۷/۴cde	۷	۲۵۷f	۵۰۹def	۱۴	۳۱۲cd	۱۰/۲bcde	۲۱۵bc	۲۱/۲abc	۱/۰۴def
	جلگه	۵۸/۸ab	۱۴	۴۲۹cde	۸۰۵ab	۱۴	۵۲۳ab	۱۳/۶ab	۲۸۲a	۱۸/۲abcd	۱/۵۵bc
	مهناب	۴۷/۸cde	۷	۴۹۲abc	۶۲۳bcd	۷	۴۵۳abc	۱۳/۰abc	۲۰۹bcd	۱۳/۸cd	۱/۶۱b
	آرتان	۶۵/۸a	۱۴	۴۶۴bcd	۷۴۱abc	۱۴	۵۴۷ab	۱۱/۳bcde	۱۹۴cde	۱۵/۱abcd	۱/۲۹bcd
	قافلان	۶۴/۶a	۱۴	۵۹۸a	۷۵۳abc	۱۴	۵۶۷ab	۱۱/۷bcde	۱۹۳cde	۱۹/۳abcd	۱/۰۲def
مغان	برزین	۴۴/۹de	۰	۵۵۳ab	۵۵۳cdef	۰	۳۸۵bcd	۱۲/۲abcd	۱۶۷ef	۱۳/۲cd	۱/۳۷bcd
	اکسین	۵۳/۱bcd	۰	۳۹۹cde	۴۹۹def	۷	۳۳۵cd	۹/۱def	۱۶۵ef	۱۴/۹bcd	۱/۱۵bcde
	خرم	۵۲/۲bcd	۰	۳۲۳ef	۳۴۶f	۷	۲۲۹d	۶/۵f	۱۱۹ghi	۲۴/۵ab	۰/۵۳g
	فردان	۵۸/۴ab	۰	۳۶۵de	۳۶۵f	۰	۲۷۹cd	۶/۳f	۸۷i	۹/۵d	۰/۹۲defg
	جلگه	۴۰/۹e	۰	۳۹۸cde	۳۹۸ef	۰	۳۱۴cd	۹/۹cde	۹۷hi	۱۰/۰d	۰/۹۷defg
	مهناب	۴۲/۲e	۰	۳۹۸cde	۳۹۸ef	۰	۳۱۱cd	۹/۴def	۱۰۸ghi	۱۲/۳cd	۰/۹۶defg
	آرتان	۴۶/۴cde	۰	۳۹۸cde	۳۹۸ef	۰	۲۶۸cd	۸/۷ef	۱۳۰gh	۲۵/۴a	۰/۵۸fg
	قافلان	۳۸/۹e	۰	۴۱۰cde	۴۱۰def	۰	۲۷۸cd	۱۰/۵bcde	۱۳۸fg	۱۹/۸abc	۰/۷۵defg
مکان		**	ns	**	**	**	**	**	**	ns	**
رقم		*	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
مکان × رقم		**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰	۱۵	۲۱	۲۶	۱۶	۱۱	۳۳	۲۲		
جو شش ردیفه		۴۸/۵b	۴۴۹a	۵۸۹a	۴۱۹a	۱۲a	۱۸۴a	۱۳/۵b	۱۴a	۱/۴a	
جو دوردیفه		۵۱/۷a	۳۸۰b	۴۹۶b	۳۴۴b	۹/۵b	۱۵۶b	۱۸/۸a	۰/۹b		
دوردیفه گرمسیری		۴۹/۵b	۲۹۳b	۴۱۶b	۲۷۳b	۸/۴b	۱۴۹a	۱۷/۷a	۰/۹a		
دوردیفه معتدل		۵۳/۹a	۴۶۸a	۵۷۶a	۴۱۵a	۱۰/۵a	۱۶۴a	۱۹/۹a	۰/۹a		
شش‌ردیفه گرمسیری		۴۹/۶a	۴۶۸a	۶۲۲a	۴۳۷a	۱۲/۵a	۱۹۴a	۱۳/۴a	۱/۶a		
شش‌ردیفه معتدل		۴۷/۴a	۴۲۹a	۵۵۵a	۴۰۰a	۱۱/۵a	۱۷۴b	۱۳/۶a	۱/۳b		

روز بعد از گرده‌افشانی که در آن روز حداکثر طول، وزن و وزن مخصوص ساقه مشاهده شده است.

ns: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

میانگین انتقال مجدد از میانگرم‌های زیرین در آزمایش مشکین‌شهر ۱۱۳ میلی‌گرم و در شرایط مغان ۸۰ میلی‌گرم بود که به مراتب بیش‌تر از میانگین انتقال مجدد از میانگرم‌های بالایی بود. در بین ارقام مطالعه‌شده، جلگه و فردان در شرایط مشکین‌شهر و اکسین و قافلان در شرایط مغان بیش‌ترین انتقال مجدد از میانگرم‌های زیرین داشتند (جدول ۵). انتقال مجدد تجمعی (مجموع انتقال مجدد پدانکل، پنالتی‌میت و میانگرم‌های زیرین) در بین ارقام رشد یافته در مشکین‌شهر و مغان به‌ترتیب ۲۱۴ و ۱۲۷ میلی‌گرم بود. زمانی‌که ارقام از نظر مقدار انتقال مجدد تجمعی مقایسه شدند، مشخص شد که ارقام جلگه و برزین در آزمایش مشکین‌شهر و ارقام برزین و اکسین در آزمایش مغان بالاترین مقدار انتقال مجدد تجمعی را داشتند (جدول ۶).

مقدار انتقال مجدد از میانگرم‌های بالایی (پدانکل و پنالتی‌میت) در جوه‌های شش ردیفه بیش‌تر از جوه‌های دو ردیفه بود. اما هیچ تفاوتی بین این دو گروه، از نظر مقدار انتقال مجدد از میانگرم‌های زیرین مشاهده نشد. بنابراین، بالابودن مقدار انتقال مجدد تجمعی در جوه‌های شش ردیفه، به‌دلیل بالابودن انتقال مجدد در میانگرم‌های بالایی آن‌ها بود (جدول‌های ۳ تا ۶).

۴.۶. عملکرد دانه ساقه اصلی و درصد مشارکت انتقال مجدد در عملکرد دانه

عملکرد دانه ساقه اصلی از تفاوت وزن خشک سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک و گرده‌افشانی به‌دست آمد. تجزیه مرکب نشان داد اثرات اصلی مکان و رقم بر روی عملکرد دانه ساقه اصلی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل مکان در رقم معنی‌دار نشد (جدول ۶). میانگین عملکرد ارقام جو در آزمایش مشکین‌شهر ۱/۴۳ گرم بود که ۳۸ درصد بیش‌تر از میانگین عملکرد دانه ارقام در آزمایش مغان (۰/۸۹ گرم) بود. میانگین عملکرد ارقام در دو منطقه مورد آزمایش مشخص کرد که بالاترین عملکرد ساقه مربوط به ارقام برزین، اکسین، مهتاب و جلگه به‌ترتیب با ۱/۷۴، ۱/۳۷، ۱/۲۸ و ۱/۲۶ گرم بوده است.

اثر متقابل مکان در رقم برای درصد مشارکت میانگرم‌های بالایی (پدانکل و پنالتی‌میت) در عملکرد دانه معنی‌دار بود. مقدار مشارکت پدانکل در عملکرد دانه از ۲/۱ تا ۵/۱ درصد در شرایط مشکین‌شهر و از ۱/۵ تا ۵/۲ درصد در شرایط مغان متغیر بود. هم‌چنین، مقدار مشارکت پنالتی‌میت از ۱/۷ تا ۵/۶ درصد در شرایط مشکین‌شهر و از ۲/۱ تا ۵/۲ درصد در شرایط مغان، متفاوت بود (جدول‌های ۳ و ۴).

اثر اصلی رقم و اثر متقابل رقم در مکان برای درصد مشارکت میانگرم‌های زیرین معنی‌دار بود (جدول ۵). میانگین مقدار مشارکت در جوه‌های دو ردیفه ۱۱/۶ درصد بود که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میانگین مشارکت جوه‌های شش ردیفه (۷/۳ درصد) بود. بیش‌ترین مقدار مشارکت میانگرم‌های زیرین در شرایط مشکین‌شهر با مقدار ۱۰/۳ درصد مربوط به رقم قافلان و در شرایط مغان با مقدار ۱۷/۳ درصد مربوط به رقم آرتان بود (جدول ۵). زمانی‌که مجموع مشارکت میانگرم‌های ساقه (پدانکل، پنالتی‌میت و میانگرم‌های زیرین) در عملکرد دانه بررسی شد، مشخص شد در شرایط مشکین‌شهر بیش‌ترین مقدار مشارکت تجمعی با مقدار ۲۱/۲ درصد مربوط به رقم فردان (دو ردیفه) و در شرایط مغان با مقدار ۲۵/۴ درصد مربوط به رقم آرتان (دو ردیفه) بوده است (جدول ۶).

۵. بحث

در پژوهش حاضر، الگوی متفاوتی از رشد میانگرم‌های ساقه در بین مکان‌های موردآزمایش دیده شد. طولانی‌بودن طول دوره رشد پدانکل در شرایط مشکین‌شهر باعث گردید که حداکثر طول این میانگرمه در شرایط مشکین‌شهر تقریباً دو برابر شرایط مغان گردید. در مقابل، طول میانگرم‌های زیرین در شرایط مغان به مراتب بیش‌تر از مشکین‌شهر بود (جدول‌های ۳ و ۵).

این احتمال وجود دارد که در منطقه مغان گرم‌شدن سریع هوا در ماه‌های اردیبهشت و خرداد اجازه رشد و طویل شدن زیاد میانگره‌های بالایی و به‌ویژه پدانکل را در ارقام مورد آزمایش نداده است (جدول ۱).

تنوع وسیعی برای وزن میانگره‌ها در زمان گرده‌افشانی مشاهده شد. اگرچه علت تنوع در وزن میانگره‌ها کاملاً مشخص نشده است، اما تفاوت در صفات فیزیولوژیکی ارقام مانند سرعت فتوسنتز، بارگیری ساکاروز و فعالیت آنزیم‌های ساخت فروکتان (جودی و همکاران، ۲۰۱۲) و نیز تفاوت در ویژگی‌هایی مورفولوژیکی بین ارقام مانند طول و وزن مخصوص میانگره و ساقه (ساینت پییر^۱ و همکاران، ۲۰۱۰)، از دلایل چنین موضوعی می‌تواند باشد.

وزن میانگره‌ها در بعد از گرده‌افشانی افزایش یافت (جدول‌های ۳ تا ۵). علت افزایش در وزن میانگره‌ها در بعد از گرده‌افشانی، تکمیل ساختار آن‌ها (به‌ویژه پدانکل) و نیز تجمع کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه می‌باشد (واکابایاشی^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). طول دوره افزایش وزن کلیه میانگره‌ها در شرایط مشگین‌شهر بیش‌تر از مغان بود. این امر باعث گردید مقدار تجمع مواد فتوسنتزی در بعد از گرده‌افشانی در شرایط مشگین‌شهر بیش‌تر از مغان گردد. بسته به رقم، در شرایط مشگین‌شهر حداکثر وزن پدانکل، پنالتی‌میت و میانگره‌های زیرین به‌ترتیب در فاصله زمانی ۲۸-۱۴، ۲۸-۱۴ و ۲۱-۷ روز بعد از گرده‌افشانی و در شرایط مغان به‌ترتیب در ۱۴-۰، ۱۴-۰ و ۷-۰ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد (جدول‌های ۳ تا ۵). در پژوهشی که توسط اهدائی و همکاران (۲۰۰۶ الف) بر روی ۱۱ رقم گندم انجام شد، گزارش گردید که حداکثر وزن پدانکل و پنالتی‌میت در ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی و حداکثر وزن میانگره‌های زیرین در ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی به‌دست آمد. در مقابل، سرآبادانی تفرش و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که حداکثر وزن پدانکل و پنالتی‌میت در فاصله زمانی ۲۱-۷ روز پس از گلدهی و حداکثر وزن میانگره‌های زیرین در فاصله زمانی ۲۸-۱۴ روز بعد از گلدهی به‌دست آمد. نامبرندگان بیان کردند انتقال مجدد ذخایر در میانگره‌های زیرین پس از انتقال ذخایر پدانکل و پنالتی‌میت و با کمی تأخیر صورت می‌گرفت که مغایر با نتایج کسب‌شده در پژوهش حاضر می‌باشد.

انباشت مواد فتوسنتزی در میانگره‌های مختلف باعث گردید وزن کل ساقه نیز در بعد از گرده‌افشانی افزایش یابد. در شرایط مشگین‌شهر، سهم پدانکل، پنالتی‌میت و میانگره‌های زیرین در شکل‌گیری حداکثر وزن ساقه به‌ترتیب ۲۶، ۲۶ و ۴۹ درصد و در شرایط مغان به‌ترتیب ۱۴، ۱۷ و ۷۰ درصد بود. اما بسته به رقم، سهم میانگره‌های مختلف در تشکیل وزن نهایی ساقه متغیر بود (جداول ۳ تا ۶). میانگره‌های زیرین معمولاً از دو یا سه میانگره تشکیل می‌شوند. زمان تشکیل این میانگره‌ها در اوایل فصل بهار می‌باشد. در شرایط ایران (کشت دیم و آبی) معمولاً بارندگی بهاره در اوایل بهار و در زمان شکل‌گیری میانگره‌های زیرین وجود دارد. با توجه به این‌که تجمع مازاد مواد فتوسنتزی در یک میانگره پس از تکمیل ساختار میانگره و رسیدن به حداکثر طول آن میانگره انجام می‌شود (جودی و همکاران، ۲۰۲۵)، لذا به‌نظر می‌رسد تجمع کربوهیدرات‌های مازاد بر نیاز گیاه در میانگره‌های زیرین در شرایط مطلوب محیطی انجام می‌گردد. بنابراین، تعداد بیش‌تر میانگره‌ها، شرایط محیطی مناسب برای ذخیره‌سازی و نیز زمان طولانی ذخیره‌سازی باعث می‌گردد که سهم قابل‌توجهی از وزن ساقه بخصوص در شرایط مغان به میانگره‌های زیرین تعلق یابد.

وزن مخصوص نشان‌دهنده چگالی وزنی یا ضخامت میانگره یا ساقه بوده و از عوامل مهم در قدرت ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی محسوب می‌شود. بالا بودن مقدار این متغیر نشان می‌دهد که در یک واحد طولی از میانگره یا ساقه مواد فتوسنتزی بالایی انباشته شده است (سرآبادانی تفرش و همکاران، ۱۳۹۸). در شرایط مشگین‌شهر و مغان، حداکثر وزن مخصوص میانگره‌های زیرین بیش‌تر از پنالتی‌میت و آن هم بیش‌تر از پدانکل بود که با نتایج سایر پژوهش‌گران در گیاه

جو مطابقت دارد (سرآبادانی تفرش و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهش حاضر، حداکثر وزن مخصوص میانگرم، تأثیرپذیری بیش‌تری از حداکثر وزن آن میانگرم در قیاس با طول داشت (جدول‌های ۳ تا ۶). این امر نشان می‌دهد اصلاح‌گران نبات جهت تغییر در وزن مخصوص یک میانگرم باید توجه ویژه‌ای روی تغییر وزن آن میانگرم داشته باشند تا طول.

وزن و وزن مخصوص میانگرم‌ها و ساقه پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود به‌تدریج و تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک کاهش یافت. کاهش در وزن میانگرم‌ها به‌دلیل تجزیه قندهای محلول تجمع‌یافته در میانگرم‌های ساقه و انتقال آن‌ها (انتقال مجدد) به دانه‌های در حال پرشدن می‌باشد (جودی و همکاران، ۲۰۲۵).

مقدار انتقال مجدد از میانگرم‌ها و مقدار انتقال مجدد تجمعی در شرایط مشگین‌شهر بیش‌تر از مغان بود که هماهنگ با مقدار ذخیره‌سازی بالا در میانگرم‌ها تحت این شرایط بود (جدول‌های ۳ تا ۶). تنوع بسیار وسیعی برای انتقال مجدد از میانگرم‌ها در بین ارقام مشاهده شد (جدول‌های ۳ تا ۵). تفاوت در مقدار انتقال مجدد می‌تواند به تفاوت در غلظت کربوهیدرات‌های محلول در میانگرم‌های ساقه نسبت داده شود (اهدایی و همکاران، ۲۰۰۶ ب؛ روسکا و همکاران، ۲۰۰۶). کربوهیدرات‌های محلول حدود ۵۰-۲۱ درصد وزن خشک میانگرم‌های ساقه را تشکیل می‌دهند. کربوهیدرات‌های محلول در طول پرشدن دانه، از ساقه و میانگرم‌های تشکیل‌دهنده آن به دانه‌ها انتقال می‌یابند (گورمارتی^۱ و همکاران، ۲۰۲۳؛ اهدایی و همکاران، ۲۰۰۸). در این راستا، مقایسه محتوای سلولز و همی‌سلولز در ساقه ارقام گندم با محتوای بالا و پایین کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که در گروه با کربوهیدرات‌های بالا، مقدار پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی (سلولز و همی‌سلولز) به مراتب پایین‌تر بود (زو^۲ و همکاران، ۲۰۰۸).

ترتیب میانگین انتقال مجدد هم در آزمایش مشگین‌شهر و هم در آزمایش مغان به‌صورت میانگرم‌های زیرین <پنالتی‌میت> پدانکل بود که با گزارش سایر پژوهش‌گران در گندم و جو مطابقت دارد (سرآبادانی تفرش و همکاران، ۱۳۹۸؛ جودی و همکاران، ۱۳۸۹). این نتایج اهمیت میانگرم‌های زیرین را در منطقه با آب‌وهوای مدیترانه‌ای (مشگین‌شهر) و نیمه‌حاره‌ای (مغان) نشان می‌دهد. اهدایی و همکاران (۲۰۰۶ الف) بر این باورند که شرایط مناسب آب‌وهوایی در زمان تشکیل میانگرم‌های زیرین اجازه ذخیره‌سازی مناسب قندها در آن‌ها و سپس انتقال مجدد ذخایر به دانه‌ها را می‌دهد. بنابراین، ضروری است که میانگرم‌های زیرین دارای طول و وزن مخصوص بالایی باشند تا بتوانند در قبل از گرده‌افشانی، حداکثر مقدار مواد فتوسنتزی را ذخیره کرده و در بعد از این مرحله، با توان بالایی ذخایر خود را به دانه‌ها صادر کنند (جودی و همکاران، ۲۰۲۵).

سهم پدانکل، پنالتی‌میت و میانگرم‌های زیرین در شکل‌دهی مجموع انتقال مجدد (انتقال مجدد تجمعی) در شرایط مشگین‌شهر به‌ترتیب ۲۱، ۲۶ و ۵۳ درصد و در شرایط مغان به‌ترتیب ۱۵، ۲۱ و ۶۳ درصد بود. علت پایین‌بودن مشارکت پدانکل و پنالتی‌میت در شرایط مغان احتمالاً به‌دلیل افزایش دمای هوا در هنگام شکل‌گیری و تکامل پدانکل و پنالتی‌میت باشد (جدول ۱). چنین شرایطی منجر به کوچک‌ماندن میانگرم‌ها و کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی در آن‌ها می‌گردد. هم‌چنین به‌دلیل شرایط نامساعد محیطی، ظرفیت فتوسنتزی گیاه نیز کاهش یافته و مواد فتوسنتزی کم‌تری در آن‌ها تجمع می‌یابد. این عوامل باعث می‌گردد که مقدار انتقال مواد فتوسنتزی از میانگرم‌های بالایی به‌شدت کاهش یابد.

میانگین مقدار مشارکت انتقال مجدد پدانکل، پنالتی‌میت و میانگرم‌های زیرین در عملکرد دانه ساقه اصلی در آزمایش مشگین‌شهر به‌ترتیب ۳/۵، ۴ و ۸/۶ درصد و در شرایط مغان به‌ترتیب ۲/۶، ۳/۳ و ۱۰/۳ درصد بود. عبدی (۱۴۰۱) در

1. Gurumurthy

2. Xue

پژوهشی که بر روی چهار رقم جو تحت شرایط آبی و تنش خشکی آخر فصل رشد انجام داد، گزارش کرد که بیش‌ترین مقدار مشارکت هم در شرایط آبی و هم در شرایط تنش مربوط به میانگه پدانکل بوده و میانگه پنالتی‌میت و میانگه‌های زیرین در رتبه‌های بعدی بودند که مغایر با نتایج کسب‌شده در پژوهش حاضر می باشد. در مقابل، تعدادی دیگر از پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که بالاترین درصد مشارکت در گیاه گندم و جو مربوط به میانگه‌های زیرین بود (سرآبادانی تفرش و همکاران، ۲۰۲۳؛ جودی و همکاران، ۲۰۲۵).

مجموع مشارکت میانگه‌ها در آزمایش مشگین‌شهر ۱۶/۱ درصد و در آزمایش مغان ۱۶/۲ درصد بود که پایین‌تر از مقدار گزارش‌شده توسط سایر پژوهش‌گران در گندم و جو می‌باشد (عبدی، ۱۴۰۱؛ اهدایی و همکاران، ۲۰۰۸). علت این امر احتمالاً ارزیابی ارقام در شرایط دیم بوده است. تحت شرایط دیم، مقدار تجمع مواد فتوسنتزی در میانگه‌ها و مقدار آزادسازی آن‌ها به مراتب پایین‌تر از شرایط آبی است که منجر به پایین‌بودن درصد مشارکت در عملکرد دانه می‌گردد. در پژوهش حاضر، جوهای دو ردیفه در مقایسه با جوهای شش ردیفه، عموماً مقدار مشارکت بالایی در عملکرد دانه داشتند. بالابودن مقدار مشارکت در این گروه، نشان‌دهنده مقدار انتقال مجدد بالا در آن‌ها نمی‌باشد (جدول‌های ۳ تا ۶). مقدار مشارکت توسط دو عامل مقدار انتقال مجدد و مقدار عملکرد دانه تعیین می‌شود. پایین‌بودن مقدار عملکرد دانه بدون تغییر مقدار انتقال مجدد، باعث افزایش مقدار مشارکت انتقال مجدد در عملکرد دانه می‌گردد (جودی و همکاران، ۲۰۲۵).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پژوهش حاضر، هشت رقم جو در دو مکان با آب‌وهوای متفاوت (مشگین‌شهر و مغان) به‌صورت دیم کاشته شدند. اثر متقابل رقم در مکان عموماً برای حداکثر وزن و حداکثر وزن مخصوص میانگه‌ها و ساقه معنی‌دار نبود. این بدان معنی است که باوجود این‌که مقدار این صفات با تغییر مکان از مشگین‌شهر به مغان کاهش یافته است، اما رتبه ارقام برای این متغیرها ثابت مانده و تغییر زیادی نداشته است. بنابراین، گزینش ارقام برای صفات حداکثر وزن و وزن مخصوص میانگه‌ها راحت بوده و ارقامی که دارای رتبه‌های بالا در شرایط مشگین‌شهر هستند، در شرایط مغان نیز دارای رتبه‌های بالا خواهند بود. ارقام برزین و جلگه هم در شرایط مشگین‌شهر و هم در شرایط مغان دارای حداکثر وزن و حداکثر وزن مخصوص میانگه‌ها و ساقه بالایی بودند. اثر متقابل رقم در مکان برای انتقال مجدد میانگه‌ها و ساقه معنی‌دار بود. علاوه بر این‌که مقدار این صفات با تغییر مکان از مشگین‌شهر به مغان کاهش یافت، رتبه ارقام جو نیز برای این صفات دست‌خوش گردید. این امر نشان می‌دهد که گزینش ارقام برای انتقال مجدد باید در هر مکان به‌صورت جداگانه انجام گردد. ارقام جلگه و برزین در آزمایش مشگین‌شهر و ارقام برزین و اکسین در آزمایش مغان بالاترین مقدار انتقال مجدد تجمعی را نشان دادند.

۷. تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی از طرح پژوهشی با شماره قرارداد ۱۴۰۳/د/۹/۱۰۶۹۹ استخراج گردیده است.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

جودی، مهدی؛ احمدی، علی؛ محمدی، ولی‌اله؛ عباسی، علیرضا؛ محمدی، حمید؛ اسماعیل‌پور، محمد؛ بیات، زینب و ترکاشوند، بهروز (۱۳۸۹). بررسی تجمع و آزادسازی مواد فتوسنتزی ساقه در ارقام زراعی گندم‌های ایران تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی طی فاز رشد زایشی. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۱ (۲)، ۳۱۵-۳۲۸.

جودی، مهدی؛ اسماعیل‌پور، محمد و مهری، شهرام (۱۴۰۲). تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در گندم: جنبه‌های زراعی و مورفوفیزیولوژیکی. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۵ (۲)، ۳۶۵-۳۸۲.

سرآبادانی‌تفرش، راضیه؛ شیر، زهراسادات؛ شهبازی، مریم؛ بی‌همتا، محمدرضا و شریختواری، ماهرخ (۱۳۹۸). بررسی ذخایر ساقه و انتقال مجدد آن‌ها در برخی ارقام و لاین‌های جو تحت تنش خشکی انتهایی فصل. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۸ (۳۲)، ۲۷۹-۲۹۷.

عبدی، س (۱۴۰۱). تأثیر تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و تسهیم مواد فتوسنتزی رقم‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) در مرحله زایشی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۳ (۲)، ۱۲۵-۱۰۹.

مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه ریزی اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۲). *آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی*. ۱۴۰۰-۱۴۰۱.

References

- Abdi, S. (2022). Effect of water stress on yield, yield components and photoassimilates partitioning of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) at reproductive stage. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53 (2), 109- 125. (In Persian).
- Center for Statistics, Information and Communication Technology, Vice President of Economic Planning, Ministry of Agricultural Jihad. (2023). *Agricultural statistics of crops 2021–2022*. (In Persian).
- Dodig, D., Rancic, D., Vucelic, R.B., Zoric, M., Savic, J., Kandic, V., Pecinar, I., Stanojevic, S., Seslija, A., Vassilev, V., & Pekic-Quarrie, S. (2017). Response of wheat plants under post-anthesis stress induced by defoliation: II. Contribution on peduncle morpho-anatomical traits and carbon reserves to grain yield. *The Journal of Agricultural Science*, 155, 475-493. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000551>
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., & Waines J.G. (2008). Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.012>
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore M.A., & Waines J.G. (2006b). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Postanthesis changes in internode water soluble carbohydrates. *Crop Science*, 46, 2093-2103. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0013>
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., & Waines J.G. (2006a). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Science*, 46, 735-746. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0033>
- FAO. (2023). FAOSTAT: Production: Crops and livestock products. In: FAO. Rome. Cited December 2023
- Fischer, R.A. (2011). Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science*, 62, 95-114. <https://doi.org/10.1071/CP10344>
- Gurumurthy, S., Arora, A., Krishna, H., Chinnusamy, V., & Hazra K.K. (2023). Genotypic capacity of post-anthesis stem reserve mobilization in wheat for yield sustainability under drought and heat stress in the subtropical region. *Frontiers in Genetics*, 14, 1180941. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1180941>
- Joudi, M., & Van den Ende, W. (2018). Genotypic variation in Pre- and Post-anthesis dry matter remobilization in Iranian wheat cultivars: Associations with stem characters and grain yield. *Czech Journal of Genetic and Plant Breeding*, 54(3), 123-134. <https://doi.org/10.17221/93/2017-CJGPB>
- Joudi, M., Ahmadi, A., Mohamadi, V., Abbasi, A., Vergauwen, R., Mohamadi, H., & Van den Ende, W. (2012). Comparison of fructan dynamics in two wheat cultivars with different capacities of accumulation and remobilization under drought stress. *Physiologia Plantarum*, 144, 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01517.x>
- Joudi, M., Ahmadi, A., Mohammadi, V., Abbasi, A., Mohammadi, H., Esmailpour, M., Bayat, Z., & Torkashvand, B. (2010). Evaluation of stem reserves accumulation and remobilization in Iranian wheat cultivars under irrigated and post-anthesis drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41 (2), 315-328. (In Persian).

- Joudi, M., Esmaeilpour, M., & Mehri, S. (2023). Storage and remobilization of photoassimilates in wheat: Agronomic and morpho- physiologic aspects. *Crop Science Research in Arid Regions*, 5(2), 356-382. (In Persian).
- Joudi, M., Esmaeilpour, M., Mohammadi, V., & Ahmadi, A. (2024). Employing entire stem might underestimate the amount of carbohydrate remobilization in wheat. *Cereal Research Communications*, 52, 1163-1174. <https://doi.org/10.1007/s42976-023-00451-w>
- Joudi, M., Esmaeilpour, M., Mohammadi, V., & Ahmadi, A. (2025). Post-anthesis dry matter dynamics in the internodes of wheat cultivars grown under contrasting conditions: associations among agro-physiological traits. *Cereal Research Communications*, 53, 309-323. <https://doi.org/10.1007/s42976-024-00541-3>
- Reynolds, M.P., & Borlaug, N.E. (2006). Applying innovations and new technologies for international collaborative wheat improvement. *The Journal of Agricultural Science*, 144, 95-110. <https://doi.org/10.1017/S0021859606005879>
- Saint Pierre, C., Trethowan, R., & Reynolds, M. (2010). Stem solidness and its relationship to water-soluble carbohydrates: association with wheat yield under water deficit. *Functional Plant Biology*, 37, 166-174. <https://doi.org/10.1071/FP09174>
- Sarabadani Tafresh, R., Shobbar, Z.S., Shahbazi, M., Bihamta, M.R., & Sharbatkhari, M. (2019). Evaluation of stem reserves and remobilization in barley lines and cultivars under terminal drought stress. *Plant Process and Function*, 8 (32), 279-298. (In Persian).
- Thapa, S., Rudd, J.C., Jessup, K.E., Liu, S., Baker, J.A., Devkota, R., & Xue, Q. (2022). Middle portion of the wheat culm remobilizes more carbon reserve to grains under drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208(6), 795-804. <https://doi.org/10.1111/jac.12508>
- Vosoghi Rad, M., Jami Moeini, M., Taherian, M., & Mohammad A. (2022). Accumulation and remobilization of assimilates in different genotypes of durum wheat under terminal drought stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 25, 191-214. <https://doi.org/10.1007/s12892-021-00123-3>
- Wakabayashi, Y., Morita, R., Yamagishi, J., & Aoki, N. (2022). Varietal difference in dynamics of non-structural carbohydrates in nodal segments of stem in two varieties of rice (*Oryza sativa* L.) at pre- and post-heading stages. *Plant Production Science*, 25(1), 30-42. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2021.1914513>
- Xue, G.P., McIntyre, C.L., Jenkins, C.L.D., Glassop, D., van Herwaarden, A.F., & Shorter R. (2008). Molecular dissection of variation in carbohydrate metabolism related to water-soluble carbohydrate accumulation in stems of wheat. *Plant Physiology*, 146, 441-454. <https://doi.org/10.1104/pp.107.113076>