



فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۳، شماره ۲، صفحات ۱۱-۱
(تابستان ۱۳۹۶)

اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد چند رقم جو دیم در شرایط آب و هوایی مراغه

بهمن عبدالرحمنی

استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران abdolrahmanib@yahoo.com (مسئول مکاتبات)

علیرضا توکلی

استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۰-۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۹

واژه‌های کلیدی

- تراکم کاشت
- رقم آیدر
- رقم دایتون
- رقم سهند
- مناطق سردسیر
- میزان بذر

چکیده جهت تعیین مناسب‌ترین میزان بذر مصرفی و رقم جو در مناطق سردسیر، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۲ در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ایستگاه مراغه انجام شد. در این پژوهش سه رقم جو سهند، آیدر و دایتون در سه میزان ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ بذر در متر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم آیدر از نظر وزن هزار دانه، درصد پوشش سبز، شاخص بهره‌وری بارش، عملکرد بیولوژیک و دانه نسبت به سایر ارقام برتری داشت. هم‌چنین تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع به علت بهبود صفات درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش، عملکرد بیولوژیک و دانه، تراکم بهینه شناخته شد. اثر متقابل رقم در میزان بذر از لحاظ وزن هزار دانه، شاخص برداشت، درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش و عملکرد دانه، ارتفاع بوته، درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود. سهند در تراکم ۵۰۰، آیدر و دایتون در تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع بیشترین عملکرد را داشتند. در مجموع، رقم آیدر با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع بیشترین درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی، شاخص برداشت، درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش، عملکرد بیولوژیک و دانه را داشت و از این لحاظ برای کشت پاییزه جو دیم در منطقه مراغه و نیز سایر مناطق آب و هوایی مشابه قابل توصیه است.

ظهور برگ پرچم، سنبله دهی، پرشدن دانه و رسیدگی می‌گردد.^[۱۵،۲۰،۲۳] در صورتی که تعداد روز تا رسیدگی کم باشد، بذر زیاد به اجتناب از خطر یخبندان و برداشت زودتر به ویژه در مناطق سردسیر کمک خواهد کرد. افزایش میزان بذر تا نقطه مطلوب باعث افزایش عملکرد می‌شود، اما بعد از آن تحت تأثیر رقابت قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد.^[۱۰]

فتحی و همکاران (۱۹۹۸) با مطالعه اثر چهار تراکم بذر ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ دانه در متر مربع بر عملکرد دانه جو رقم جنوب در منطقه دشت آزادگان اعلام نمودند که بالاتر بودن عملکرد دانه در تراکم‌های بالا نسبت به تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع عمدتاً به علت تعداد سنبله بیشتر در واحد سطح بود. زیرا دو جزء دیگر عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه با افزایش تراکم کاهش یافتند.^[۱۸] هم‌چنین، سالک زمانی و توکلی (۲۰۰۴) در بررسی اثر تراکم‌های مختلف گندم دیم ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ دانه در متر مربع بر عملکرد دانه گزارش کردند هر چند تراکم کم بذر در واحد سطح باعث کاهش تعداد پنجه، تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله می‌گردد، اما اثر تراکم بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود.^[۴۰] کاهش عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های بالا به دلیل رشد رویشی زیاد و کمبود نور

مقدمه جو^۱ از قدیمی‌ترین غلات زراعی بوده و در شرایط متنوع آب و هوایی در سطح وسیعی در جهان و ایران کشت می‌شود.^[۲۸] سطح زیرکشت این محصول در کشور حدود ۱/۵۱ میلیون هکتار برآورد شده که حدود ۴۰٪ آن به کشت آبی و بقیه به کشت دیم اختصاص دارد.^[۶]

در زراعت دیم به‌کارگیری مناسب نهاده‌ها سبب افزایش تولید و افزایش بهره‌وری از آب باران می‌شود و با توجه به سطح زیر کشت قابل ملاحظه جو دیم در کشور، ضروری است تا عوامل مؤثر بر تولید محصول مورد مطالعه قرار گیرد و ضمن تعیین حد مطلوب هر یک از عوامل، نقش و اثر این عوامل بر تولید محصول مشخص گردد. زیرا هر عامل رشدی که میزان محصول را افزایش دهد، بازدهی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد. این عوامل شامل رقم، آرایش کاشت، مهار آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، زمان کاشت و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشند.^[۳۲] عملکرد هر محصول زراعی حاصل رقابت درون و برون بوته‌ای برای دستیابی به عوامل محیطی رشد است. حداکثر عملکرد، زمانی حاصل می‌شود که این رقابت‌ها به حداقل خود برسند و گیاه بتواند از عوامل محیطی حداکثر استفاده را نماید.^[۱۴] حداکثر بهره‌برداری از عوامل لازم برای رشد گیاه زمانی حاصل می‌شود که تراکم گیاهی حداکثر فشار را بر عوامل تولید وارد کند. در نتیجه افراد جامعه گیاهی به علت رقابت بین بوته‌ها تحت تأثیر تنش شدید قرار می‌گیرند و مقدار کل تولید با افزایش تراکم تا حداکثر بالا می‌رود و پس از آن عملاً ثابت می‌ماند.^[۱۳،۱۶] بنابراین کاشت محصول باید در تراکمی انجام شود که گیاه به خوبی سبز شده و در هر یک از مراحل رشد، فضای کافی برای حداکثر استفاده از منابع محیطی را داشته باشد.^[۳۱،۴۱،۴۷] هم‌چنین، دستیابی به تولید مطلوب و عملکرد بالا، مستلزم انطباق مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط جوی مساعد و افزایش کارایی استفاده از عوامل تولید به‌واسطه تراکم مطلوب است.^[۲۴]

بررسی‌ها حاکی از آن است که مصرف مقدار کم بذر ممکن است عملکردی مساوی با عملکرد حاصل از مصرف چندین برابر بذر تولید کند.^[۳۷] افزایش تعداد بذر کاشته شده در واحد سطح از طریق تعداد پنجه و تعداد سنبله در واحد سطح بیشتر، باعث تسریع در برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه مثل روز تا

^۱ *Hordeum vulgare*

۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه درجه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۷ درجه ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و دارای خاک لوم رسی است و با در نظر گرفتن منحنی آمبروترمو میک^۱ منطقه و نقشه بیوکلیماتریک^۲ ایران، جزو مناطق سرد استپی به شمار می‌رود.^[۴۴] کود مورد نیاز پس از تجزیه خاک به زمین داده شد. فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۳۰ کیلوگرم و به صورت یک جا در زمان کاشت با جایگذاری و نیتروژن از منبع اوره به میزان ۶۰ کیلوگرم به صورت تقسیط دوسوم در زمان کاشت و همراه با فسفر و یک‌سوم در بهار و اوایل ساقه رفتن به کار برده شد.^[۴۲] هر کرت شامل ۱۲ ردیف با (فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر به طول ۴ متر بود. عملیات کاشت با بذرکار آزمایشی وینتراشتایگر^۳ مجهز به سیستم جایگذاری کود زیر بذر انجام شد. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش دیفنکونازول^۴ به نسبت دو در هزار در عمق ۶ - ۴ سانتی‌متر کشت شدند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد سنبله در هر بوته، وزن هزار دانه، درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی، تعداد دانه در هر سنبله، شاخص برداشت،

داخل کانوپی توجیه گردید.^[۳۵] باور (۲۰۰۸) و دونالدسون و همکاران (۲۰۰۱) در جو گزارش کردند که با افزایش تراکم، عملکرد بیولوژیکی به صورت خطی کاهش می‌یابد.^[۸،۱۲] دونالدسون و همکاران (۲۰۰۱) تعداد سنبله بارور در واحد سطح را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تعیین کننده عملکرد دانه جو معرفی کردند و اظهار داشتند وجود تراکم بهینه به تولید حداکثر سنبله بارور کمک می‌کند.^[۱۲] باور (۲۰۰۸) گزارش کرد که با افزایش تراکم در جو، تعداد سنبله در متر مربع افزایش یافت، اما تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش یافت.^[۸] هم‌چنین باکما-بیومسترا و مستریروک (۱۹۹۳) گزارش کردند که در جو دوردیفه، بین تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله رابطه عکس وجود دارد.^[۷] در واقع خاصیت جبران‌کنندگی نسبی بین اجزای عملکرد، می‌تواند نقصان عملکرد را وقتی که یک جزء کاهش می‌یابد، به‌حداقل برساند.^[۱۴] پاور و السی (۱۹۷۸) گزارش کردند در جو با افزایش تراکم، حداکثر تعداد پنجه در واحد سطح به سرعت تشکیل می‌شود ولی تعداد پنجه‌هایی که باقی می‌مانند و تولید سنبله می‌کنند، کاهش می‌یابد.^[۳۶] راهنما و همکاران (۲۰۰۰) نیز بیان کردند که بیش‌ترین تراکم کاشت با کم‌ترین تعداد پنجه در بوته، بیش‌ترین عملکرد دانه را در گندم تولید نمود.^[۳۸] طبق گزارش بهنیا (۱۹۹۲) وزن هزار دانه به‌ندرت تحت تأثیر تغییرات تراکم قرار می‌گیرد و آن را یک انعطاف‌پذیری فیزیولوژیکی در رابطه با اندامی که جهت تولید مثل لازم است، می‌داند.^[۹] گیوانی و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که وزن دانه بیش‌تر تحت کنترل ژنتیک است و در ارقام جدید گندم نان، وزن هزار دانه تحت تأثیر تراکم بوته قرار نمی‌گیرد.^[۳۱] با توجه به این که هر رقم بسته به خصوصیات گیاه‌شناسی و فیزیولوژیکی و نیز شرایط آب و هوایی، خاک و محیط رشد می‌تواند در وضعیت خاصی از تراکم بوته، محصول ایده‌آل تولید کند، از این رو، هدف از این پژوهش، تعیین بهترین تراکم بوته در سه رقم جو دیم در شرایط آب و هوایی مناطق سردسیر بود.

مواد و روش‌ها این پژوهش در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل تراکم در سه سطح ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ بذر در متر مربع و سه رقم جو سهند، آبیدر و دایتون در سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۰ اجرا شد. ایستگاه مراغه در مختصات

¹ amberotermic graph

² bioclimatic map of climate

³ Winterstiger

⁴ difenoconazole 3% DS

هوا به خوبی رشد نمی‌کنند، بنابراین طبیعی است که با بهبود شرایط آب و هوایی و استفاده مؤثر از عوامل رشد، شاهد تغییرات عملکرد جو در سال‌های مختلف باشیم.

ارقام مختلف از لحاظ ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. هم‌چنین، در مقادیر مختلف بذر مورد استفاده، گیاهانی با ارتفاع یکسان ایجاد شد (جدول ۳). اثر متقابل رقم در میزان بذر بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). به طوری که روند تغییرات ارتفاع بوته در تراکم‌های مختلف در ارقام مورد بررسی، متفاوت بود اما در هر سه رقم جو مورد مطالعه با افزایش تراکم، ارتفاع بوته نیز افزایش یافت (جدول ۴). علت آن به رقابت بین بوته‌ها به منظور دست‌یابی به نور کافی و در نتیجه افزایش طول میانگره‌ها و ارتفاع بوته مربوط است.^[۹]

اثر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد پنجه و سنبله در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر رقم و نیز رقم در میزان بذر مصرفی بر وزن هزار دانه جو معنی‌دار بود (جدول ۲). وزن هزار دانه به عنوان عنصری مهم در عملکرد دانه، در انتخاب تراکم کاشت نقش مؤثری دارد و ارقامی با وزن هزار دانه بالا، عملکرد بهتری دارند که این امر باعث صرفه‌جویی در میزان بذر مصرفی می‌شود.^[۵،۲۵] در رقم سهند، با افزایش میزان بذر در واحد سطح بر وزن

درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش، عملکرد بیولوژیک و دانه بود. درجه باردهی حاصل جمع عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت است و عکس‌العمل متغیرهای مذکور را برابر یک تیمار به صورت مقداری واحد نشان می‌دهد.^[۳،۳۰] شاخص بهره‌وری بارش، فرم ساده شده شاخص کارآیی مصرف آب^۱ است که از رابطه (۱) محاسبه شد و بر حسب کیلوگرم محصول به ازای هر میلی‌متر بارندگی بیان گردید.^[۴۳]

عملکرد گیاه زراعی در واحد

$$\text{رابطه (۱)} = \frac{\text{سطح (کیلوگرم)}}{\text{کل بارش در طول فصل رشد (میلی‌متر)}} \times \text{شاخص بهره‌وری بارش}$$

در مرحله گلدهی درصد پوشش سبز با استفاده از یک کوادرات مستطیل شکل به ابعاد ۱۰۰ × ۵۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قسمت داخلی این چهارچوب با ریسمان به ۱۰۰ خانه مساوی تقسیم شد و از بالا به طور عمود، تک‌تک خانه‌ها مشاهده گردید و هر گاه حداقل ۵۰٪ هر خانه با پوشش سبز گیاهی پر شد به عنوان خانه پر به حساب آمد. مجموع تعداد خانه‌های پر، درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی را مشخص نمود.^[۳]

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث میزان بارندگی در فصل رویشی اول معادل ۲۷۲ میلی‌متر بود که از این میزان ۱۰۹/۱ میلی‌متر طی فصل بهار نازل شده بود. هم‌چنین میزان بارندگی در فصل رویشی دوم معادل ۳۵۲/۱ میلی‌متر بود که تنها ۱۲۷/۲ میلی‌متر آن به فصل بهار مربوط می‌باشد (جدول ۱). به این دلیل هم اثر فصل رویشی بر درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی، شاخص بهره‌وری بارش و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱٪ و بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). علت این امر ناشی از تغییرات شرایط آب و هوایی در طی دو سال اجرای آزمایش بود. زیرا با توجه به این که گیاه جو در مناطقی کشت می‌شود که غلات دیگر به دلیل بارندگی کم، خاک یا ارتفاع زیاد، سرما و گرمای

¹ water use efficiency

ماده خشک و عملکرد دانه بیش‌تری تولید نمودند که در نهایت منجر به بهبود درجه باردهی گردید. اهمیت و نقش درجه باردهی از نظر انتخاب و معرفی تیمار برتر با قدرت تولید بیشتر مورد تأکید قرار گرفته است. [۲۳۰،۴۶]

علت کاهش عملکرد ارقام جو در تراکم‌های پایین‌تر و بالاتر از حد بهینه، به زمان آغاز رقابت مربوط است. در تراکم کم، علاوه بر افزایش تبخیر و عدم استفاده بهینه از نهاده‌ها، رقابت در مراحل بعدی رشد برای دریافت مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها تشدید می‌شود که منجر به تولید دانه‌های کمتر و کوچک‌تر می‌گردد. هم‌چنین در تراکم زیاد نیز به‌علت تشدید رقابت درون گونه‌ای در ابتدای فصل و هم‌چنین قبل از تشکیل سلول‌های مولد، عملکرد دانه با کاهش مواجه می‌شود. [۴۱]

بنابراین در تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع، به علت کاهش رقابت برون و درون بوته‌ای و دستیابی بهتر به منابع رشد، حداکثر فشار بر عوامل تولید وارد می‌شود [۴] و در نتیجه افراد جامعه گیاهی به‌علت رقابت بین بوته‌ها تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرند و در شرایط دیم، این دقیقاً همان نقطه‌ای است که به علت حداکثر فشار از طرف گیاه نیز شاخص بهره‌وری از بارندگی به بالاترین

هزار دانه نیز افزوده شد، اما در دو رقم دیگر آبی‌در و دایتون روند عکس مشاهده شد و با افزایش تراکم از وزن هزار دانه کاسته شد (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که وزن هزار دانه صفت وابسته به تراکم نیست. کاهش وزن هزار دانه در تراکم‌های بالا می‌تواند ناشی از برتری اندام‌های رویشی در رقابت با اندام‌های زایشی باشد. [۹] برخی معتقدند که وزن هزار دانه به‌ندرت تحت تأثیر تغییرات تراکم قرار می‌گیرد و آن را یک انعطاف‌پذیری فیزیولوژیکی در رابطه با اندامی که جهت تولید مثل لازم است، می‌داند. [۹] گیوانی و همکاران (۲۰۰۴) نیز معتقدند که وزن دانه بیش‌تر تحت کنترل ژنتیک است و در ارقام جدید، وزن هزار دانه تحت تأثیر تراکم بوته قرار نمی‌گیرد. [۲۱]

درصد پوشش سبز زمین و تعداد دانه در سنبله

اثر رقم، میزان بذر و هم‌چنین اثر متقابل آنها بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). روند تغییرات درصد پوشش سبز در هر سه رقم جو سهند، آبی‌در و دایتون در واکنش به تغییرات تراکم یکسان بود و با افزایش تراکم کاشت در واحد سطح، درصد پوشش سبز نیز افزایش یافت (جدول ۴). دلیل اصلی افزایش درصد پوشش سبز به تعداد بذر کاشته شده در متر مربع و به‌دنبال آن ایجاد تراکم مناسب و استقرار سریع سایه‌انداز گیاهی و نیز توانایی ارقام در استفاده از منابع آب و خاک مربوط است. [۴] در هر سه رقم جو مورد مطالعه، در تراکم‌های پایین‌تر به‌علت عدم استفاده مناسب از منابع رشد و در تراکم‌های بالاتر به‌علت ورس بوته‌ها و عدم امکان برداشت کامل بوته‌ها، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه کاهش یافت. اما در تراکم مناسب به دلیل به توازن رسیدن رقابت درون و برون بوته‌ای و استفاده بهینه از منابع، شاخص بهره‌وری از آب باران نیز به حداکثر مقدار خود رسید (جدول ۴). این نتیجه با نتایج به‌دست آمده توسط عبدالرحمنی (۲۰۱۶) و آگولیار و هانت (۱۹۹۱) مطابقت دارد. [۳۰،۴]

هر دو عامل رقم و میزان بذر و نیز اثر متقابل رقم در میزان بذر بر شاخص برداشت، درجه باردهی و شاخص بهره‌وری بارش اثر معنی‌داری داشتند، اما عملکرد بیولوژیک فقط تحت تأثیر رقم و اثر متقابل رقم در میزان بذر و عملکرد دانه تحت تأثیر میزان بذر و اثر متقابل رقم در میزان بذر قرار گرفتند (جدول ۲). ارقام سهند، آبی‌در و دایتون در تراکم بهینه ۴۰۰ بذر در متر مربع به‌علت استفاده مؤثر از منابع آب و خاک و تولید مواد فتوسنتزی صفات درجه باردهی، عملکرد

جدول ۱) آمار هواشناسی فصل رویشی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه

Table 1) Meteorological data of 2011 and 2012 growing seasons in Dryland Agriculture Research Station of Maragheh, Iran

Month	2011			2012		
	rainfall (mm)	mean temperature (°C)	days below zero °C	rainfall (mm)	mean temperature (°C)	days below zero °C
October	25.80	12.15	2	8.5	13.48	0
November	50.50	1.69	17	84.0	7.08	3
December	5.90	-4.29	28	51.9	0.94	17
January	29.80	-2.77	27	27.0	-4.52	28
February	21.10	-5.68	30	44.2	1.66	21
March	23.20	-4.03	27	46.3	2.56	22
April	36.20	5.88	11	33.2	7.60	8
March	49.70	12.36	0	47.7	10.13	4
June	21.00	17.10	0	9.0	38.50	0
July	8.80	21.14	0	0.3	39.60	0

Table 2) Complex ANOVA for effects of barley varieties and seed rate on traits

جدول ۲) تجزیه واریانس اثر سال، رقم و میزان بذر صفات زراعی جو

Source of variation	df	mean of squares										
		plant height	no. of tillers	no. of spikes/plant	thousand kernal weight	green cover percentage	no. of grains/spike	harvest index	productivity degree	rainfall productivity index	biomass yield	grain yield
Year	1	4.17	0.0001	3.13	3.95	64.50**	3.63	97.58	60.47	14.60**	2443966**	290400*
Error	4	7.20	0.037	0.63	4.26	2.52	0.74	76.41	75.76	0.27	164500	22543
Cultivar	2	9.46	0.241	0.07	10.03*	147.90*	3.13*	573.60**	539**	2.73*	1608334**	169960
Year × Cultivar	2	0.39	0.056	0.07	1.23	4.80	0.69	23.09	21.8	0.33	21286	415
Seed rate	2	0.91	0.074	0.35	0.69	31.91	2.30	4168**	4219**	18.77**	1060529*	2026485**
Year × Seed rate	2	0.39	0.222	0.13	0.28	1.35	0.52	32.03	30.90	0.25	19702.3	115.7
Cultivar × Seed rate	4	46.90*	0.185	0.74	10.50**	48.85*	3.57*	579**	642**	8.02**	672802	857049**
Year × Cultivar × Seed rate	4	1.94	0.111	0.07	1.68	0.52	0.24	15.18	13.97	0.13	41022.3	991
Error	32	13.90	0.162	0.38	2.34	48.39	1.07	70.16	66.51	1.01	323063	79653
CV (%)	-	7.16	13.09	13.27	2.94	9.39	5.06	16.41	14.57	18.70	17.26	17.27

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively.

***, ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

Table 3) Comparisons of barley cultivars traits and various seed planting rates

جدول ۳) مقایسه صفات زراعی ارقام جو و مقادیر مختلف بذر مصرفی مختلف

variables	plant height (cm)	no. of tiller	no. of spike/plant	thousand grain weight (gr)	green cover percentage (%)	no. of grain/spike	harvest index	productivity degree	rainfall productivity index (kg/mm)	biomass yield (kg/ha)	grain yield (kg/ha)	
Barley cultivar	Sahand	51.30 a	2.61 a	2.94 a	52.08 ab	71.30 b	20.89 a	47.51 b	47.28 b	4.93 b	3253 ab	1522 a
	Abidar	52.80 a	2.61 a	3.11 a	52.61 a	77.10 a	20.50 ab	48.05 b	49.36 b	5.66 a	3610 a	1695 a
	Daiton	51.90 a	2.72 a	3.17 a	51.13 b	73.90 ab	20.06 b	57.55 a	54.25 a	5.52 ab	3018 b	1685 a
Seed rate (kg/ha)	300	52.30 a	2.67 a	3.00 a	52.17 a	72.60 a	20.22 a	43.35 b	48.26 b	4.79 b	3431 a	1478 b
	400	51.90 a	2.78 a	3.11 a	51.83 a	74.80 a	20.33 a	41.19 b	53.59 a	6.55 a	3437 a	2019 a
	500	53.90 a	2.50 a	3.11 a	51.83 a	74.90 a	20.89 a	58.56 a	46.40 b	4.78 b	3013 b	1652 b

حرف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد. Similar letter in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level.

Table 4) Comparisons of barley cultivars traits planted in various seed rates

جدول ۴) صفات زراعی ارقام جو کاشته شده با مقادیر بذر مختلف

Barley cultivars	seed rate (kg/ha)	plant height (cm)	no. of spikes/plant	no. of tillers	thousand grain weight (g)	green cover percentage (%)	no. of grains/spike	harvest index	productivity degree	rainfall productivity index (kg/mm)	biomass yield (kg/ha)	grain yield (kg/ha)
Sahand	300	51.50 abc	2.83 b	2.50 a	50.63 bc	71.70 abc	20.17 abc	43.04 c	47.51 c	4.36 de	3118 bc	134 6de
	400	48.50 c	3.17 ab	3.00 a	52.52 a	69.20 c	21.17 a	43.48 c	48.78 c	5.17 cde	3700 ab	1623 cd
	500	54.00 ab	2.83 b	2.33 a	53.10 a	73.20 abc	21.33 a	56.01 b	58.57 b	5.26 bcd	2942 c	1597 cd
Abidar	300	53.00 ab	3.00 ab	3.00 a	53.32 a	74.50 abc	19.83 bc	44.85 c	58.40 c	5.99 bc	3462 bc	1850 bc
	400	51.70 abc	3.17 ab	2.67 a	52.30 ab	78.30 ab	20.83 ab	59.20 a	67.61 a	7.99 a	4140 a	2463 a
	500	55.50 a	3.33 a	2.50 a	52.20 ab	78.50 a	20.50 ab	52.39 b	57.60 b	6.40 b	3230 bc	1972 b
Daiton	300	49.80 bc	3.17 ab	2.50 a	52.55 a	70.20 bc	20.67 ab	42.15 c	46.43 c	4.01 e	3033 bc	1239 e
	400	51.80 abc	3.17 ab	3.00 a	50.67 bc	74.50 abc	20.83 ab	43.21 c	47.71 c	4.57 de	3148 bc	1355 de
	500	52.30 abc	3.00 ab	2.33 a	50.18 c	77.00 abc	19.00 c	42.89 c	41.62 c	4.59 de	2868 c	1263 e

حرف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد. Similar letter in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level.

مستربروک (۱۹۹۳) گزارش کردند که بین تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله رابطه معکوس وجود دارد.^[۷] در واقع خاصیت جبران‌کنندگی نسبی بین اجزای عملکرد، می‌تواند نقصان عملکرد را زمانی که یک جزء عملکرد کاهش می‌یابد، به حداقل برساند.^[۱۴]

نتیجه‌گیری کلی براساس نتایج تراکم می‌تواند به‌عنوان بخش مکمل در افزایش عملکرد جو دیم مؤثر باشد. بین ارقام جو و تراکم کاشت به‌علت سه عامل بارندگی، میانگین دما و تعداد روزهای زیر صفر درجه سلسیوس بین سال‌های اجرای آزمایش، از نظر صفات مورد مطالعه اختلاف وجود داشت و رقم آبی‌در با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع، بالاترین درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی، شاخص برداشت، درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و می‌تواند برای منطقه و هم‌چنین مناطق آب و هوایی مشابه توصیه گردد.

سپاسگزاری این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۰۰۱-۱۵-۱۵-۲ مصوب مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور می‌باشد. بدین وسیله از این مؤسسه به لحاظ تأمین مالی طرح تشکر می‌گردد.

مقدار می‌رسد (جدول ۴). داوود (۱۹۹۴) و داگلاس و همکاران (۱۹۹۴) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند.^[۱۳،۱۶]

با افزایش میزان بذر مصرفی به بالاتر از حد بهینه تراکم گیاهی، بخش اعظم مواد تولیدی به بخش‌های رویشی اختصاص می‌یابد، زیرا با افزایش تراکم و در نتیجه افزایش سایه‌اندازی، رقابت گیاهان برای دسترسی به نور خورشید نیز زیاد می‌شود و این امر باعث تحریک رشد رویشی و افزایش اختصاص مواد به بخش‌های رویشی و در نتیجه باعث کاهش شاخص برداشت می‌گردد. بر عکس با کاهش میزان بذر و تراکم گیاهی، اختصاص مواد به بخش‌های رویشی کاهش و در نتیجه شاخص برداشت و عملکرد دانه افزایش یافت (جدول ۴). خان (۱۹۹۳)، ماچنا و گروگان (۱۹۹۷)، داگلاس و همکاران (۱۹۹۴)، جانسون و همکاران (۲۰۱۰)، کوچ (۱۹۹۶) و لافوند و درکسن (۱۹۹۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.^[۱۶،۲۶،۲۷،۲۹،۳۱،۳۶] از بین اجزای عملکرد دانه، تنها تعداد دانه در سنبله تحت تاثیر میزان بذر قرار گرفت (جدول ۳) این نتایج با یافته‌های صدیقی و لاله (۱۹۸۶) و باور (۲۰۰۸) مطابقت دارد.^[۸،۳۹]

از بین ارقام مورد مطالعه در تراکم‌های مختلف، رقم آبی‌در تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع عملکرد دانه بیشتری داشت. این افزایش عملکرد در رقم آبی‌در را می‌توان به افزایش ارتفاع بوته، تعداد سنبله در بوته، وزن هزار دانه، درصد پوشش سبز در مرحله گلدهی، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، درجه باردهی، شاخص بهره‌وری بارش و عملکرد بیولوژیک نسبت داد (جدول ۴). گیونتا و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش عملکرد دانه در ارقام جدید را به افزایش تعداد دانه در متر مربع نسبت دادند.^[۲۲] هم‌چنین، هیلتبرونر و همکاران (۲۰۰۷) تراکم بهینه کاشت را کلیدی برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد بیان نمودند.^[۲۴] تراکم گیاهی مناسب با تغییر عواملی مانند تفاوت منطقه، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی به‌ویژه توزیع بارش، نوع خاک و ارقام متفاوت است.^[۱۶] شریعی و رحیمیان مشهدی (۲۰۰۱) نیز در تراکم ۱۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار، بیشترین عملکرد بیولوژیک را گزارش و کاهش عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های بالا را به دلیل رشد رویشی زیاد و کمبود نور داخل کانوپی توجیه کردند.^[۲۵]

باور (۲۰۰۸) گزارش کرد که با افزایش تراکم، تعداد سنبله در متر مربع افزایش اما تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش یافت.^[۸] هم‌چنین باکما بو مسترا و

References

1. Abdolrahmani B, Ghassemi- Golezani K, Valizadeh M, Feizi Asl V (2007) Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordium vulgare* L.). Journal of Food; Agriculture and Environment 5: 179- 184.
2. Abdolrahmani B, Ghassemi-Golezani K, Valizadeh M, Feizi asl V, Tavakoli AR (2009) Effects of seed priming on seed vigour and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) in dryland. Iranian Journal of Crop Science 4: 337- 352.
3. Abdolrahmani B, (2016) Determination of appropriate rainfed wheat varieties density in cold region. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 2: 161- 183. [In Persian].
4. Aguliar IM, Hunt LA (1991) Grain yield vs. spike number in winter wheat in a humid continental climate. Crop Science 31: 360- 363.
5. Anonymous (2011) Results of dryland wheat breeding research. Dryland Agriculture Research Institute. [In Persian]
6. Anonymous (2015) Appearance of barley cultivation in Iran. Office of forage crops. Deputy of crop production . pp 174. [In Persian]
7. Bakema-Boomstra AG, Masterbroke HD (1993) The grain yield of unicum barley (*Hordeum vulgare* L.) in two contrasting environments. Euphytica 66: 103- 110.
8. Bavar M (2008) Effects of planting date and density on growth indices and yield component of hull-less barley. Master Thesis of Agronomy. University of Agriculture Sciences and Natural Resources of Gorgan, 62 p. [In Persian]
9. Behnia M (1992) Cool cereals. University of Tehran Press, 48 p. [In Persian].
10. Brigs KG (1975) Effects of seeding rate and row spacing on agronomic characteristics of Glenlea, Pitic 62 and Nee pawa wheat. Canadian Journal of Plant Science 55: 363- 367.
11. Darwinkel A, Ten-Hag BA, Kuizenga D (1977) Effect of sowing date and seed rate crop development and grain production of winter wheat. Netherland Journal of Agriculture Science 25: 83- 94.
12. Donaldson E Schillinger WE, Dofing SM (2001) Straw production and grain Yield relationship in barley. Crop Science 41: 100- 106.
13. Dawood RA (1994) Effects of row space and timing of nitrogen application on the yield, yield components and some technological properties of wheat grains. Australian Journal of Agricultural Science 25: 319- 340.
14. Darwinkel A (2008) Patterns of tiller and grain production of winter wheat at wide range of plant sensitivities. Netherland Journal of Agriculture Science 26: 383- 398.
15. Dofing SM, Knight CW (1992) Heading synchrony and yield component of barley grown in subarctic environments. Crop Science 32:1377- 1380
16. Douglas CL, Wilkins DE, Churchill DB (1994) Tillage, seed size and seed density effects on performance of soft white winter wheat. Agronomy Journal 86: 707- 711.
17. Elhani S, Martos V, Rharrabi Y, Royo C, Garcia del moral LF (2007) Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum aestivum* L. var. *durum*) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. Field Crops Research 103: 25- 35.
18. Fathi G, Alipoor AA, Radmehr M, Lotfaliaeene J (1998) Interaction effect of density and nitrogen fertilizer on barley grain yield. 6th Agronomy and Plant Breeding Conference of Iran, Babolsar, Mazandaran University. pp 341.
19. Fisher RA, Aguilar I, Maure OR, Ravis ASR (1999) Density and row spacing effects on irrigated short wheat at low latitude. Field crop Abstract. 2: 48- 57. [In Persian]
20. Fukai S, Searle C, Baiquni H, Choenthong S, Kywe M (1998) Growth and grain yield of contrasting barley cultivars under different plant densities. Field Crop Research 23: 239- 254.
21. Giovanni G, Silvano P, Giovanni D (2004) Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181- 182.
22. Giunta F, Motzo R, Pruneddu G (2007) Trends since 1900 in the yield potential of Italian-bred durum wheat cultivars. European Journal of Agronomy 27: 12- 24.
23. Henson BK, Lukach JR (1992) Barley response to planting rate in northeastern North Dakota. N.D. farm Research 49: 14- 19.

24. Hiltbrunner J, Streit B, Lidgens M (2007) Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? *Field Crops Research* 102: 163- 171.
25. Ishag HM, Taha MB (1974) Production and survival of tillers of wheat and their contribution to yield. *Journal of Agriculture Science* 83: 117- 124.
26. Johnson JW, Hargrove WL, Moss RB (2010) Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. *Agronomy Journal* 80: 164- 166.
27. Khan SA (1993) Effect of seed rate and row spacing on the yield of bulk wheat. *Agronomy Journal* 65: 614- 615.
28. Khodabandeh N (1983) *Cereals*. Sepehr Publication Center: Tehran.
29. Koc M (1996) Biomass production and grain yield of some genotypes of bread and Durum wheat under coastal Mediterranean conditions. *Rachis* 15: 27- 32.
30. Koocheki A, Khalagani J (1995) Recognition of crop plants production (An eco-physiologic view). Ferdowsi Mashhad University Press, Mashhad. [In Persian]
31. Lafond GP, Derksen DA (1996) Row spacing and seeding rate effects in wheat and barley under a conventional fallow management system. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 791- 793.
32. Malakooti MJ, Riazi hamadani SA (1991) Fertilizers and soil fertility. Ferdowsi Mashhad University Press, Mashhad. [In Persian]
33. Mcloed CC (1982) Effects of rates of seeding on barley sown for grain. *New Zealand Journal Of Experimental Agriculture* 10:133-136.
34. Muchena SC, Grogan CO (1997) Effect of seed size on germination of corn (*Zea mays*) under simulated water stress conditions. *Canadian Journal of Plant Science* 57: 921- 923.
35. Poehlman JM, Sleper DA (1995) *Breeding Field Crops* (4th ed.) Iowa State University Press, Ames, Iowa. P 473.
36. Power JF, Alessi J (1978) Tiller development on yield of standard and semi dwarf barley varieties as affected by nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science* 90: 97- 108.
37. Rharrabti Y, Elhani S, Martos Nunez V Garcia Del Moral LF (1998) Relationship between some quality traits and yield of durum wheat under southern Spain conditions. *Ciheim Options Mediterraneennes* 40: 529- 531
38. Rahnama A, Bakhshandeh A, Normohammadi Gh (2000) Investigation determination the part of the tiller in plant in the different density on seed yield component in wheat in Khozestan. *Journal of Iran. Agriculture Science* 2(3): 12- 24. [In Persian].
39. Sadiq M, Lalah RA (1986) Influence of seed density on the growth and yield of wheat varieties under late sown conditions. *Journal of Agriculture Research* 24: 33- 36.
40. Salekzamani A, Tavakoli A (2004) Effects of different seed rates on yield and yield components of new wheat genotypes. *Iranian Agronomy science Journal* 6: 214- 223. [In Persian].
41. Sarmadnia G, Koocheki A (1989) *Crop Physiology*. Ferdowsi Mashhad University Press; Mashhad. [In Persian]
42. Sedri MH (2008) Final report of Study effects of manure, seed incubation with *Azotobacter* and nitrogen utilization on quality and quantity of dryland wheat. *Dryland Agriculture Research Institute*. 87/745.
43. Sepaskhah A, Tavakoli AR, Moosavi SF (2006) *Principles of limited irrigation*. National Committee of Irrigation and Drainage Press; Tehran. [In Persian]
44. Seyed Giasi MF (1991) Final report of the detailed surveyed area of the agricultural dryland research station in Maragheh 495: 1- 27. [In Persian]
45. Sharifi H, Rahimian-e-Mashhadi H (2001) The effect of stress, moisture, density and cultivar in rainfed Wheat in Khorasan. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources* 8: 115- 129. [In Persian].
46. Singh ID, Stoskopf NC (1971) Harvest index in cereals. *Agronomy Journal*. 63: 224- 226.
47. Thirty DE, Sears RG, Shroyer JP, Paulsen GM (2012) Planting date effects on tiller development and productivity of wheat. *Agricultural Experiment Station and Cooperative Service*. Kansas University 2012/231.

Effect of plant density on grain yield and yield components of barley cultivars in dryland cold regions



Agroecology Journal

Vol. 13, No. 2 (1-11)

(summer, 2017)

Bahman Abdolrahmani

Assistant professor of Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran ✉ abdolrahmanib@yahoo.com (corresponding author)

Alireza Tavakoli

Assistant professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 11 April 2017

Accepted: 09 June 2017

Abstract To find the best seed rate and barley cultivars in cold regions, a research was conducted as factorial experiment based on randomized complete block design with three replications during two 2013- 2015 growing season at Dryland Agricultural Research Institute, Maragheh Station, Iran. Three barley cultivars of Sahand, Abidar and Dayton were evaluated in 300, 400 and 500 seeds/m² seed rates. Abidar cv. had better performance than other cultivars in thousand kernel weight, green cover percentage, rainfall productivity index, biological and grain yield. Also, the seed rate of 400 seeds/m² was the best due to better productivity degree, rainfall productivity index, biological and grain yield. Interaction of cultivar in seed rate was significant in thousand kernel weight, harvest index, productivity degree, rainfall productivity index, grain yield, plant height, green cover percentage in flowering stage and grains number in spike. Sahad in 500, Abidar and Dayton in 400 seeds/m² had the highest yield. On the whole, Abidar in 400 seeds/m² had the highest green cover percentage in flowering stage, harvest index, productivity degree, rainfall productivity index, biological and grain yield and thus can be recommended for rainfed barley fall cultivation in Maragheh and other similar regions.

Keywords

- ◆ Abidar cultivar
- ◆ cold regions
- ◆ Dayton cultivar
- ◆ Sahand cultivar
- ◆ seed rate