

## Effect of application of cycocel growth regulator on grain yield and stem reserves in wheat cultivars

Ali Ahmadi<sup>1\*</sup>, Robab mahmoudi<sup>2</sup>, Mahsa Baymani<sup>3</sup>

1, 2, 3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

(Received: November 7, 2021- Accepted: December 27, 2021)

### ABSTRACT

Stems water soluble carbohydrates are one of the major sources of assimilates for seed filling in photosynthesis limitation and drought stress. The objective of this study was to evaluate stem reserves accumulation capacity and its relationship with yield of wheat cultivars under cycocel (cycocel) treatments. 22 wheat cultivars were cultivated in a split plot design with three replications, cycocel foliar application and control (no cycocel) being main plots and wheat cultivars were sub plots. The amount of accumulation was estimated by measuring stem weight and stem soluble carbohydrates content (WSC). Significant variation among cultivars was observed under both cycocel and control treatments. Cycocel foliar application reduced stem length by 3.9% and increased stem specific weight by 6%. An increase in WSC content was observed in some cultivars with cycocel application. Cycocel, not only affected the distribution of photosynthetic assimilates between structural and soluble compounds in the stem, but also increased grain yield and number of seeds per spike. Cycocel increased the number of seeds per spike by 6% and grain yield by 8.2%. According to the results of cluster analysis, in both control and cycocel application treatments, Shabrang and Pishgam cultivars were the best cultivars in terms of studied traits. In conclusion, foliar application of cycocel in the second node emergence stage of wheat had a positive effect on grain yield and number of grains per spike and it also improved WSC accumulation capacity especially in taller cultivars.

**Keywords:** Chloroquate chloride (CCC), photoassimilate storage, stem specific weight, water soluble carbohydrates.

### اثر کاربرد تنظیم کننده رشد سایکوسل بر عملکرد دانه و ذخایر کربن ساقه در ارقام گندم

علی احمدی<sup>۱\*</sup>، رباب محمودی<sup>۲</sup>، مهسا بایمانی<sup>۳</sup>

۱ و ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی سابق دکتری و کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۶- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۶)

### چکیده

یکی از منابع مهم تأمین کننده مواد پرورده در شرایط محدودیت فتوسنتز و تنش خشکی، ذخایر ساقه است. هدف از این تحقیق، بهبود توان ذخیره سازی مواد فتوسنتزی قابل انتقال ساقه از طریق کاهش تخصیص کربن به ترکیبات ساختاری در ساقه گندم با مصرف سایکوسل بود. بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کرت های خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمار محلول پاشی سایکوسل در دو سطح شاهد و محلول پاشی در مرحله ظهور دومین گره ساقه به عنوان عامل اصلی و ۲۰ رقم گندم زراعی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. صفات مرتبط با ذخیره سازی ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد تعیین شد. محلول پاشی سایکوسل به طور معنی داری سبب کاهش ۳/۹ درصدی طول ساقه و افزایش ۶ درصدی وزن مخصوص ساقه شد. افزایش کربوهیدرات های محلول در آب (WSC) ساقه در برخی ارقام با مصرف سایکوسل مشاهده شد. کاربرد سایکوسل علاوه بر اینکه توزیع مواد فتوسنتزی بین ترکیبات ساختاری و محلول در ساقه را تحت تأثیر قرار داد، سبب افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله نیز گردید. سایکوسل میانگین تعداد دانه در سنبله را تا ۶ درصد و میانگین عملکرد دانه را تا ۸/۲ درصد افزایش داد. طبق نتایج تجزیه خوشه ای، در هر دو تیمار شاهد و محلول پاشی سایکوسل ارقام شبرنگ و پیشگام بهترین ارقام از نظر عملکرد و توان ذخیره سازی کربن بودند. در مجموع محلول پاشی سایکوسل در مرحله ظهور دومین

گره ساقه گندم تأثیر مثبت بر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ارقام داشت و در ارقام بلندتر سبب بهبود توان ذخیره‌سازی WSC نیز گردید.

**واژه‌های کلیدی:** ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول، کلرومکوات کلراید، وزن مخصوص ساقه.

## مقدمه

عقیده محققان اصلاح گندم مبتنی بر تولید ژنوتیپ‌هایی با ذخایر ساقه بالاتر و انتقال مجدد بالاتر کربوهیدرات‌های محلول ممکن است منجر به بهبود پر شدن دانه و افزایش عملکرد شود (Pask *et al.*, 2012). مطالعات نشان داده‌اند که فروکتان فرم اصلی WSC در ساقه گندم است (Joudi *et al.*, 2012). فروکتان در ساقه نه‌تنها به‌عنوان منبع کربن برای پر شدن دانه، بلکه به‌عنوان بخشی از مکانیسم‌های بازیابی (recovery) گیاه تحت تنش‌های زنده و غیرزنده ایفای نقش می‌کند (Livingston *et al.*, 2009). WSC تا مرحله گرده‌افشانی در ساقه‌ها تجمع پیدا می‌کنند، جایی که بعداً بتواند به‌عنوان منبع برای انتقال مجدد به دانه‌های در حال نمو در دسترس باشد. تجمع WSC، یا به‌عبارت‌دیگر ظرفیت ساقه (به‌عنوان سلول‌های مخزن) برای تجمع کربوهیدرات‌ها در آن، یک ویژگی ژنتیکی کاربردی مهم است که در وهله اول توان ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها در ساقه را تعیین می‌کند و در وهله دوم انتقال مجدد WSC از ساقه به دانه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. باتوجه‌به اینکه طول ساقه یکی از عوامل مهم مؤثر بر توان ذخیره‌سازی کربن در گندم است، بنابراین تنظیم‌کننده‌های رشد که طول ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر توان ذخیره‌سازی و به‌تبع آن انتقال مجدد مواد فتوسنتزی مؤثر باشند. اگرچه به‌طور معمول انتظار می‌رود ساقه‌های طولی‌تر ظرفیت ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی بیشتری در مقایسه با ساقه‌های کوتاه‌تر داشته باشند، اما ممکن است در ساقه‌های طولی‌تر بخشی از ذخایر ساقه قابل‌انتقال نبوده

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول غذایی جهان از نظر سطح زیر کشت، ارزش تجاری و تغذیه‌انسانی است و در مقایسه با سایر محصولات، بیشترین نقش را در تأمین امنیت غذایی جهانی داراست (Reynolds *et al.*, 2012). به گزارش فائو گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین غذاهای اصلی، حدود ۲۰٪ از کالری و پروتئین موردنیاز بشر را در سراسر جهان تأمین می‌کند و از نظر اهمیت بعد از ذرت و برنج در رتبه سوم قرار دارد. میانگین عملکرد گندم آبی در واحد سطح در ایران پایین‌تر از میانگین عملکرد در جهان است. به‌طوری‌که طبق گزارش فائو متوسط عملکرد گندم در سال ۲۰۱۹ در جهان ۳۵۴۶ و در ایران ۲۰۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (<http://www.fao.org>). در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ میانگین عملکرد گندم آبی و دیم در ایران به ترتیب ۴۲۳۶ و ۱۲۹۵ کیلوگرم در هکتار بود (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۰). در غلات، از جمله گندم در طی دوره‌ای از رشد، تجمع ماده خشک در گیاه بیشتر از میزان مصرف آن است، در این حالت مواد فتوسنتزی مازاد به‌صورت قندهای مختلف اغلب در ساقه ذخیره می‌شوند و در مراحل بعدی رشد که معمولاً از دو تا سه هفته پس از گلدهی شروع می‌شود به دانه انتقال می‌یابند (Sabry *et al.*, 1995). کربوهیدرات‌های محلول<sup>۱</sup> (WSC) قندهایی مانند فروکتان، ساکارز، گلوکز و فروکتوز هستند که به‌عنوان ذخایر در ساقه انباشته شده‌اند. به

<sup>1</sup> Water Soluble Carbohydrates

## مواد و روش‌ها

۱- **مواد گیاهی:** در این تحقیق ۲۰ رقم از گندم‌های ایران با سوابق اصلاحی متفاوت که برای کشت در چهار اقلیم کشور شامل مناطق گرم و مرطوب، گرم و خشک، معتدل و سردسیری معرفی شده‌اند با بررسی شجره‌نامه ارقام و با حداکثر تنوع ژنتیکی از ارقام قدیمی و جدید، متحمل تا حساس به خشکی مورد استفاده قرار گرفتند که ارقام دنا و شیرنگ گندم دوروم و بقیه آن‌ها ارقام گندم نان بودند. برخی ویژگی‌های ارقام مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

۲- **مشخصات محل اجرای آزمایش:** این آزمایش در مزرعه پژوهشی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران واقع در کرج (طول جغرافیایی ۵۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی آب و هوایی بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن پیشرفته جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد محسوب شده و میانگین بارندگی آن حدود ۲۷۱ میلی‌متر است (Ghaemi et al., 2016). خاک محل آزمایش دارای بافت لومی-رسی بود.

۳- **نحوه اجرای آزمایش و صفات مورد مطالعه:** این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. ارقام مورد مطالعه در کرت فرعی و تیمار شاهد و محلول‌پاشی سایکوسل با فرمول  $(\text{CH}_3)_3\text{N}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}_1$  و CAS number: 999-81-5 (ساخت شرکت سیگما آلدریچ، آمریکا) کرت‌های اصلی را تشکیل دادند. هر کرت فرعی شامل پنج خط چهار متری بافاصله ۱۴ سانتی‌متر بود. بین هر دو کرت فرعی نیم متر فاصله به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین جهت جلوگیری از نشت آب

و صرف ترکیبات ساختاری از جمله سلولز و همی‌سلولز شوند. سایکوسل (۲-کلرو اتیل‌تری‌متیل آمونیوم کلراید) گروهی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که با جلوگیری از سنتز انت-کائورن در مسیر بیوسنتز جیبرلین، سبب کاهش جیبرلین و کاهش ارتفاع گیاه می‌شوند (Hoque & Haque, 2002). کاربرد سایکوسل باعث تغییر در غلظت فیتوهورمون‌های دیگر نظیر سیتوکینین‌ها، اتیلن و آبسزیک‌اسید و در نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌شود (Rademacher, 2000). Mansuroglu et al. (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند برخی ترکیبات شیمیایی مانند سایکوسل قادرند با ممانعت از بیوسنتز جیبرلین، تسهیم اسیمیلات‌ها به دانه را افزایش دهند. Kumari et al. (۱۹۹۰) گزارش کردند که هر نوع افزایش عملکرد توسط سایکوسل مربوط به تقویت تجمع ماده خشک است. باتوجه به موارد ذکر شده، کاربرد خارجی سایکوسل در گندم می‌تواند عملکرد و خصوصیات مرتبط با ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها در میان‌گره‌های ساقه (به‌عنوان منبع اصلی انتقال مجدد) را تحت تأثیر قرار دهد، اما مطالعات اندکی در زمینه تأثیر این تنظیم‌کننده رشد بر توان ذخیره‌سازی گندم صورت گرفته است. در این مطالعه کوشش شده است به این پرسش که آیا سایکوسل قادر است علاوه بر کاهش رشد طولی ساقه، تخصیص کربن به ترکیبات محلول قابل‌انتقال را نیز بهبود بخشد یا خیر، پاسخ داده شود؛ بنابراین این آزمایش باهدف تعیین توان ذخیره‌سازی WSC در ساقه و عملکرد ارقام گندم با کاربرد خارجی سایکوسل انجام شد.

(Moshiri *et al.*, 2014). عملیات آبیاری به روش قطره‌ای صورت گرفت. برای کوتاه‌تر شدن ساقه‌ها بهترین زمان مصرف سایکوسل پایان پنجه‌زنی یا ابتدای مرحله طویل شدن ساقه است (Rademacher, 2000; Rajala, 2003). بنابراین در مرحله ظهور دومین گره ساقه (زادوکس ۳۲) در دو روز متوالی، سایکوسل Chloromequat chloride, (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N(Cl)CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl, (Sigma-Aldrich) با غلظت ۲/۵ گرم بر لیتر با استفاده از دستگاه محلول‌پاش دستی به‌صورت کاملاً یکنواخت بر روی بوته‌های موردنظر در مزرعه اعمال شد. در تیمارهای شاهد نیز با استفاده از آب محلول‌پاشی انجام شد.

از هر کرت اصلی به کرت اصلی مجاور، فاصله سه متر بین کرت‌های اصلی و فاصله دو متر بین تکرارهای آزمایش اعمال شد. پس از عملیات آماده‌سازی زمین، بذور با قارچ‌کش (توبکونازول) ضدعفونی شده و عملیات کاشت با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع در تاریخ ۱۷ آبان به‌صورت دستی انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام شد. بر اساس توصیه متداول کودی برای مزرعه آزمایشی کود آمونیوم فسفات بر مبنای ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۴۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) قبل از کاشت و همچنین کود اوره بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در مراحل پنجه‌زنی و ساقه رفتن به‌صورت سرک به زمین داده شد

جدول ۱- نام و برخی مشخصات ارقام گندم مورد مطالعه در آزمایش.

Table 1. Names and properties of studied cultivars in experiment

| Cultivar  | Cultivated area    | Year of cultivar release | Pedigree   |
|-----------|--------------------|--------------------------|--|
| Akbari    | Temperate          | 2006                     | 1-63-31-3/12300/Tob//Cno/Sx-0IRN   |
| Arta      | Warm and humid     | 2006                     | HD2206/Hork//Bul/6/CMH80A.253/2/M2A/CML//....                                      |
| Baharan   | Temperate          | 2014                     | KAUZ/PASTOR/PBW343   |
| Bam       | Temperate          | 2006                     | Vec'S'/Nac//1-66-22  |
| Chamran   | Hot and dry        | 1997                     | Attila (CM85836-50Y)   |
| Dena      | Warm and temperate | 2007                     | CIMMYT taroo- 3 from   |
| Dez       | Hot and dry        | 2002                     | Kauz*2/Opata//Kauz   |
| Hamoon    | Hot and dry        | 2002                     | Roshan*Falat   |
| Marvdasht | Temperate          | 1999                     | HD2172/Bloudan//Azd  |
| Mehregan  | Hot and dry        | 2014                     | OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR  |
| Moghan3   | Warm and humid     | 2006                     | Luan/3/V763.23/V879.C8//Pvn/4/Picus 5/Opata  |
| Parsi     | Temperate          | 2009                     | Dove'S'/Buc'S'//2*Darab  |
| Pishgam   | Cold               | 2009                     | Bkt/90-Zhong87   |
| Pishtaz   | Temperate          | 2002                     | Alvand//Aldan/Ias58  |
| Rasul     | Warm and humid     | 1992                     | Veery'S'≠7 = Kvz/Buho'S'//Kal/Bb   |
| Shabrang  | Hot and dry        | 2014                     | SORA/2*PLATA12   |
| Shiraz    | Temperate          | 2002                     | Gv/D630//Ald'S'//3/Azd   |
| Shoosh    | Hot and dry        | 2014                     | CBRD-3/STORKxDICOCCHOIDES ICW99-0474-11AP-0AP-0AP-4AP-0AP                          |
| Zagros    | Warm and humid     | 1996                     | Tan's''/vec''//opata   |
| Zare      | Cold               | 2010                     | L1.11//F35.70/Mo73/4/Ymh/Tob//Mcd/3/Lira CIT925080-0SE-0YC-7YC-0YC-1YC-0YC-3YC-0YC |

مشابه) که در یک روز گرده‌افشانی (زادوکس ۶۱) کردند، علامت‌گذاری شدند. باتوجه به تفاوت در فنولوژی ارقام،

برای تعیین مقدار ذخیره‌سازی، در زمان گرده‌افشانی ۳۰ بوته حتی‌الامکان مشابه (یا گروه‌های حتی‌الامکان

قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده رقم ( $p \leq 0.01$ ) و محلول‌پاشی سایکوسل ( $p \leq 0.05$ ) بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد سایکوسل عملکرد دانه را به‌طور متوسط ۸/۲ درصد افزایش داد (جدول ۳). تفاوت نسبتاً زیادی از نظر عملکرد دانه در بین ارقام مورد مطالعه دیده شد (جدول ۴). ارقام پیشگام، شبرنگ، مهرگان و دز بالاترین و ارقام رسول، آرتا، مرودشت و اکبری کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. سایکوسل با توانایی به تأخیر انداختن پیری برگ، جلوگیری از تجزیه کلروفیل و تقویت سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌های فتوسنتزی، اسیمیلاسیون بیشتری در واحد سطح را سبب می‌شود و از این طریق سبب افزایش تولید می‌شود (Emam & Niknejad, 2011). تأثیر سایکوسل بر افزایش عملکرد گندم به‌ویژه در شرایط آبیاری مطلوب و خاک حاصلخیز بیشتر بوده است (Rodrigues *et al.*, 2003; Rajala, 2003). به گزارش Rokhafrooz *et al.* (۲۰۱۶) افزایش عملکرد دانه با مصرف سایکوسل می‌تواند به دلیل کاهش چیرگی انتهایی مقصدهای فیزیولوژیک ساقه اصلی و تأمین مواد پرورده بیشتر جهت رشد مقصدهای فیزیولوژیک ثانویه نظیر پنجه‌ها باشد. بقای تعداد بیشتری پنجه در اثر استفاده از سایکوسل نیز ممکن است به دلیل بازتر شدن زاویه ساقه اصلی با پنجه‌ها در بوته‌های تیمار شده و بهبود نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی باشد (Emam & Niknejad, 2011)، همین امر می‌تواند پیش

تاریخ گرده‌افشانی هر رقم یادداشت‌برداری و برای نمونه‌برداری مدنظر قرار گرفت. از گیاهان علامت‌گذاری شده ۳۰ بوته در مرحله حداکثری ذخایر ساقه کفبر شدند و برگ‌ها جدا شده و ساقه‌های اصلی جهت خشک‌کردن به آون (به مدت ۴۸ ساعت در ۸۰ درجه سلسیوس) منتقل شد. لازم به ذکر است که مرحله حداکثری ذخایر ساقه با نمونه‌گیری از ۱۰ بوته به فواصل پنج روز از ظهور سنبله (زادوکس ۵۲) تا پایان مرحله شیری شدن (زادوکس ۷۵) باتوجه‌به فنولوژی هر رقم تعیین شد. سپس صفات مرتبط با ذخیره‌سازی اسیمیلات‌ها در ساقه شامل اندازه‌گیری WSC در ساقه، وزن خشک ساقه، طول ساقه، وزن مخصوص ساقه (حاصل تقسیم وزن ساقه به طول ساقه) و محتوای مخصوص WSC ساقه (WSC specific content) (از طریق تقسیم محتوای WSC ساقه به وزن مخصوص ساقه) تعیین شد. برای ارزیابی کربوهیدرات‌های محلول ساقه، ساقه‌های خشک‌شده در مرحله حداکثری ذخایر ساقه به‌وسیله آسیاب پودر شده و از روش (Roe, 1949) جهت محاسبه میزان WSC در ساقه استفاده شد. محلول واکنش‌گر مخلوط اسیدکلریدریک، رزوسینول و اتانول ۹۶٪ بود و در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه پلیتری‌در قرائت شد. برای تعیین عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل، پس از حذف حاشیه از ابتدا و انتهای کرت‌ها مساحت نیم متر مربع، به‌طور جداگانه برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح، به عملکرد دانه در هکتار تبدیل شد. سنبله‌های گیاهان نمونه‌گیری شده با خوشه‌کوب دستی سابیده شدند و تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. درنهایت داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.4 مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

Auškalnienė *et al.* (۲۰۰۶) عملکرد دانه گندم زمستانه به دلیل افزایش محتوای کلروفیل برگ‌ها با کاربرد سایکوسل اتفاق افتاد. طبق جدول همبستگی (جدول ۶) در این آزمایش رابطه منفی بین ارتفاع گیاه با عملکرد دانه در هر دو شرایط کاربرد سایکوسل و شاهد مشاهده شد. تعداد دانه در سنبله نیز با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶).

#### تعداد دانه در سنبله

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده رقم ( $p \leq 0.01$ ) و محلول‌پاشی سایکوسل ( $p \leq 0.05$ ) بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد سایکوسل تعداد دانه در سنبله را تا ۶ درصد افزایش داد (جدول ۳). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر ساده ارقام، تعداد دانه در سنبله بین ۳۶ تا ۶۲ متغیر بود. بیشترین تعداد دانه در سنبله از ارقام دنا، شبرنگ، هامون و پیشگام و کمترین تعداد دانه در سنبله نیز از ارقام آرتا، اکبری و شیراز به دست آمد (جدول ۴). کاربرد سایکوسل ضمن جلوگیری از سنتز جیبرلین و تأخیر رشد رویشی موجب می‌شود مواد پرورده بیشتری به سمت ساختارهای زایشی در حال تشکیل ارسال شده که این نیز منجر به بیشتر شدن تعداد دانه در سنبله می‌شود (Emam & Niknejad, 2011). این موضوع با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. به عبارت دیگر به دنبال کاربرد سایکوسل تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان دلیل افزایش تعداد دانه را نتیجه کاهش نسبت گلچه‌های عقیم دانست (Rajala, 2004). محققان دیگری اظهار نمودند که نتیجه تیمار بوته‌ها با سایکوسل به دلیل افزایش اندازه مقصد فیزیولوژیک قبل از گلدهی است (Khajeh *et al.*, 2008; )

از گلدهی اندازه مقصد را افزایش داده و بعد از گلدهی به دلیل تأثیر بازخوری مثبت افزایش اندازه مقصد بر سرعت فتوسنتز بوته‌ها، سبب افزایش میزان مواد پرورده تولیدی برای پر شدن دانه‌های اضافه شده باشد (Emam & Niknejad, 2011). افزایش عملکرد دانه با تیمار بوته‌ها با سایکوسل تنها در صورتی به وقوع می‌پیوندد که شرایط محیطی برای فتوسنتز سایه‌انداز گیاهی مناسب باشد و شاید به همین دلیل در برخی پژوهش‌ها علی‌رغم گزارش تعداد دانه بیشتر در هر بوته با تیمار سایکوسل واکنشی از عملکرد دانه مشاهده نشده است (Emam & Niknejad, 2011). Khalilzadeh *et al.* (۲۰۱۶) در بررسی اثر مقادیر مختلف سایکوسل (عدم مصرف و کاربرد ۶۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) گزارش کردند محلول‌پاشی سایکوسل، نقل‌وانتقال مواد به دانه و طول دوره پر شدن دانه گندم را ۴/۹۶ درصد افزایش داد و بدین ترتیب سبب افزایش عملکرد دانه شد.

به گزارش Seyed Sharifi *et al.* (۲۰۱۷) کاربرد سایکوسل در مقادیر مختلف (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به دلیل افزایش ۹/۱۱ درصدی میزان کلروفیل و افزایش کارایی فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Seyed Sharifi *et al.*, 2017). کاربرد سایکوسل سبب افزایش عملکرد دانه گندم (Fathi & Jiriaieb, 2014)، جو (Ma & Smith, 1991)، برنج (Akinrinde, 2006)، گونه *Nerium odorum* L. از تیره آفتابگردان (Kumar & Haripriya, 2010) و نخودفرنگی (Bora & Sarma, 2012) شد. Banevičienė و همکاران (۱۹۸۷) تأثیر سایکوسل بر افزایش عملکرد گندم زمستانه را از طریق افزایش تعداد دانه در واحد سطح گزارش کردند. به گزارش

۲۳/۲۵ درصدی وزن دانه در گندم می‌شود. به نظر می‌رسد در این بررسی محلول‌پاشی با سایکوسل در مرحله رشد رویشی، در برخی ارقام با افزایش نقل‌وانتقال مواد پرورده به دانه موجب افزایش وزن هر دانه و عملکرد دانه شده است، در مقابل در برخی ارقام، کاربرد سایکوسل تنها موجب افزایش تعداد دانه در سنبله شد. تأثیر مثبت سایکوسل بر وزن هزاردانه توسط Sliman & Ghandorah (۱۹۹۲)، Rajala & Peltonen-Sainio (۲۰۰۱) گزارش شد. این افزایش به ازدیاد دوام سطح سبز برگ‌ها (Sharif *et al.*, 2006) و یا افزایش سهم دانه از مواد پرورده (Dahmer *et al.*, 2007) نسبت داده شده است.

#### طول ساقه

قابلیت ذخیره‌سازی اسیمیلات‌ها در ساقه به‌عنوان مخزن توسط طول ساقه و وزن مخصوص ساقه تعیین می‌شود. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات ساده کاربرد سایکوسل ( $p \leq 0.01$ ) و رقم ( $p \leq 0.05$ ) به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر طول ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده کاربرد سایکوسل نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل سبب کاهش ۳/۹ درصدی طول ساقه شد (جدول ۳). کوتاه‌شدن ساقه در اثر کاربرد سایکوسل ممکن است به دلایل مختلف از جمله جلوگیری از سنتز جیبرلین، تغییر غلظت فیتوهورمون‌ها و تقویت انتقال اسیمیلات‌ها به سمت دانه‌ها باشد (Shekoofa & Emam, 2008). در تحقیقات پیشین نیز کاهش طول ساقه اصلی، افزایش رشد ریشه و تأخیر در رسیدگی دانه در اثر کاربرد خارجی سایکوسل در گندم گزارش شده است (Sharif *et al.*, 2006; Bahrami *et al.*, 2003). (Rajala, 2003) (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاهش ارتفاع گیاه در اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های

(Waddington & Cartwright, 1988) به عقیده Sharp (۲۰۱۰) کاربرد سایکوسل، تولید و بقای سنبلچه و پنجه را از طریق تغییر در پاسخ‌های روزانه گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب افزایش تعداد دانه در هر بوته و ازدیاد ظرفیت مخزن و دوام بیشتر سطح سبز گیاه می‌شود. افزایش تعداد دانه در سنبله در اثر تیمار سایکوسل در گندم توسط Shekoofa & Emam (۲۰۰۸)، Sliman & Ghandorah (۱۹۹۲) و در جو توسط Emam & Dastfal (۱۹۹۷)، Khajeh *et al.* (۲۰۰۸) و Ma & Smith (۱۹۹۱) نیز گزارش شده است. محققان افزایش وزن هزاردانه و تعداد دانه در ردیف بلال ذرت (Omidi *et al.*, 2005) و نیز افزایش وزن هزاردانه و تعداد دانه در خورجین کلزا (Pourmohammad *et al.*, 2013) را با کاربرد سایکوسل گزارش کرده‌اند.

#### وزن هزاردانه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی سایکوسل ( $p \leq 0.05$ ) بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۲). ارقام مورد بررسی، واکنش‌های متفاوتی به محلول‌پاشی سایکوسل نشان دادند، برخی ارقام مانند دنا، هامون، مهرگان، زاگرس و شیرنگ افزایش و برخی ارقام مانند پارسی، دز، شیراز و شوش کاهش وزن هزاردانه در اثر محلول‌پاشی سایکوسل نشان دادند. در برخی ارقام نیز تفاوت زیادی در وزن هزاردانه مشاهده نشد. درصد تغییرات وزن هزاردانه مربوط به هر رقم در جدول ۵ ارائه شده است. بررسی‌های Khalilzadeh *et al.* (۲۰۱۶) نشان داد که مصرف ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به دلیل تغییر در تخصیص مواد پرورده به سمت پر شدن دانه، موجب افزایش

پاکوتاهی در گندم ( $Rht_1$ ) و ( $Rht_2$ ), هر یک طول ساقه را به مقدار ۲۱ درصد کاهش دادند و ذخیره ساقه نیز به میزان ۳۵ و ۳۹ درصد کاهش یافت. در مقابل Shearman *et al* (2005) اشاره کردند که در گندم‌های پاکوتاه انگلستان مقدار ذخیره‌سازی و انتقال مجدد بیشتر از گندم‌های پابلند قدیمی بود. در این تحقیق نیز چنین پاسخ متناقضی مشاهده شد. از یک سو ارقامی مانند شوش، رسول، اکبری و مرودشت علی‌رغم دارابودن طول زیاد ساقه، از نظر عملکرد دانه در رتبه‌های پایین‌تری قرار گرفتند، از سوی دیگر ارقام پیشگام، دز و بهاران، با وجودی که طول ساقه کوتاه‌تری داشتند، از نظر عملکرد دانه در رتبه‌های بهتری قرار گرفتند (جدول ۴).

متفاوت سایکوسل در مرحله پنجه‌زنی جو، سبب افزایش بقای پنجه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد جو شد. مقایسه میانگین ارقام با یکدیگر از نظر طول ساقه تنوع قابل‌توجهی نشان داد. ارقام شوش و رسول دارای بالاترین طول و ارقام دز و هامون کمترین طول ساقه را دارا بودند (جدول ۴). پاسخ ارتفاع ارقام به کاربرد سایکوسل نیز به پاکوتاه یا پابلند بودن رقم بستگی دارد و ارتفاع ارقام پاکوتاه کمتر تحت تأثیر سایکوسل تغییر می‌کند (Anosheh *et al.*, 2012; Rajala, 2003). در مورد ارتباط طول ساقه و مقدار ذخیره‌سازی ترکیبات ذخیره‌ای در ساقه گزارش‌های متناقضی وجود دارد. Borrell *et al* (1993) گزارش کردند که ژن‌های مسئول

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف گندم تحت شرایط پاشش و عدم پاشش سایکوسل

Table 2. Analysis of variance for different traits of wheat cultivars under application of cycocel

| Source of variation | df | Stem length       | Stem dry weight | Stem special weight | WSC content           | Grain number per spike | 1000-seed weight    | Grain yield         |
|---------------------|----|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| Rep(R)              | 2  | 220.7**           | 16251**         | 29.24*              | 6012.5 <sup>ns</sup>  | 5.08 <sup>ns</sup>     | 21.22 <sup>ns</sup> | 13310*              |
| CCC application (A) | 1  | 286.4**           | 44518.3**       | 50.41**             | 39413.2 <sup>ns</sup> | 172.70*                | 273.40*             | 62764.7*            |
| Error a             | 2  | 2.0               | 6.7             | 0.52                | 7804.0                | 9.12                   | 14.28               | 792.1               |
| Cultivar (B)        | 19 | 133.8*            | 444418.9**      | 75.10**             | 184496.8**            | 349.40**               | 77.72**             | 152994.1**          |
| A×B                 | 19 | 0.8 <sup>ns</sup> | 5.5             | 0.61                | 3622.6*               | 6.02 <sup>ns</sup>     | 12.97*              | 557.6 <sup>ns</sup> |
| Error b             | 76 | 63.9              | 10123.6         | 6.88                | 2009.3                | 23.38                  | 6.71                | 8228.1              |
| CV (%)              |    | 10.34             | 6.12            | 11.98               | 10.32                 | 9.64                   | 6.56                | 15.68               |

\*, \*\*<sup>ns</sup> به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک، پنج درصد و عدم معنی‌دار هستند.

\*, \*\* and <sup>ns</sup> represent significant at 5%, 1% levels and non-significant, respectively.

## وزن خشک ساقه

(Akbarimehr *et al.*, 2021). از سوی دیگر محققان گزارش کردند که کاربرد برگی سایکوسل سبب افزایش انتقال سیتوکینین از ریشه به ساقه شده و طول مدت سبزمانی ساقه را افزایش می‌دهند (Pourmohammad *et al.*, 2014). که همین امر می‌تواند افزایش وزن خشک ساقه را سبب شود. در ماش (*Vigna radiate* L.) کاربرد خارجی سایکوسل سبب ضخیم‌شدن ساقه شد و همین امر سبب افزایش پایداری گیاه در شرایط کمبود آب شد

طبق نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده رقم و محلول‌پاشی سایکوسل بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود ( $p \leq 0.01$ ) (جدول ۲). کاربرد سایکوسل وزن خشک ساقه را به‌طور متوسط ۳۹ میلی‌گرم افزایش داد (جدول ۳). گزارش‌ها نشان می‌دهد که بازدارنده‌های رشد مانند سایکوسل ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در نتیجه قطر و وزن خشک ساقه را افزایش می‌دهند و از این طریق بهبود عملکرد دانه را موجب می‌شوند



فتوسنتز گیاه بالا بوده و بخشی از ترکیبات فتوسنتزی در ساقه ذخیره می‌شود. تفاوت معنی‌داری در وزن میان‌گره‌ها بین ارقام دیده شد که نشان‌دهنده پتانسیل متفاوت ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در بخش‌های مختلف ساقه است (داده‌ها نشان داده نشد). تفاوت در عرضه کربن که خود وابسته به سرعت اسیمیلایون و تسهیم شیره پرورده است، به‌عنوان یکی از عوامل ایجادکننده تفاوت بین ارقام می‌تواند مطرح شود (Ruuska *et al.*, 2006).

### وزن مخصوص ساقه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات ساده رقم و محلول‌پاشی سایکوسل بر وزن مخصوص ساقه معنی‌دار بود ( $p \leq 0.01$ ) (جدول ۲). کاربرد سایکوسل وزن مخصوص ساقه را تا ۶ درصد افزایش داد (جدول ۳). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر ساده ارقام، بیشترین وزن مخصوص ساقه از ارقام دنا، شبرنگ و پیشگام به دست آمد که این ارقام از نظر عملکرد دانه نیز به ترتیب در رتبه‌های ۱۳، ۲ و ۱ قرار گرفتند (جدول ۴). کمترین وزن مخصوص ساقه نیز از ارقام چمران، پیشتاز و زاگرس به دست آمد که این ارقام از نظر عملکرد دانه نیز به ترتیب در رتبه‌های ۸، ۱۱، ۷ و ۱۲ قرار گرفتند (جدول ۴). تجزیه همبستگی رابطه مثبت و معنی‌دار وزن مخصوص ساقه با وزن خشک ساقه را نشان داد (جدول ۶). Ayenehband *et al.* (۲۰۱۱) در مطالعه خود روی توان ذخیره‌سازی و انتقال مجدد در گندم اظهار داشتند که از ویژگی‌های بسیار مؤثر برای رسیدن به حداکثر ذخیره‌سازی تعادل بین طول ساقه و وزن ساقه و مهم‌تر از آن‌ها وزن مخصوص ساقه است؛ زیرا وزن مخصوص ساقه رابطه‌ی مثبتی با انتقال مجدد ماده خشک ساقه دارد. همچنین در شرایط محلول‌پاشی

(Farooq & Bano, 2006). باین حال این سؤال در ذهن متبادر می‌شود که در پژوهش حاضر، افزایش وزن خشک ساقه در اثر مصرف سایکوسل ناشی از افزایش WSC بوده یا به علت افزایش ترکیبات ساختاری و ضخیم‌شدن دیواره سلولی ساقه بوده است. با بررسی تغییرات محتوای کربوهیدرات‌های ساقه (در بخش بعد) پاسخ سؤال روشن خواهد شد. وزن ساقه ارقام مورد مطالعه در این آزمایش بین ۱۳۰۸ تا ۲۱۳۴ میلی‌گرم متغیر بود. طبق نتایج مقایسه میانگین اثر ساده ارقام، بیشترین وزن خشک ساقه در ارقام هامون، شبرنگ، رسول، پیشگام و دنا مشاهده شد که بیانگر پتانسیل بالای ذخیره‌سازی این ارقام است. از بین این ارقام، پیشگام و شبرنگ از نظر عملکرد دانه نیز در رتبه‌های بهتری قرار گرفتند (جدول ۴). کمترین وزن ساقه نیز از ارقام چمران، پیشتاز، زارع، پارسی و بم به دست آمد. نکته قابل‌توجه این بود که ارقام پارسی، زارع و پیشتاز با وجود کمتر بودن وزن خشک ساقه، عملکرد دانه‌ی نسبتاً بالایی داشتند (جدول ۴). این پاسخ‌های متفاوت، اهمیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین کربوهیدرات‌های ساختاری و محلول را آشکار می‌سازد. این تفاوت به‌ویژه زمانی که گیاه با شرایط تنش خشکی بعد از گرده‌افشانی مواجه شود اهمیت زیادتری می‌یابد. Mahmoudi *et al.* (۲۰۲۱) نیز در بررسی خود گزارش کردند که تمامی وزن خشک ساقه در مرحله حداکثری ذخایر (وزن خشک ساقه) به WSC قابل‌انتقال اختصاص نمی‌یابد؛ بلکه تنها قسمتی از ذخایر کربوهیدراتی، محلول و قابل‌انتقال بوده و در فرآیند انتقال مجدد و شکل‌گیری عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجمع مواد فتوسنتزی و پتانسیل ذخیره‌سازی در ساقه وابستگی زیادی به شرایط رشدی گیاه دارد. در شرایط مطلوب رشدی (از نظر دما، رطوبت و مواد معدنی) مقدار

سایکوسل، بین وزن مخصوص ساقه و وزن هزاردانه همبستگی مثبت مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده محلول پاشی سایکوسل بر برخی صفات گندم

Table 3. Mean comparison of simple effect of cycocel application on some traits of wheat

| Cycocel levels  | Stem length (cm)   | Stem dry weight (mg/plant) | Stem special weight | Grain number per spike | Grain yield (g/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|
| Control         | 78.86 <sup>a</sup> | 1625 <sup>b</sup>          | 21.25 <sup>b</sup>  | 49.05 <sup>b</sup>     | 555.5 <sup>b</sup>              |
| CCC application | 75.77 <sup>b</sup> | 1664 <sup>a</sup>          | 22.54 <sup>a</sup>  | 51.9 <sup>a</sup>      | 601.3 <sup>a</sup>              |
| %Variation      | -3.9               | 2.4                        | 5.8                 | 6.1                    | 8.2                             |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means that have a common letter in each column, are not significantly different.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده رقم و رتبه‌بندی ارقام در برخی صفات مورد مطالعه

Table 4. Mean comparison of simple effect of cultivar and cultivar's ranking on some studied traits

| Cultivar  | Stem length (cm)    | Ranking | Stem dry weight (mg/plant) | Ranking | Stem special weight  | Ranking | Grain number per spike | Ranking | Grain yield (g/m <sup>2</sup> ) | Ranking |
|-----------|---------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------|---------|------------------------|---------|---------------------------------|---------|
| Akbari    | 82.9 <sup>a-c</sup> | 3       | 1869 <sup>b</sup>          | 7       | 21.38 <sup>d-g</sup> | 10      | 38.5 <sup>gh</sup>     | 19      | 395.4 <sup>i-k</sup>            | 17      |
| Arta      | 76.3 <sup>a-e</sup> | 12      | 1612 <sup>c-e</sup>        | 11      | 22.57 <sup>d-g</sup> | 9       | 36 <sup>h</sup>        | 20      | 372.3 <sup>jk</sup>             | 18      |
| Baharan   | 73.4 <sup>c-e</sup> | 16      | 1484 <sup>e-h</sup>        | 14      | 20.77 <sup>e-h</sup> | 11      | 53.4 <sup>cd</sup>     | 1       | 694 <sup>b-d</sup>              | 6       |
| Bam       | 72.8 <sup>c-e</sup> | 18      | 1431 <sup>g-j</sup>        | 16      | 19.73 <sup>f-i</sup> | 14      | 45.9 <sup>ef</sup>     | 14      | 423.7 <sup>h-j</sup>            | 16      |
| Chamran   | 76.6 <sup>a-e</sup> | 11      | 1308 <sup>j</sup>          | 20      | 17.32 <sup>hi</sup>  | 19      | 53.1 <sup>cd</sup>     | 8       | 562.5 <sup>e-g</sup>            | 11      |
| Dena      | 76 <sup>b-e</sup>   | 13      | 2038 <sup>a</sup>          | 5       | 27.05 <sup>a</sup>   | 1       | 62.5 <sup>a</sup>      | 2       | 527.4 <sup>f-h</sup>            | 13      |
| Dez       | 68.5 <sup>e</sup>   | 20      | 1616 <sup>cd</sup>         | 10      | 23.84 <sup>b-e</sup> | 6       | 52.8 <sup>cd</sup>     | 9       | 743.6 <sup>a-c</sup>            | 5       |
| Hamoon    | 71 <sup>de</sup>    | 19      | 1501 <sup>d-g</sup>        | 1       | 23.5 <sup>c-e</sup>  | 7       | 59.6 <sup>ab</sup>     | 5       | 579.4 <sup>d-g</sup>            | 10      |
| Marvdasht | 82.6 <sup>bc</sup>  | 4       | 1629 <sup>cd</sup>         | 9       | 20.55 <sup>e-i</sup> | 13      | 43.5 <sup>fg</sup>     | 16      | 339.1 <sup>jk</sup>             | 19      |
| Mehregan  | 80.1 <sup>b-d</sup> | 6       | 1447 <sup>f-i</sup>        | 15      | 24.32 <sup>b-d</sup> | 5       | 43.4 <sup>fg</sup>     | 17      | 764.4 <sup>a-c</sup>            | 4       |
| Moghan3   | 78.6 <sup>b-e</sup> | 8       | 1888 <sup>b</sup>          | 6       | 23.42 <sup>c-e</sup> | 8       | 49.8 <sup>de</sup>     | 12      | 609.7 <sup>d-g</sup>            | 9       |
| Parsi     | 73.6 <sup>b-e</sup> | 15      | 1370 <sup>h-j</sup>        | 17      | 18.81 <sup>g-i</sup> | 16      | 50.1 <sup>de</sup>     | 11      | 790.3 <sup>ab</sup>             | 3       |
| Pishgam   | 73.1 <sup>c-e</sup> | 17      | 2055 <sup>a</sup>          | 4       | 26.17 <sup>ab</sup>  | 3       | 59.6 <sup>ab</sup>     | 4       | 814.6 <sup>a</sup>              | 1       |
| Pishtaz   | 76.7 <sup>a-e</sup> | 10      | 1321 <sup>ij</sup>         | 19      | 17.39 <sup>hi</sup>  | 18      | 57.3 <sup>a-c</sup>    | 6       | 666.4 <sup>c-e</sup>            | 7       |
| Rasul     | 84.6 <sup>b</sup>   | 2       | 2089 <sup>a</sup>          | 3       | 24.92 <sup>bc</sup>  | 4       | 49.6 <sup>de</sup>     | 13      | 307.1 <sup>k</sup>              | 20      |
| Shabrang  | 74.7 <sup>b-e</sup> | 14      | 2134 <sup>a</sup>          | 2       | 26.67 <sup>a</sup>   | 2       | 59.9 <sup>a</sup>      | 3       | 802 <sup>ab</sup>               | 2       |
| Shiraz    | 76.8 <sup>b-e</sup> | 9       | 1571 <sup>c-f</sup>        | 12      | 20.58 <sup>e-i</sup> | 12      | 39 <sup>gh</sup>       | 18      | 491.1 <sup>g-i</sup>            | 15      |
| Shoosh    | 86.1 <sup>a</sup>   | 1       | 1669 <sup>c</sup>          | 8       | 19.42 <sup>f-i</sup> | 15      | 50.2 <sup>de</sup>     | 10      | 509.1 <sup>gh</sup>             | 14      |
| Zagros    | 82.1 <sup>b-d</sup> | 5       | 1499 <sup>d-g</sup>        | 13      | 18.44 <sup>g-i</sup> | 17      | 45.4 <sup>ed</sup>     | 15      | 545.9 <sup>fg</sup>             | 12      |
| Zare      | 79.6 <sup>b-e</sup> | 7       | 1356 <sup>h-j</sup>        | 18      | 17.08 <sup>i</sup>   | 20      | 53.6 <sup>b-d</sup>    | 7       | 630.1 <sup>d-f</sup>            | 8       |

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Means that have a common letter in each column, are not significantly different.

ترکیبات ساختاری و محلول اختصاص یافته باشد. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل رقم و محلول پاشی سایکوسل بر میزان WSC ساقه معنی‌دار بود ( $p \leq 0.01$ ) (جدول ۲). همین موضوع نشان داد که

#### محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه (WSC)

روش دقیق‌تر برای تعیین توان ذخیره‌سازی ارقام، اندازه‌گیری WSC (روش مستقیم) است؛ چراکه در ارقام مختلف ممکن است درصد‌های متفاوتی از وزن خشک به

وزن خشک ناشی از وفور کربوهیدرات‌های ساختاری غیرقابل انتقال (همانند سلولز و همی سلولز) در ساختار ساقه باشد. *Xue et al.* (2008) کاهش محتوای پلی ساکاریدهای دیواره سلولی (عمدتاً همی سلولز) را در لاین‌هایی با WSC بالا گزارش کردند؛ بنابراین تسهیم متفاوت کربن در ساقه گندم یکی از علل تفاوت ارقام گندم در تجمع WSC است (Ruan, 2014). طبق جدول همبستگی بین طول ساقه و محتوای WSC همبستگی منفی و معنی‌داری در هر دو شرایط شاهد و محلول‌پاشی سایکوسل مشاهده شد (جدول ۶)؛ بنابراین در مجموع ساقه‌های طولی‌تر محتوای WSC کمتری دارا بودند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و محتوای WSC در شرایط شاهد مشاهده شد. البته چنین همبستگی مثبتی در شرایط مصرف سایکوسل نیز مشاهده شد، ولی ضریب همبستگی از نظر آماری غیر معنی‌دار بود (جدول ۶).

#### محتوای مخصوص کربوهیدرات‌های محلول ساقه ۱ (WSCSC)

به منظور تعیین اینکه در یک سانتی‌متر از طول ساقه محتوای WSC چه مقدار است، محتوای مخصوص کربوهیدرات‌های محلول ساقه، از طریق تقسیم محتوای WSC ساقه به وزن مخصوص ساقه به دست آمد. به عقیده *Seslija et al.* (۲۰۱۷) باتوجه به تفاوت در طول و وزن ساقه، این صفت می‌تواند جایگزین محتوای WSC ساقه شود و می‌تواند الگوی توزیع کربوهیدرات‌های محلول و کربوهیدرات‌های ساختاری در ساقه را تا حدودی نشان دهد (جدول ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود ارقامی که از نظر محتوای WSC برتری داشتند

گرچه تأثیر کاربرد سایکوسل بر تغییرات وزن خشک و وزن مخصوص ساقه (به‌عنوان معیارهای ذخیره‌سازی) از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما در محتوای WSC ارقام مختلف پاسخ متفاوتی نشان داد (جدول ۵). مقادیر WSC در ارقام مختلف از ۱۴۶ تا ۷۸۴ میلی‌گرم بر گرم نوسان داشت. میزان این صفت در برخی ارقام مانند شوش، رسول، شیراز، مرودشت، اکبری و چمران با مصرف سایکوسل روند افزایشی نشان داد. همان‌طور که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌شود این ارقام از نظر طول ساقه در رتبه‌های بالاتری قرار داشتند (ساقه‌های طولی‌تری داشتند)، بنابراین احتمال می‌رود مصرف سایکوسل در این ارقام با کاهش طول ساقه، مواد فتوسنتزی بیشتری را صرف ذخیره‌سازی WSC در ساقه نموده است. از سوی دیگر ارقام ذکر شده از نظر عملکرد ارقام نسبتاً ضعیفی بوده‌اند (جدول ۴)؛ لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که الزاماً افزایش ذخایر ساقه منجر به عملکرد بالاتر نمی‌شود. ضمن اینکه این آزمایش در شرایط آبیاری مطلوب انجام شد و اتکا به ذخایر ساقه برای پر شدن دانه اغلب در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد. *Knapp et al.* (۱۹۸۶) گزارش کردند سطوح مختلف سایکوسل، تجمع WSC و جریان شیره در آوند آبکش را افزایش می‌دهد. با این حال، در برخی ارقام نظیر شبرنگ، بهاران، بم، دنا و پیشگام کاهش WSC در اثر مصرف سایکوسل مشاهده شد (جدول ۵) که طبق جدول ۴ این ارقام از نظر طول ساقه نیز ارقام پاکوتاه‌تری بودند. به عبارت دیگر مصرف سایکوسل در ارقام پاکوتاه تأثیر چندانی در افزایش WSC نداشته است. از سوی دیگر این نتایج نشان می‌دهد که بالابودن وزن خشک ساقه‌ها الزاماً به معنی بالا بودن توان ذخیره‌سازی در آن‌ها نیست، زیرا این احتمال وجود دارد که بالابودن

<sup>1</sup> Water Soluble Content Specific Content

نظیر پیشگام، الزاماً مقادیر بالای WSCSC را به خود اختصاص ندادند و برعکس. احتمالاً دلیل این تفاوت‌ها، ضخامت متفاوت دیواره سلولی بوده است. *Dreccer et al.* (۲۰۱۳) گزارش کردند که لاین‌های نوترکیب گندم دارای کربوهیدرات‌های محلول بالا، ضخامت دیواره سلولی بیشتری نسبت به لاین‌های با WSC کمتر دارند. طبق گزارش *Seslija et al.* (۲۰۱۷)، ژنوتیپ‌های گندم دارای محتوای مخصوص کربوهیدرات‌های محلول بالا، ضخامت دیواره سلولی بالاتری نسبت به لاین‌های با WSC کمتر داشتند. همچنین ارقام با WSC بالا و پایین، از نظر ضخامت دیواره ساقه، مساحت پارانشیم و مساحت آوند آبکش ساقه متفاوت بودند. آن‌ها اظهار نمودند که این صفات آناتومیکی و مورفولوژیکی ساقه نه‌تنها تعیین‌کننده ظرفیت ذخیره‌سازی ساقه برای مشارکت در عملکرد دانه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی است، بلکه ظرفیت انتقال کربن از منبع به مخزن را نیز تعیین می‌کند. آن‌ها در بررسی دقیق‌تر بین میزان انتقال و مقدار فلوئم ساقه و تعداد دسته‌جات آوندی در پارانشیم نیز رابطه نزدیکی گزارش کردند.

### گروه‌بندی ارقام

به‌منظور تعیین الگوی ژنتیکی، گروه‌بندی ارقام و تعیین فاصله ژنتیکی بین آن‌ها از نظر صفات مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای در دو شرایط شاهد و محلول‌پاشی سایکوسل به طور مجزا انجام گرفت (شکل ۱ و ۲). باتوجه‌به دندروگرام تجزیه خوشه‌ای به روش وارد

(Ward) ارقام گندم در شرایط شاهد به چهار گروه تقسیم شدند (شکل ۱). ارقام شبرنگ و پیشگام در گروه اول، ارقام رسول، دنا مرودشت، مغان ۳ و اکبری در گروه دوم، ارقام مهرگان، زارع، زاگرس و چمران در گروه سوم و ارقام پیشتاز، پارسی، بهاران، هامون، شوش، شیراز، دز، بم و آرتا در گروه چهارم قرار گرفتند. ارقام گروه اول و دوم نسبت به ارقام گروه سوم و چهارم از نظر صفات مورد بررسی برتری داشتند (شکل ۱). ارقام آرتا و بم بیشترین فاصله را با ارقام شبرنگ و پیشگام داشتند؛ بنابراین این دو رقم متفاوت‌ترین ارقام نسبت به دو رقم اول در شرایط محلول‌پاشی سایکوسل بودند (شکل ۲).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × محلول پاشی سایکوسل بر وزن هزار دانه، محتوای WSC ساقه و محتوای مخصوص WSC گندم

Table 5. Mean comparison of interaction of cultivar × cycocel application on 1000-seed weight, water soluble carbohydrates and WSC specific content of wheat

| Cultivar  | 1000-seed weight (g) |                      |             | Water soluble carbohydrates content (mg/g) |                    |             | WSC specific content (mg/cm) |       |             |
|-----------|----------------------|----------------------|-------------|--|--------------------|-------------|------------------------------|-------|-------------|
|           | Control              | CCC                  | % Variation | Control                                    | CCC                | % Variation | Control                      | CCC   | % Variation |
| Akbari    | 41.03 <sup>a-g</sup> | 38.23 <sup>b-g</sup> | -6.82       | 212 <sup>qr</sup>                          | 215 <sup>qr</sup>  | 1.42        | 10.27                        | 9.73  | -5.3        |
| Arta      | 41.53 <sup>a-g</sup> | 38.73 <sup>t-k</sup> | -6.74       | 686 <sup>b</sup>                           | 687 <sup>b</sup>   | 0.15        | 31.31                        | 29.57 | -5.6        |
| Baharan   | 43.5 <sup>a-d</sup>  | 41.9 <sup>a-g</sup>  | -3.68       | 599 <sup>c-e</sup>                         | 543 <sup>e-h</sup> | -9.35       | 29.94                        | 25.21 | -15.8       |
| Bam       | 32.83 <sup>lm</sup>  | 33.3 <sup>lm</sup>   | 1.43        | 545 <sup>e-f</sup>                         | 519 <sup>f-i</sup> | -5.00       | 28.54                        | 25.49 | -10.7       |
| Chamran   | 44.77 <sup>ab</sup>  | 41.83 <sup>a-g</sup> | -6.57       | 294 <sup>n-p</sup>                         | 303 <sup>no</sup>  | 3.06        | 17.06                        | 17.43 | 2.2         |
| Dena      | 40.57 <sup>b-g</sup> | 43.1 <sup>a-e</sup>  | 6.24        | 511 <sup>f-i</sup>                         | 480 <sup>g-j</sup> | -6.07       | 19.43                        | 17.27 | -11.1       |
| Dez       | 39.63 <sup>d-i</sup> | 36 <sup>h-l</sup>    | -9.16       | 467 <sup>ij</sup>                          | 459 <sup>i-k</sup> | -1.71       | 20.09                        | 18.79 | -6.5        |
| Hamoon    | 39.53 <sup>d-i</sup> | 42.37 <sup>a-g</sup> | 7.18        | 428 <sup>i-l</sup>                         | 413 <sup>j-l</sup> | -3.50       | 18.42                        | 17.38 | -5.7        |
| Marvdasht | 35.23 <sup>j-l</sup> | 35.9 <sup>i-l</sup>  | 1.90        | 292 <sup>n-p</sup>                         | 303 <sup>no</sup>  | 3.77        | 14.38                        | 14.57 | 1.3         |
| Mehregan  | 39.5 <sup>d-i</sup>  | 41.13 <sup>a-g</sup> | 4.13        | 190 <sup>qr</sup>                          | 174 <sup>qr</sup>  | -8.42       | 7.79                         | 7.17  | -8.0        |
| Moghan3   | 35.5 <sup>i-l</sup>  | 32.77 <sup>lm</sup>  | -7.69       | 327 <sup>mn</sup>                          | 306 <sup>n</sup>   | -6.42       | 15.02                        | 12.20 | -18.8       |
| Parsi     | 43.93 <sup>a-c</sup> | 38.7 <sup>h-g</sup>  | -11.91      | 700 <sup>b</sup>                           | 652 <sup>bc</sup>  | -6.86       | 38.70                        | 33.39 | -13.7       |
| Pishgam   | 43.6 <sup>ad</sup>   | 44.5 <sup>ab</sup>   | 2.06        | 784 <sup>a</sup>                           | 701 <sup>b</sup>   | -10.58      | 28.64                        | 24.19 | -15.6       |
| Pishtaz   | 40.93 <sup>b-g</sup> | 38.47 <sup>h-g</sup> | -6.01       | 632 <sup>b-d</sup>                         | 601 <sup>c-e</sup> | -4.91       | 37.83                        | 33.27 | -12.0       |
| Rasul     | 43.27 <sup>a-d</sup> | 40.17 <sup>c-h</sup> | -7.16       | 392 <sup>k-m</sup>                         | 477 <sup>g-j</sup> | 21.68       | 16.19                        | 18.62 | 15.0        |
| Shabrang  | 41.62 <sup>a-g</sup> | 43.9 <sup>a-c</sup>  | 5.48        | 579 <sup>c-f</sup>                         | 541 <sup>e-h</sup> | -6.56       | 20.71                        | 18.42 | -11.0       |
| Shiraz    | 34.6 <sup>kl</sup>   | 30.37 <sup>m</sup>   | -12.23      | 380 <sup>lm</sup>                          | 434 <sup>i-l</sup> | 14.21       | 19.09                        | 20.41 | 7.0         |
| Shoosh    | 38.93 <sup>b-g</sup> | 35.7 <sup>i-l</sup>  | -8.30       | 447 <sup>i-l</sup>                         | 466 <sup>ij</sup>  | 4.25        | 23.13                        | 23.91 | 3.3         |
| Zagros    | 42.8 <sup>a-f</sup>  | 45.17 <sup>a</sup>   | 5.54        | 231 <sup>o-q</sup>                         | 227 <sup>pq</sup>  | -1.73       | 12.95                        | 11.91 | -8.0        |
| Zare      | 36.2 <sup>h-l</sup>  | 36.27 <sup>h-l</sup> | 0.19        | 146 <sup>r</sup>                           | 147 <sup>r</sup>   | 0.68        | 8.88                         | 8.30  | -6.6        |
| Average   | 40                   | 39                   | -2.63       | 442  | 432                | -2.2        | 20.98                        | 19.30 | -8.0        |

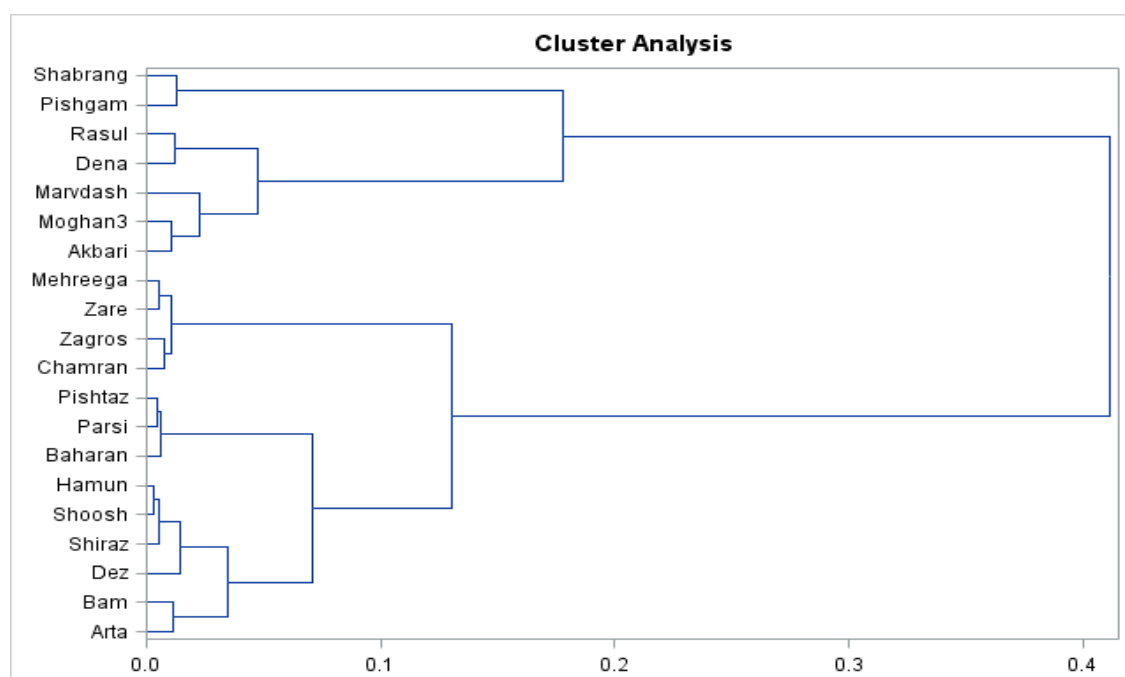
میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد).

Means that have a common letter in each column, are not significantly different.

جدول ۶- همبستگی بین صفات مرتبط با توان ذخیره‌سازی ساقه و عملکرد در شرایط شاهد و محلول‌پاشی سایکوسل.

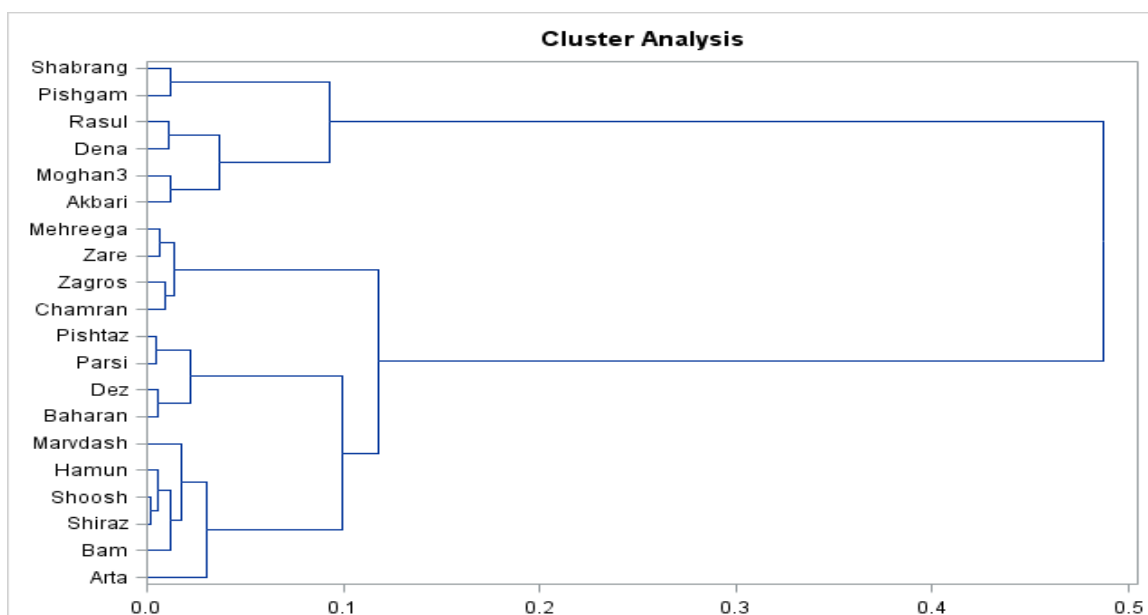
Table 6. The correlation coefficients between traits related to accumulation of the stem and yield in control and cycocel application conditions.

|                 | Stem length      | Stem dry weight     | Stem special weight (SSW) | WSC content         | WSCSC              | 1000-seed weight    | Number of seed per spike (NSS) | yield              |
|-----------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------|
| CCC application | Stem length      | 1                   |                           |                     |                    |                     |                                |                    |
|                 | Stem dry weight  | 0.17 <sup>ns</sup>  | 1                         |                     |                    |                     |                                |                    |
|                 | SSW              | -0.18 <sup>ns</sup> | 0.87 <sup>**</sup>        | 1                   |                    |                     |                                |                    |
|                 | WSC content      | -0.51 <sup>*</sup>  | 0.20 <sup>ns</sup>        | 0.25 <sup>ns</sup>  | 1                  |                     |                                |                    |
|                 | WSCSC            | -0.23 <sup>ns</sup> | -0.04 <sup>ns</sup>       | -0.11 <sup>ns</sup> | 0.52 <sup>*</sup>  | 1                   |                                |                    |
|                 | 1000-seed weight | -0.08 <sup>ns</sup> | 0.23 <sup>ns</sup>        | 0.47 <sup>*</sup>   | 0.12 <sup>ns</sup> | -0.06 <sup>ns</sup> | 1                              |                    |
|                 | NSS              | -0.49 <sup>*</sup>  | 0.21 <sup>ns</sup>        | 0.30 <sup>ns</sup>  | 0.27 <sup>ns</sup> | 0.20 <sup>ns</sup>  | 0.45 <sup>*</sup>              | 1                  |
|                 | yield            | -0.53 <sup>*</sup>  | -0.12 <sup>ns</sup>       | 0.19 <sup>ns</sup>  | 0.36 <sup>ns</sup> | 0.20 <sup>ns</sup>  | 0.32 <sup>ns</sup>             | 0.51 <sup>*</sup>  |
| Control         | Stem length      | 1                   |                           |                     |                    |                     |                                |                    |
|                 | Stem dry weight  | 0.14 <sup>ns</sup>  | 1                         |                     |                    |                     |                                |                    |
|                 | SSW              | -0.24 <sup>ns</sup> | 0.81 <sup>**</sup>        | 1                   |                    |                     |                                |                    |
|                 | WSC content      | -0.52 <sup>*</sup>  | 0.19 <sup>ns</sup>        | 0.25 <sup>ns</sup>  | 1                  |                     |                                |                    |
|                 | WSCSC            | -0.36 <sup>ns</sup> | -0.06 <sup>ns</sup>       | -0.12 <sup>ns</sup> | 0.59 <sup>**</sup> | 1                   |                                |                    |
|                 | 1000-seed weight | 0.07 <sup>ns</sup>  | 0.13 <sup>ns</sup>        | 0.16 <sup>ns</sup>  | 0.33 <sup>ns</sup> | 0.24 <sup>ns</sup>  | 1                              |                    |
|                 | NSS              | -0.48 <sup>*</sup>  | 0.24 <sup>ns</sup>        | 0.38 <sup>ns</sup>  | 0.33 <sup>ns</sup> | 0.22 <sup>ns</sup>  | 0.30 <sup>ns</sup>             | 1                  |
|                 | yield            | -0.42 <sup>ns</sup> | -0.06 <sup>ns</sup>       | 0.25 <sup>ns</sup>  | 0.48 <sup>*</sup>  | 0.27 <sup>ns</sup>  | 0.32 <sup>ns</sup>             | 0.59 <sup>**</sup> |



شکل ۱- دندروگرام ۲۰ رقم گندم بر حسب تمام صفات مورد ارزیابی با استفاده از روش ward در شرایط شاهد.

Figure 1. Dendrogram of 20 wheat cultivars according to the evaluated traits using ward method in control treatment.



شکل ۲- دندروگرام ۲۰ رقم گندم بر حسب تمام صفات مورد ارزیابی با استفاده از روش ward در شرایط محلول پاشی سایکوسل.  
Figure 2. Dendrogram of 20 wheat cultivars according to the evaluated traits using ward method in CCC application treatment.

### نتیجه گیری کلی

شد. رسم دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام نشان داد که ارقام خوشه اول و دوم ارقام برتر از نظر عملکرد و ذخیره‌سازی بودند و در مقابل ارقام خوشه‌های پایین‌تر از نظر صفات مورد مطالعه ارقام ضعیف‌تری بودند. ارقام آرتا و بم بیشترین فاصله را با ارقام شبرنگ و پیشگام داشتند، بنابراین این دو رقم متفاوت‌ترین ارقام نسبت به یکدیگر بودند. در مجموع محلول پاشی سایکوسل در مرحله ظهور دومین گره ساقه گندم تأثیر مثبت بر عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ارقام داشت و در ارقام بلندتر به دلیل افزایش بیشتر محتوای WSC سبب بهبود توان ذخیره‌سازی نیز شد.

در مجموع تنوع ژنتیکی زیادی برای ذخیره‌سازی و عملکرد دانه بین ارقام گندم مورد بررسی وجود داشت. محلول پاشی سایکوسل سبب کاهش طول ساقه و افزایش وزن خشک و وزن مخصوص ساقه شد. بین ارقام مورد مطالعه از نظر میزان WSC در پاسخ به سایکوسل تفاوت قابل توجهی مشاهده شد. در ارقام بلندتر از نظر طول ساقه، سنتز WSC با کاربرد سایکوسل افزایش بیشتری در مقایسه با ارقام کوتاه‌تر نشان داد. به‌طور کلی کاربرد سایکوسل علاوه بر اینکه توزیع مواد فتوسنتزی بین ترکیبات ساختاری و محلول در ساقه را تحت تأثیر قرار داد، سبب افزایش عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله نیز

### REFERENCES

- Ahmadi, A., Siose Marde, A., Poostini, K., & Esmailpour Jahromi, M. (2009). The rate and duration of grain filling and stem reserve remobilization in wheat cultivars as a response to water deficit. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 40(1).

2. Akbarimehr, S., Sayfzadeh, S., Shahsavari, N., Valad Abadi, S. A., & Masouleh, E. H. (2021). Cycocel, iron and zinc effects on yield and physiological characteristics of wheat under drought stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 1-10.
3. Akinrinde, E. A. (2006). Growth regulator and nitrogen fertilization effects on performance and nitrogen-use efficiency of tall and dwarf varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Biotechnology*, 5(3), 268-276.
4. Anosheh, H. P., Emam, Y., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2012). Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. *Advanced studies in Biology*, 4(11), 501-520.
5. Auškalnienė, O., Pilipavičius, V., Auškalnis, A., Mikulionienė, S., & Šlapakauskas, V. (2006). The influence of plant growth regulators on chlorophyll content, photosynthetically active radiation absorption and productivity of two winter wheat varieties. *Žemdirbystė. Akademija, (Kėdainių r.): Lietuvos žemdirbystės institutas*, 4 (93) (2006).
6. Ayeneband, A., Valipour, M. & Fateh, E. (2011). Stem reserve accumulation and mobilization in wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by sowing date and N - P - K levels under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture*, 35, 319-331.
7. Bahrami, K., Pirasteh Anosheh, H., & Emam, Y. (2014). Yield and growth traits of barley cultivars as affected by foliar application of different concentrations of cycocel in tillering stage in Fars province. *Crop Physiology Journal*, 21(6), 17-27. (In Persian)
8. Banevičienė, Z., Novickienė, L., & Miliuvienė, L. (1987). *Javų išgulimas ir būdai jam išvengti*.
9. Blum, A. (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Euphytica*, 100(1-3), 77-83.
10. Bora, R. K., & Sarma, C. M. (2012). Effect of gibberellic acid and cycocel on growth, yield and protein content of pea. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (2), 324-330.
11. Borrell, A. K., Incoll, L. D. & Dalling, M. J. (1993). The influence of Rht<sub>1</sub> and Rht<sub>2</sub> alleles on the deposition and use of stem reserves in wheat. *Annals of Botany*. 71, 317-326.
12. Dahmer, M. A., Green, J., Alford, H., Tassara, L., Oakes, E., & Malefy, T. (2007). Current and potential commercial applications of the suppression of ethylene action by 1-MCP in plant. *Journal of Agricultural Science*, 98, 593- 597.
13. Dreccer, M. F., Chapman, S. C., Rattey, A. R., Neal, J., Song, Y., Christopher, J. J. T., & Reynolds, M. (2013). Developmental and growth controls of tillering and water-soluble carbohydrate accumulation in contrasting wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes: Can we dissect them?. *Journal of Experimental Botany*, 64(1), 143-160.
14. Emam, Y. & Niknejad, M. (2011). *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*, Shiraz University Press, Shiraz. (In Persian).
15. Emam, Y., & Dastfal, M. (1997). Above and below ground responses of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. *Crop Research-Hisar-*, 14, 457-470.
16. Farooq, U. Z. M. A., & Bano, A. (2006). Effect of abscisic acid and chlorocholine chloride on nodulation and biochemical content of *Vigna radiata* L. under water stress. *Pakistan Journal of Botany*, 38(5), 1511-1518.
17. Fathi, A., & Jiriaieb, M. (2014). Interaction of PGPR and water deficit stress on yield and protein percent in wheat. *Advances in Crop Science and Technology*, 4, 82-90.
18. Food and Agriculture Organization. (2019). FAOSTAT. *Food and agriculture data*. Retrieved November 6, 2020, from <http://www.fao.org/FAOSTAT> .
19. Ghaemi, Z., Moghim, E., & Consulting Engineers Company. (2016). Alborz province planning program studies. *Published by Alborz Province Management and Planning Organization*. 126p.
20. Hoque, M., & Haque, S. (2002). Effects of GA<sub>3</sub> and its mode of application on morphology and yield parameters of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Pakistan Journal of Biology Science*, 5(3), 281-283.
21. 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.



22. Khajeh, N., Y. Emam, H. Pakneyat & Kamgarhaghghi, A. A. (2008). Interaction of plant growth regulator chlormequat chloride (CCC) and drought stress on growth and grain yield of three barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Field Crop Science Journal*, 39: 215-224. (In Persian)
23. Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., & Jalilian, J. (2016). Antioxidant status and physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to cycocel application and bio fertilizers under water limitation condition. *Journal of Plant Interactions*, 11(1), 130-137.
24. Knapp, J. S. (1986). *Nitrogen fertilization and plant growth regulator effects on winter wheat yields, grain quality, lodging and chemical composition of culms*, Ph.D Thesis. Faculty of Agriculture, Purdue University, USA.
25. Kumar, S., & Haripriya, K. (2010). Effect of growth retardants on growth, flowering and yield of Nerium (*Nerium odorum* L.). *Plant Archives*, 10(2), 681-684.
26. Kumari, S., Bharti, S., & Khan, M. I. (1990). Effect of Cycocel on growth and metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 24(2), 87-93.
27. Livingston, H. D., & Heyer, A. (2009). Fructan and its relationship to abiotic stress tolerance in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 66, 2007-2023.
28. Ma, B. L., & Smith, D. L. (1991). Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. *Agronomy Journal*, 83(2), 270-274.
29. Mahmoudi, R., Ahmadi, A., Abbasi, A., Mohammadi, V. (2021). Stem carbohydrate reserves and its relationship with remobilization in wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(2), 51-66.
30. Mansuroglu, S. I. B. E. L., Karaguzel, O., Ortacesme, V., & Sayan, M. S. (2009). Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower colour of *Consolida orientalis*. *Pakistan Journal of Botany*, 41(5), 2323-2332.
31. Moshiri, F., Tehrani, M. M., Shahabi, A. A., ... et al. (2014). Integrated soil fertility management and wheat nutrition guidelines. *Published by Soil and Water Research Institute*. 33p
32. Mukherjee, D. (1998). Post-harvest physiology and quality maintenance in potatoes. *Perspectives in Environment*, 311.
33. Omidi, H., Sorosh Zadeh, A., Salehi, A., & Ghezli, F. D. (2005). Evaluation of osmo-priming pre-soaking on rapeseed seed germination. *Agricultural Science Technology*, 19, 125-136.
34. Pask, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M., & Reynolds, M. P. (2012). Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping. *Cimmyt*.
35. Pourmohammad, A., Shekari, F., & Soltaniband, V. (2013). Cycocel priming and foliar application affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47, 59 - 69.
36. Pourmohammad, A., Toorchi, M., Alavikia, S. S., & Shakiba, M. R. (2014). Genetic analysis of yield and physiological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under irrigation and drought stress. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(2), 207-213.
37. Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual review of plant biology*, 51(1), 501-531.
38. Rajala, A. (2003). Plant growth regulators to manipulate cereal growth in northern growing conditions. *Agricultural Food Science*, 13, 186-197.
39. Rajala, A., & Peltonen-Sainio, P. (2001). Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal*, 93(4), 936-943.
40. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., ..., & Slafer, G. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant, cell & environment*, 35(10), 1799-1823.
41. Rodrigues, J. C. V., Kitajima, E. W., Childers, C. C., & Chagas, C. M. (2003). Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. *Experimental & applied acarology*, 30(1), 161-179.
42. Roe, J. Epstien, J. & Goldstein, N. (1949). A photometric method for the determination of inulin in plasma and urine. *Journal of Biological Chemistry*, 178 (2), 839-845.
43. Rokhafrooz, K. H., Emam, Y., & Pirasteh-Anooshe, H. (2016). Effect of chloroquate chloride on yield and yield components of three wheat cultivars under drought stress conditions. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticultural Products*, 6 (20), 111-123. (In Persian)

44. Ruan, Y.L., Jin, Y., Yang, Y.J., Li, G.J., & Boyer, J.S. (2010). Sugar input, metabolism and signaling mediated by invertase: Roles in development, yield potential and response to drought and heat. *Molecular Plant*, 3(6), 942-955.
45. Ruuska, S., Rebetzke, G.J., Van Herwaarden, A.F., Richards, R.A., Fett ell, N., Tabe, L. & Jenkins, C. (2006). Genotypic variation for water soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology*, 33, 799-809.
46. Sabry, S. R. S., Smith, L. T., & Smith, G. M. (1995). Osmoregulation in spring wheat under drought and salinity stress. *Journal of Genetics and Breeding*, 49, 55-60.
47. Seslija, A., Vučelić-Radović, B., Stanojević, S., Savić, J., Rančić, D., Pećinar, I., ... & Dodig, D. (2017). Water-soluble carbohydrates accumulation in peduncle of wheat and its relationship to morpho-anatomical and productive traits. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(2), 165-172.
48. Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., & Jalilian, J. (2017). Effects of biofertilizers and cycocel on some physiological and biochemical traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(3), 308-318.
49. Sharif, S., M. Safari, & Y. Emam. (2006). Effect of drought stress and cycocel on yield and its components of barley cultivar Valfajr. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10, 281-290. (In Persian).
50. Sharp, R. G., Else, M. A., Davies, W. J., & Cameron, R. W. (2010). Gibberellin-mediated suppression of floral initiation in the long-day plant *Rhododendron* cv. Hatsugiri. *Scientia horticultrae*, 124(2), 231-238.
51. Shearman, V.J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K. & Foulkes, M.J. (2005). Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*, 45, 175- 185.
52. Shekoofa, A., & Emam, Y. (2008). Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10(2), 101-108.
53. Sliman, Z. T., & Ghandorah, M. O. (1992). Response of two wheat cultivars to chlormequat (CCC) application. *Journal King Saud University Agricultural Science*, 4, 57-65.
54. Waddington, S. R., & Cartwright, P. (1988). Pre-maturity gradients in shoot size and in number and size of florets for spring barley treated with mepiquat chloride. *The Journal of Agricultural Science*, 110(3), 633-639.
55. 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.