دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و چهارم، ۱۳۹۷

بررسی خلاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) آبی در سطوح مختلف آبیاری تکمیلی: مطالعه شبیه سازی

سیدرضا امیری[۱]

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/٦

چکیده

تجزیه خلاء عملکرد راهکاری مفید برای اولویت‌بندی تحقیقات و پژوهش‌های کشاورزی است که هدف آن کاهش موانع تولید است. به همین منظور داده های روزانه دراز مدت آب و هوایی طی سال های ۱۳٦۱ تا ۱۳۹۱ در ۱۲ منطقه واقع در استان خراسان رضوی در شمال شرق ایران با اقلیم خشک و نیمه خشک سرد جمع آوری شدند. سپس با استفاده از مدل SSM-Legume تأثیر سطوح مختلف آبیاری تکمیلی (آبیاری کامل، آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی و آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی) بر عملکرد پتانسیل و خلاء عملکرد برای ۱۲ منطقه تحت کشت نخود بررسی شد. نتایج اجرای مدل در شرایط آبیاری کامل و تاریخ‌های کاشت مختلف (۳۰ بهمن، ۲۵ اسفند، ۱۵ فروردین و ۱ اردیبهشت) نشان داد که در بیشتر شهرستان‌ها تاریخ کاشت ۳۰ بهمن از نظر عملکرد پتانسیل بهینه است و بیشترین و کمترین عملکرد پتانسیل به ترتیب در تایباد و مشهد با متوسط عملکرد ۲۷۳٦ و ۲۳۰٦ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بدست آمد. از طرف دیگر در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بیشترین و کمترین عملکرد در کلیه سطوح آبیاری تکمیلی به ترتیب در قوچان و تایباد بدست آمد. به طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد آبیاری تکمیلی در مراحل بحرانی گل‌دهی و غلاف‌دهی علاوه براین که خلاء عملکرد را به مقدار ٦۷ درصد کاهش می‌دهد، راهکاری مفید برای نزدیک کردن عملکردهای هر منطقه به عملکرد پتانسیل نخود می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، عملکرد دیم، عملکرد واقعی، مدل‌سازی

امیری، س.ر. ۱۳۹۷. بررسی خلاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در سطوح مختلف آبیاری تکمیلی: مطالعه شبیه سازی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٤: ۸٤-۷۲.

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران. پست الکترونیک:
seyedrezaamiri@yahoo.com

مقدمه

نخود یکی از حبوبات مهم در غرب آسیا و شمال آفریقا است که عمده سطح زیر کشت آن به صورت دیم است (مالهوترا، ۲۰۰۲؛ سلطانی، ۲۰۰۱). در ایران نخود یکی از مهم‌ترین حبوبات است که بیش از ۵۰ درصد از سطح زیر کشت حبوبات را به خود اختصاص می‌دهد. ایران در مقیاس جهانی با سطح زیر کشت ۵۶۰۱۹۱ هکتار پس از هند، پاکستان و ترکیه بیشترین سطح زیر کشت را داراست ولی از لحاظ عملکرد با متوسط عملکرد ٤٦٣ کیلوگرم در هکتار در رتبه ٤٥ قرار دارد (فائو، ۲۰۱۲).

به رغم پیشرفت های قابل ملاحظه در مکانیزاسیون تولید و اصلاح ارقام پر محصول، هنوز شرایط اقلیمی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده عملکرد گیاه نخود می‌باشد (سلطانی و ترابی، ۲۰۰۹). عملکرد این گیاه توسط عوامل متعددی محدود می‌شود که از جمله می‌توان به محدود بودن طول فصل رشد به علت وجود دمای نامناسب پایین و بالا، خشکی و توزیع نامناسب بارندگی یا رقابت برای استفاده از زمین توسط سایر گیاهان اشاره کرد. برای دستیابی به عملکردهای بالا، لازم است طول فصل رشد این گیاه با منابع محیطی موجود تطبیق داشته باشد و سایر صفات گیاهی برای استفاده از منابع محیطی در حد مطلوب باشند. بر این اساس می‌توان محدودیت‌های محیطی، ژنتیکی و مدیریتی در تولید گیاهان زراعی در هر نقطه‌ای را با کمک مدل شبیه‌سازی گیاه زراعی تجزیه و تحلیل کرد. از مدل‌های ساده که استفاده و تفسیر نتایج آنها آسان است به صورت موفقیت آمیزی برای بررسی پتانسیل عملکرد و محدودیت‌های محیطی، ژنتیکی و مدیریتی استفاده شده است (دیهیم فرد و همکاران، ۲۰۱۱). یک نمونه از چنین مدل‌هایی در ابتدا توسط سینکلر (سینکلر، ۱۹۸٦) برای سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) ساخته شد. سپس این مدل به عنوان چارچوبی استفاده شد و مدل‌هایی برای سایر گیاهان زراعی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) (امیر و سینکلر، ۱۹۹۱)، جو (*Hordium vulgare* L.) (وهابی و سینکلر، ۲۰۰۵)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) (همر و همکاران، ۲۰۰۵) و نخود (سلطانی و همکاران، ۱۹۹۹) ساخته شد که از آن‌ها در بررسی پتانسیل تولید استفاده شده است. این مدل‌ها جایگزینی برای مدل‌های پیچیده به شمار می‌آیند که دارای تعداد فراوانی فرضیه و پارامتر می‌باشند و به اطلاعات زیادی درباره گیاه و خاک نیاز دارند.

منظور از عملکرد پتانسیل، عملکرد یک محصول تحت شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و تنش‌های زیستی می‌باشد. در این شرایط عوامل محدودکننده دما، نور، دی‌اکسیدکربن و خصوصیات ژنتیکی گیاه می‌باشند (ایوانز، ۱۹۹۳؛ لوبل و همکاران، ۲۰۰۹؛ فان ایترسام و رابینگ، ۱۹۹۷). در شرایط طبیعی پتانسیل عملکرد به ندرت در مزرعه ظاهر می‌شود، در اغلب موارد، عملکرد به دست آمده در مزرعه ۵۰ تا ٦۰ درصد کمتر از عملکرد پتانسیل تعیین شده برای گیاه است (ایوانز و فیشر، ۱۹۹۹). باتیا و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد بادام زمینی در ۱۸ منطقه اصلی کشت این محصول در هندوستان را ارزیابی کرده و نشان دادند که متوسط عملکرد در شرایط عدم محدودیت و محدودیت آب به ترتیب ٥٤٤۰ و ۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در مقابل، متوسط عملکرد واقعی در این مناطق ۱۰۲۰ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب ٤٤۲۰ و ۱۷۳۰ کیلوگرم در هکتار کمتر از عملکردهای پتانسیل در شرایط عدم محدودیت و محدودیت آب بودند.

در نواحی خشک و نیمه خشک مهم‌ترین منبع محدود کننده برای افزایش عملکرد کمبود آب می‌باشد و افزایش بهره‌وری آب در مقایسه با محصول در واحد زمین بهترین راهکار برای زراعت دیم می‌باشد. در چنین شرایطی باید روش‌های مدیریت کارآمد آب به کار گرفته شود. آبیاری تکمیلی یکی از این گونه روش‌ها با کارایی بالا برای افزایش محصولات کشاورزی و بهبود قابل توجه و پایدار در بهره‌وری آب از طریق مدیریت یکپارچه و هماهنگ منابع مزرعه است (اویس و همکاران، ۲۰۰۵). یائو و همکاران (۲۰۱۱)در مطالعه روی گیاه جو (*Hordium vulgare* L.) در منطقه بکا در بیروت نشان دادند که تاریخ‌های کاشت زود هنگام به همراه ۳۰ میلی‌متر آبیاری تکمیلی بلافاصله بعد از کاشت عملکرد دانه و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد. امیری و همکاران (۲۰۱٦) نشان داد که عملکرد نخود با انجام یک دور آبیاری تکمیلی افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه با انجام آبیاری در مرحله گل‌دهی حاصل شده است. با توجه به اینکه حساس‌ترین مرحله تنش رطوبتی در نخود مرحله گل‌دهی می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود با انجام آبیاری تکمیلی در این مراحل رشد گیاه از شدت خسارت تنش کاسته و عملکرد افزایش یابد.

باتیا و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل CROPGRO-Peanut پتانسیل و خلاء عملکرد سویای دیم را برای ۲۱ منطقه واقع در هندوستان ارزیابی کرده و نشان دادند که به طور متوسط پتانسیل عملکرد این مناطق ۳۰۲۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین خلاء عملکرد در حدود ۷۰ درصد می‌باشد؛ به عبارت دیگر تنها ۳۰ درصد از عملکرد پتانسیل در مزارع برداشت می‌شود. آنها

برای کاهش خلاء عملکرد پیشنهاد کردند در مناطق با فصل بارندگی طولانی مدیریت زراعی مانند کشت ارقام پرمحصول، بهبود وضعیت تغذیه گیاه و کنترل آفات و بیماری‌ها صورت گیرد و در مناطق با بارندگی کمتر اقدام به حفظ رطوبت و آبیاری تکمیلی شود. بدیهی است که عوامل مؤثر در ایجاد خلاء عملکرد بسیار متنوع هستند. بنابراین هدف از تجزیه خلاء عملکرد تعیین سهم نسبی هر یک از این عوامل محدودکننده یا کاهش دهنده تولید در شکل‌گیری خلاء عملکرد می‌باشد. دلایل پایین بودن عملکرد نخود در سطح استان خراسان رضوی مطالعه نشده است و عمدتاً مطالعات بصورت ایستگاهی بوده است. هدف از این مطالعه شبیه سازی تأثیر سطوح مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد و سپس تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد در مناطق تحت کشت نخود در استان بود تا بتوان با تعیین تاریخ کاشت بهینه در مناطق تحت کشت نخود و به دنبال آن کاربرد آبیاری تکمیلی مقدار خلاء عملکرد را کاهش داد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای

در این تحقیق برای تجزیه خلاء عملکرد نخود از مدل SSM- Legume (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱) استفاده شد. برای واسنجی مدل، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی ´۱٦ °۳٦ شمالی و طول جغرافیایی ´۳۸ °۵۹ شرقی) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی) بود. تاریخ کاشت ۲۵ اسفندماه و ژنوتیپ مورد استفاده ILC 482 در تراکم ۳۳ بوته در متر مربع کشت شد. پس از کاشت به منظور تسهیل در سبز شدن یکنواخت بذرها کلیه تیمارها به طور سطحی آبیاری شدند. آبیاری‌های بعدی با توجه به مراحل مختلف فنولوژیک گیاه انجام شد. آبیاری کامل طی فصل رشد، بعد از کاشت و به فواصل ۱۰ روز یکبار انجام گرفت. آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی زمانی انجام شد که ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت وارد فاز گل‌دهی و غلاف‌دهی شده بودند. برای تعیین و کنترل مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده گردید. آبیاری به صورت نشتی انجام شد و مقدار آب توزیع شده بین کرت‌ها به صورت یکسان و به مقدار ۱/۵ متر مکعب در هر دور آبیاری بود بطوریکه پس از خروج آب ثقلی، مقدار آب خاک کرت‌ها در حد ظرفیت مزرعه بود. بنابراین مقدار آب برای تیمار آبیاری کامل در هر کرت در طی فصل رشد حدود ۱۳/۵ متر مکعب بود.

اندازه‌گیری‌های گیاهی شامل اندازه‌گیری سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی بود. بدین‌منظور، نمونه‌برداری‌های تخریبی از دو هفته پس از کاشت آغاز و تا انتهای فصل رشد به فاصله هر دو هفته یکبار ادامه یافت. در هرمرحله نمونه‌برداری، پس از حذف یک ردیف از هر طرف و ۰/۵ متر از هر یک از دو انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان اثرات حاشیه، تعداد ۵ بوته از سطح هر کرت برداشت شده و صفات مورد اشاره در بالا (به غیر از صفات فنولوژیک) بر روی آنها اندازه‌گیری شد. همچنین یادداشت‌برداری‌های وقوع مراحل اصلی فنولوژیک (مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و غلاف‌دهی) در طی فصل رشد هر هفته ۲ تا ۳ بار به گونه ای انجام شد که چندین بوته علامت‌گذاری شده وارد مراحل فنولوژیک مورد نظر، شده باشند.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، گیاهان موجود در کل کرت آزمایشی که بدین منظور اختصاص یافته، با رعایت حاشیه برداشت گردید. پس از اتمام آزمایش با استفاده از داده های بدست آمده، مدل واسنجی و تعیین اعتبار شد. در عملیات واسنجی مدل با تغییر پارامترهای گیاهی عملکردهای شبیه سازی شده به عملکرد های مشاهده شده نزدیک شد. سپس با استفاده از پارامترهای حاصل از واسنجی مدل عملکرد در مناطق مختلف شبیه سازی شد. از طرف دیگر، از داده‌های آزمایشات مزرعه‌ای بدست آمده که در آنها شرایط عملکرد پتانسیل (یعنی تیمارهای در شرایط آبیاری کامل ،عاری از علف‌های هرز و شرایط تغذیه ای بهینه گیاه) رعایت شده بود در مناطق مختلف ایران برای اعتبار سنجی عملکرد پتانسیل استفاده شد (امیری ده احمدی و همکاران، ۲۰۱٤). جهت جزئیات بیشتر مربوط به واسنجی و اعتبار سنجی مدل به امیری ده احمدی و همکاران (۲۰۱٤) و امیری و همکاران (۲۰۱٦) رجوع شود.

مدل

در این مطالعه از مدل SSM- Legume (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱) استفاده شد. این مدل، نمو فنولوژیک، تولید و توزیع ماده خشک، رشد و پیر شدن سطح برگ، موازنه نیتروژن در گیاه، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را شبیه سازی می‌کند.

در این مدل، واکنش فرآیندهای رشد گیاه به عوامل محیطی شامل نور، طول روز، دما و قابلیت دسترسی به آب منظور شده است. مدل برای شبیه‌سازی روزانه به اطلاعات آب و هوایی،

خاکی و مدیریتی نیاز دارد. مدل مراحل فنولوژیک را به عنوان تابعی از دما، طول روز و تنش کمبود آب پیش‌بینی می‌کند. گسترش و پیر شدن سطح برگ تابعی از دما، مواد فتوسنتزی فراهم برای رشد برگ، تراکم بوته و انتقال مجدد نیتروژن می‌باشد. تولید ماده خشک به عنوان تابعی از تشعشع دریافت شده و دما تخمین زده می‌شود و ماده خشک تولیدی بر اساس نمو و رابطه مبدأ- مقصد بین اندام‌های رویشی و دانه توزیع می‌شوند. موازنه آب خاک در مدل شامل رواناب، رشد ریشه و افزایش عمق مؤثر استخراج آب، تبخیر از سطح خاک، تعرق و زهکشی و نیز اثرات تنش کمبود آب بر گسترش سطح برگ، تولید ماده خشک است که به صورت روزانه انجام می شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱). نتایج اعتبار سنجی این مدل (وادز و همکاران، ۲۰۱۲؛ امیری ده احمدی و همکاران، ۲۰۱٤؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲) نشان داده است که این مدل توانایی مناسبی در پیش بینی عملکرد دارد و می توان از آن در تحقیقات مربوط به تجزیه و تحلیل عملکرد نخود استفاده کرد.

شبیه‌سازی‌ها، تجزیه داده‌های شبیه‌سازی شده و تعیین خلاء عملکرد

پس از واسنجی و تعیین اعتبار مدل، عملکرد پتانسیل، عملکرد در تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی و آبیاری در مرحله گل‌دهی در چهار تاریخ کاشت ۳۰ بهمن، ۲۵ اسفند، ۱۵ فروردین و اول اردیبهشت و همچنین تراکم ۳۳ بوته در متر مربع محاسبه شد. سپس خلاء عملکرد در بهترین تاریخ کاشت برای دستیابی به عملکرد پتانسیل در شهرستان‌های مورد بررسی (جدول ۱) در سال‌های مختلف تعیین شد. بدین منظور با وارد نمودن داده‌های هواشناسی (حداقل و حداکثر دما، بارندگی، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی) و اطلاعات خاک (عمق مؤثر استخراج آب و کسر حجمی آب قابل استخراج خاک) در مدل (امیری و همکاران، ۲۰۱٦)، عملکرد در مناطق مختلف استان و در شرایط مختلف شبیه‌سازی شد.

با استفاده از عملکردهای به‌دست آمده در شرایط پتانسیل و تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی خلاء عملکرد در تاریخ‌های کاشت بهینه در هر شهرستان در ۲ وضعیت محاسبه شد:

خلاء بین عملکرد پتانسیل و عملکرد به دست آمده در تیمار آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی

خلاء بین عملکرد پتانسیل و عملکرد به دست آمده در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی

پتانسیل عملکرد را اصولاً در بسیاری از تحقیقات برای یک ایستگاه هواشناسی که نماینده یک منطقه است، برآورد می‌کنند (فان ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳؛ باتیا و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹).

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی، آب و هوایی مورد استفاده برای شبیه سازی عملکرد نخود در استان خراسان رضوی

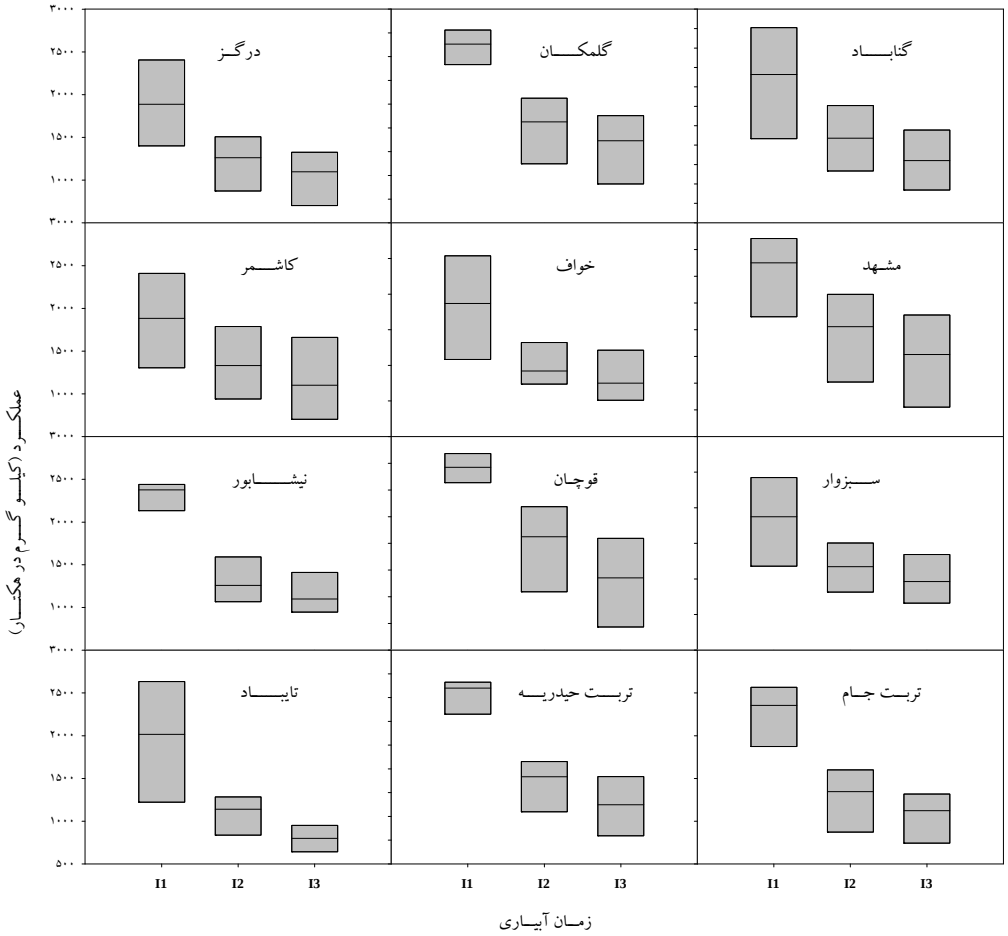
منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تعداد سال شبیه سازی	دوره شبیه سازی
درگز	°E۵۹/٦	°N۳۷/۲٦	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
قوچان	°E۵۸/۳۰	°N۳۷/٤۰	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
گناباد	°E۵۸/٤۱	°N۳٤/۲۱	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
کاشمر	°E۵۸/٤۸	°N۳۵/۲۳	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
مشهد	°E۵٦/۲۸	°N۳٦/۱۵	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
نیشابور	°E۵۸/٤۸	°N۳٦/۱٦	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
تربت جام	°E٦۰/۳۵	°N۳۵/۱۵	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
تربت حیدریه	°E۵۹/۱۳	°N۳۵/۱٦	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
سبزوار	°E۵۷/۳۹	°N۳٦/۱۲	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
گلمکان	°E۵۹/۱	°N۳٦/٦۵	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
خواف	°E٦۰/۰۸	°N۳٤/۳٤	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱
تایباد	°E٦۰/۷۷	°N۳٤/٤۷	۳۰	۱۳٦۱-۱۳۹۱

نتایج و بحث

عملکرد پتانسیل

عملکرد پتانسیل که تنها توسط درجه حرارت و تشعشع توصیف می‌شود، بسته به شرایط آب و هوایی در یک منطقه در طی زمان متغیر است (فان ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳). در میان تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه برای دستیابی به عملکرد پتانسیل، در کلیه شهرستانها بهترین تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بود. (شکل ۱). در واقع در تاریخ‌های کاشت بهینه در هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه شرایط تشعشع خورشیدی و دمایی مناسبی وجود داشت که منجر به افزایش عملکرد پتانسیل شد (جدول ۲).

بیشترین عملکرد پتانسیل در شهرستان تایباد با متوسط عملکرد ۲۷۳٦ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. کمترین عملکرد پتانسیل مربوط به شهرستان‌های تربت حیدریه و مشهد به ترتیب با متوسط عملکرد ۲۳٤۵ و ۲۳۰٦ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). شهرستان تایباد دارای تشعشع بیشتر (۲۲٤۱٤ کیلوژول بر مترمربع بر روز) و متوسط دما ۱۸ درجه سانتیگراد طی فصل رشد در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بود (جدول ۲) و بنابراین عملکرد پتانسیل بیشتری نسبت به بقیه مناطق داشت. با تغییر تاریخ کاشت مناسب به سمت تاریخ‌های کاشت دیرتر، عملکرد پتانسیل کاهش یافت. بطوریکه با تغییر تاریخ کاشت از ۳۰ بهمن به سمت ۱ اردیبهشت باعث کاهش چشمگیر عملکرد در شهرستان‌های خواف و تایباد با ٦۵ و ٦۱ درصد کاهش نسبت به عملکرد پتانسیل شد (شکل ۱). زیرا در شهرستان‌های مذکور به دلیل بر خورد با دماهای بالا طی فصل رشد (هر دو با متوسط دما ۲٦ درجه سانتیگراد)، دوره رشد گیاه نیز کوتاه شد (جدول ۲) و در نتیجه عملکرد کاهش یافت.



شکل۱- تأثیر آبیاری تکمیلی و تاریخ های کاشت بر عملکرد نخود در مناطق مورد مطالعه. طول هر باکس نوسانات عملکرد در تاریخ های مختلف کاشت را نشان می دهد. I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی، I3: آبیاری در مرحله گل‌دهی

جدول ۲- طول دوره رشد گیاه از سبز شدن تا رسیدگی در تیمارهای مختلف آبیاری وتاریخ کاشت در شهرستان‌های مورد مطالعه

	تاریخ کاشت	I_1	I_2	I_3		تاریخ کاشت	I_1	I_2	I_3
	۳۰ بهمن	۹۵	۹۳	۹۱		۳۰ بهمن	۱۱۲	۱۰۸	۱۰۷
تربت جام	۲۵ اسفند	۸٦	۸۰	۷۷	مشهد	۲۵ اسفند	۹۱	۸٦	۸۵
	۱۵ فروردین	۷۹	۷۱	٦٦		۱۵ فروردین	۷۵	۷۳	۷۱
	۱ اردیبهشت	۷٤	٦۵	٦۳		۱ اردیبهشت	۷۱	٦۷	٦٦
	۳۰ بهمن	۱۱٦	۱۱۳	۱۰۰		۳۰ بهمن	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۳
تربت		۱۰٤	۹۸	۹۵	نیشابور		۹۰	۸٦	۸۲
حیدریه	۲۵ اسفند					۲۵ اسفند			
	۱۵ فروردین	۸۵	۸۱	۸۰		۱۵ فروردین	۸۰	۷۸	۷۳
	۱ اردیبهشت	۷٤	۷۱	٦۹		۱ اردیبهشت	۷۱	٦۸	٦٦
	۳۰ بهمن	۹۷	۹٤	۸۹		۳۰ بهمن	۱۲۳	۱۱۹	۱۱٤
درگز	۲۵ اسفند	۸۲	۷٦	۷۵	قوچان	۲۵ اسفند	۱۰۵	۹۹	۹۳
	۱۵ فروردین	۸۰	۷۲	۷۰		۱۵ فروردین	۸۸	۸۳	۸۰
	۱ اردیبهشت	۷٤	۷۰	٦۷		۱ اردیبهشت	۸۳	۷۵	۷۳
	۳۰ بهمن	۱۱٤	۱۱۰	۱۰٦		۳۰ بهمن	۱۰۰	۸۸	۸۷
گلمکان	۲۵ اسفند	۱۰۱	۹٤	۸۳	گناباد	۲۵ اسفند	۸۰	۷۸	۷۳
	۱۵ فروردین	۹۱	۸۷	۷۹		۱۵ فروردین	۸۲	۷٦	۷۲
	۱ اردیبهشت	۸۱	۷۷	۷۰		۱ اردیبهشت	۷۱	٦۹	٦۸
	۳۰ بهمن	۹۹	۹۷	۹٦		۳۰ بهمن	۱۰۵	۱۰۰	۹۵
خواف	۲۵ اسفند	۸٦	۸۳	۷۳	کاشمر	۲۵ اسفند	۹۳	۸۳	۸۱
	۱۵ فروردین	۷۷	۷۰	٦۷		۱۵ فروردین	۸۵	۷۳	۷۱
	۱ اردیبهشت	۷۰	٦۹	٦۷		۱ اردیبهشت	۷٦	۷۲	۷۰
	۳۰ بهمن	۱۰۵	۹۰	۸٦		۳۰ بهمن	۹۳	۹۱	۸۸
	۲۵ اسفند	۷۹	۷۸	۷٦		۲۵ اسفند	۷۹	۷٤	۷۳
	۱۵ فروردین	۷٤	٦۷	٦۵		۱۵ فروردین	۷۷	۷۱	۷۰
	۱ اردیبهشت	۷۱	٦۵	٦٤		۱ اردیبهشت	۷٤	٦۷	٦٦

I1: آبیاری کامل، I2: آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی، I3: آبیاری در مرحله گل‌دهی.

بنابراین در شرایط آبیاری کامل و فراهمی عناصر غذایی و محیط رشد عاری از هر گونه علف هرز، آفت یا بیماری، برای دستیابی به عملکرد پتانسیل توجه به تاریخ کاشت برای هر منطقه بسیار اهمیت دارد تا از حداکثر دوره رشد برای دستیابی به عملکردهای بالا بهره‌برداری شود (فان ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳). کامکار و همکاران (۲۰۰۷) به وسیله یک مدل شبیه‌سازی، تولید زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در مناطق مختلف استان خراسان را ارزیابی کرده و حداکثر پتانسیل عملکرد زیره سبز در این استان را ۲/۷ مگا گرم در هکتار برآورد کردند. آنها همچنین نشان دادند که خلاء عملکرد در مناطق مختلف استان از ۲/٤ تا ۰/٦۸ مگا گرم در هکتار متغیر است و عدم انتخاب تاریخ کاشت مناسب مهمترین عامل ایجاد این خلاء می‌باشد.

عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی

بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که در کلیه شهرستان‌ها بهترین تاریخ کاشت ۳۰ بهمن می‌باشد (شکل ۱). همچنین شهرستان قوچان با ۱۹۹۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در شرایط آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی داشت. کمترین عملکرد مربوط به شهرستان تایباد با ۱۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). در کلیه شهرستان‌های مورد مطالعه با تغییر تاریخ کاشت بهینه، عملکرد به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت زیرا بیشتر باران‌های منطقه در اوایل بهار اتفاق می‌افتد، بنابراین با تأخیر در کاشت و حرکت به سمت

تاریخ‌های کاشت تأخیری از میزان عملکرد به علت کاهش دوره رشد گیاه کاسته می‌شود (جدول ۲). درصد شدت کاهش عملکرد با تأخیر در کاشت در شهرستان‌های تربت جام ٥٤ درصد، سبزوار ۵۳ درصد، کاشمر ۵۲ درصد و خواف ۵۱ درصد بود که نسبت به بقیه مناطق بیشتر بود. با تأخیر در کاشت از همزمانی باران با فصل رشد کاسته می‌شود به‌طوریکه در شهرستان‌های خواف و تایباد در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت احتمال ریزش ۷ و ۸ میلی‌متر باران وجود دارد (جدول ۳) که نشان از خشک بودن منطقه می‌باشد و کاربرد آبیاری تکمیلی نیز به علت کاهش دوره رشد گیاه (جدول ۲) چندان به ثبات عملکرد کمک نکرد. همچنین کمترین درصد کاهش عملکرد مربوط به شهرستان‌های تربت حیدریه، قوچان و گلمکان به ترتیب با ۲۹، ۳۰ و ۳۱ درصد بود زیرا در این مناطق با تأخیر در کاشت احتمال ریزش۳۰، ٦٦ و ٤٠ میلیمتر بارندگی وجود داشت (جدول ۳) و همچنین آبیاری تکمیلی نیز به ثبات عملکرد در این سه شهرستان کمک کرد. بنابراین توجه به تاریخ کاشت در هر منطقه جهت همزمانی دوره رشد گیاه با بارندگی‌ها برای دستیابی به عملکردهای بالا موضوعی بسیار مهم می‌باشد.

جدول ۳- متوسط تشعشع، دما و بارندگی تجمعی طی فصل رشد در هر یک از تاریخ‌های کاشت در شهرستان‌های مورد مطالعه

تشعشع(کیلوژول بر مترمربع بر روز)	متوسط دما(°C)	متوسط بارندگی(میلیمتر)	تاریخ کاشت	شهرستان	تشعشع (کیلوژول بر مترمربع بر روز)	(°C) متوسط دما	متوسط بارندگی(میلیمتر)	تاریخ کاشت	شهرستان
۲۱۵۱۲	۱۸	۹۰	۳۰بهمن	تربت جام	۱۹۳۷۲	۱۷	۱۳۰	۳۰ بهمن	مشهد
۲۲۷٤۰	۱۹	٦۰	۲۵اسفند		۲۰۹۵۸	۱۸	۹۲	۲۵اسفند	
۲۳٦٦۵	۲۰	۳۷	۱۵فروردین		۲۲۳۰۱	۲۰	٦۵	۱۵فروردین	
۲۵۳۲۳	۲٤	۲۰	۱اردیبهشت		۲۳۵۸۷	۲۲	٤۵	۱اردیبهشت	
۲۰۹۳٦	۱٦	۱۲۹	۳۰بهمن	تربت حیدریه	۲۰۷٤٦	۱۷	۱۱٤	۳۰بهمن	نیشابور
۲۲۰۷۹	۱۷	۸۲	۲۵اسفند		۲۲۱۵۳	۱۸	۸۲	۲۵اسفند	
۲۳۱٤٦	۱۹	٤۹	۱۵فروردین		۲۳۲۲۲	۱۹	۵۲	۱۵فروردین	
۲٤۲۷٤	۲۰	۳۰	۱اردیبهشت		۲۳۹٦۸	۲۱	۳۳	۱اردیبهشت	
۲۱۹۱۲	۱۹	۹٦	۳۰بهمن	درگز	۲۰۰۲۵	۱۵	۱٦۲	۳۰بهمن	قوچان
۲۲۹۰۷	۱۹	۷۲	۲۵اسفند		۲۱۳٤۳	۱٦	۱۲٤	۲۵اسفند	
۲۳۲۰۰	۲۱	۵٤	۱۵فروردین		۲۲۳۷۲	۱۸	۸٦	۱۵فروردین	
۲۳٦۹۹	۲۳	۳۸	۱اردیبهشت		۲۳۲۱۸	۱۹	٦٦	۱اردیبهشت	
۱۹٤۵۹	۱۵	۱۱۷	۳۰بهمن	گلمکان	۲۱۳۸۸	۱۸	٦٤	۳۰بهمن	گناباد
۲۰۹۵۰	۱٦	۹۳	۲۵اسفند		۲۲٦۸۵	۱۹	۳٦	۲۵اسفند	
۲۲۳٦۲	۱۷	٦۳	۱۵فروردین		۲۳۸۰٤	۲۱	۲۱	۱۵فروردین	
۲۳٦۷٦	۱۸	٤۰	۱اردیبهشت		۲٤۸۵۷	۲۳	۱۱	۱اردیبهشت	
۲۲۲٦۹	۲۰	۵۹	۳۰بهمن	خواف	۲۱۰۵٤	۱۹	۹۵	۳۰بهمن	کاشمر
۲۲۸٦۵	۲۲	۳٦	۲۵اسفند		۲۲۷۹٤	۲۰	٦۰	۲۵اسفند	
۲۳۸۵۷	۲۳	۲۰	۱۵فروردین		۲۲۷۳۸	۲۲	۳۵	۱۵فروردین	
۲۵۰۵۹	۲٦	۸	۱اردیبهشت		۲٤٤۳۸	۲٤	۱۹	۱اردیبهشت	
۲۲٤۱٤	۱۸	٤۱	۳۰بهمن	تایباد	۲۱۸٦۱	۲۰	۸۲	۳۰بهمن	سبزوار
۲۲۸۳۲	۲۰	۲٤	۲۵اسفند		۲۳۰۵۰	۲۰	۵٤	۲۵اسفند	
۲٤۰۸۱	۲۵	۱۲	۱۵فروردین		۲٤۳۸٦	۲۳	۳۱	۱۵فروردین	
۲٤۷٦۵	۲٦	۷	۱اردیبهشت		۲۵٦۳۲	۲۵	۱۸	۱اردیبهشت	

در مناطقی مانند تایباد، تربت جام، سبزوار و کاشمر به علت اینکه در فصل بهار به سرعت دما افزایش می‌یابد، طول دوره رشد گیاه کاهش یافت (جدول ۲). بنابراین کاربرد آبیاری تکمیلی چندان به افزایش عملکرد منجر نشد، لذا تاریخ‌های کاشت زمستانه برای دستیابی به عملکرد بالا در این مناطق حائز اهمیت است. امیری ده احمدی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود بر روی گیاه نخود نشان دادند که مهم‌ترین مراحل به تنش خشکی گل‌دهی و غلاف‌دهی می‌باشند، زیرا گیاه نخود در آغاز

گلدهی دارای رشد رویشی سریعی است که در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری آن افزایش می‌یابد. که نتیجه افزایش فتوسنتز جاری، تشکیل گل‌های بیشتر در گیاه خواهد بود که بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است. عدم تامین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی

در بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و تاریخ‌های مختلف کاشت مشاهده شد که بهترین تاریخ کاشت ۳۰ بهمن می‌باشد و با تأخیر در کاشت عملکرد نیز کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بارندگی بیشتر (جدول ۳) و همچنین بیشتر بودن طول دوره رشد گیاه (جدول ۲) منجر به افزایش عملکرد شده است. بیشترین و کمترین درصد کاهش عملکرد مربوط به شهرستان‌های خواف و نیشابور به ترتیب با ٦٥ و ۳۵ درصد بود (شکل ۱). بارندگی کمتری در تاریخ کاشت ۱ اردیبهشت در خواف (۸ میلیمتر) نسبت به نیشابور وجود داشت. همچنین دوره رشد گیاه ٦٧ روز بود (جدول ۲) و از طرفی کاربرد آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی نیز در این تاریخ کاشت کمک چندانی به افزایش عملکرد نکرد. در بین شهرستان‌های مورد مطالعه بیشترین عملکرد در شرایط آبیاری در مرحله گل‌دهی مربوط به شهرستان قوچان با ۱۷۷۸ کیلوگرم در هکتار بود. زیرا مقدار بارندگی در کلیه تاریخ‌های کاشت در این شهرستان نسبت به شهرستان‌های دیگر مقدار بالاتری داشت (جدول ۳) و همچنین کاربرد یک دور آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی به افزایش عملکرد و جلوگیری از وقوع تنش خشکی در مرحله بحرانی گل‌دهی که تعیین کننده عملکرد در گیاه نخود می‌باشد کمک زیادی کرده است. کمترین عملکرد مربوط به شهرستان تایباد با ۹۸۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). در تایباد علاوه بر کاربرد یک دور آبیاری در مرحله گل‌دهی، در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن احتمال ریزش ٤١ میلیمتر بارندگی وجود داشت که منجر به کاهش چشمگیر عملکرد در این شهرستان شد. بررسی‌ها نشان می‌دهند در صورتی که از ارقام مقاوم به سرما و بیماری برق‌زدگی استفاده شود، کشت زمستانه نخود نسبت به کشت بهاره برتری دارد. از آنجا که کشت نخود در اکثر مناطق در شرایط خشک انجام می‌گیرد لذا مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک برای رشد آن اهمیت دارد. به این ترتیب، زمان کاشت که تعیین کننده شرایط محیطی در مراحل فنولوژیک این گیاه است تأثیر به‌سزایی در رشد و نمو این گیاه دارد. سینگ و همکاران (۱۹۹۷) در آزمایش در تل حدیه، رقم ILC482 را در چهار تاریخ کاشت از ۲۰ نوامبر تا ۱۱ مارس مورد بررسی قرار دارد. میزان عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و همچنین کارایی مصرف آب در کاشت‌های زمستانه نسبت به بهاره بیشتر بود. محققان عامل عمده این بهبود عملکرد را به علت همزمانی مراحل رشد رویشی و به‌خصوص رشد زایشی با رژیم‌های حرارتی مطلوب می‌دانند. استراتژی کشت پاییزه نخود در غرب آسیا براین اصل استوار است که گیاه قادر خواهد بود مراحل متوالی فنولوژی خود را در شرایط خنک‌تری نسبت به کشت بهاره کامل کند و بنابراین عملکردهای بهتری بدست خواهد آمد.

فوگروکس و همکاران (۱۹۹۷) با انجام آزمایشی بر روی نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) نشان دادند که یکبار آبیاری در ابتدای گلدهی عملکرد دانه را به طور چشمگیری افزایش داد. اولاه و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی روی گیاه نخود نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غلافدهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک شدن دانه می‌شود. فراهمی رطوبت در مرحله گلدهی باعث طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری برای اختصاص به دانه‌ها فراهم می شود.

خلاء عملکرد

خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی

بالاترین عملکرد در بین تاریخ‌های کاشت در تیمار آبیاری کامل به عنوان عملکرد پتانسیل در نظر گرفته شد (به بخش عملکرد پتانسیل مراجعه شود). در کلیه شهرستان های مورد مطالعه عملکرد پتانسیل در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن بدست آمد. بیشترین خلاء عملکرد در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن در شهرستان تایباد با ١٤٣٦ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. کمترین مقدار خلاء عملکرد در مشهد و قوچان به ترتیب با ٤٢٦ و ٥٤٧ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٤). در تایباد بالاترین عملکرد پتانسیل (٢٧٣٦ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد در آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی (٧٤٦ کیلوگرم در هکتار) وجود داشت که منجر به افزایش خلاء عملکرد شد (شکل ۱). در تایباد به علت دما بالا طی فصل رشد (٢٦ درجه سانتیگراد) و کمبود بارندگی (٤١ میلیمتر)، دوره رشد گیاه کاهش یافت (جدول ۲)، بنابراین کاربرد آبیاری تکمیلی نیز به

افزایش عملکرد کمکی نکرد. لذا برای دستیابی به عملکردهای بالا در این شهرستان بایستی علاوه بر کشت در تاریخ کاشت بهینه (۳۰ بهمن) بایستی از آبیاری کامل طی فصل رشد استفاده کرد تا خلاء عملکرد را کاهش داد. البته این موضوع با توجه به کمبود آب در منطقه دست یافتنی نیست. در شهرستان مشهد کمترین عملکرد پتانسیل (۲۳۰٦ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین عملکرد در آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی بعد از شهرستان قوچان با ۱۸۸۸ کیلوگرم در هکتار وجود داشت (شکل ۳) که باعث کاهش خلاء عملکرد شد. در شهرستان مشهد متوسط بارندگی آن در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن ۱۳۰ میلیمتر و طول دوره رشد گیاه ۱۱۷ روز بود (جدول ۲). در قوچان در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین متوسط بارندگی ۸٦ میلیمتر و طول دوره رشد گیاه ۹۸ روز بود بود (جدول ۲)، بنابراین با کاربرد دو دور آبیاری تکمیلی در مشهد عملکرد افزایش یافت که باعث کمتر شدن خلاء عملکرد شد.

جدول ٤- خلاء بین عملکرد پتانسیل و تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی در تاریخ‌های کاشت بهینه در شهرستان‌های مورد مطالعه

منطقه	خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری در مرحله گل‌دهی	خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی
مشهد	٥٦٥	٤٢٦
نیشابور	۱۲۲٤	۱۰۱۹
قوچان	۱۱۲٤	۷۸۷
گناباد	۱۰٤۸	۷۹۸
کاشمر	۷۳٦	٦٤۲
سبزوار	۱۰٦۷	۹۳٥
تربت جام	۱۲۱۰	۹۲٦
تربت حیدریه	۹٥٦	۷۱۰
درگز	۱۱٦٤	۹۷٤
گلمکان	۸۳۷	٥۸۳
خواف	۱۳۲۲	۱۲۲۹
تایباد	۱۷٥۳	۱٤۳٦

در کلیه شهرستان‌ها از تاریخ کاشت ۳۰ بهمن به بعد، خلاء عملکرد به علت کاهش دوره رشد گیاه (جدول ۲)، افزایش یافت. بنابراین به نظر می‌رسد با کشت در تاریخ کاشت بهینه ۳۰ بهمن و کاربرد دو دور آبیاری در مراحل بحرانی گل‌دهی و غلاف‌دهی می‌توان عملکردها را به پتانسیل نزدیک کرده و تا حدی میزان خلاء عملکرد را در مناطق تحت کشت نخود کاهش داد.

در ایران، کشت حبوبات دیم (نخود و عدس) عمدتاً مربوط به مناطقی است که بارندگی سالانه آن بین ۳۰۰ الی ٥۰۰ میلیمتر می‌باشد. با توجه به اطلاعات موجود به نظر می‌رسد این مناطق بیش از آنکه دچار کمبود بارندگی باشند، دچار پراکنش نامناسب بارندگی هستند. همچنین، حداقل ٥۰ درصد از مناطق زیر کشت این گیاهان از بارندگی کافی برخوردارند، ولی توزیع بارندگی در آنها مناسب نیست. این موضوع می تواند عامل مهمی در کاهش عملکرد حبوبات دیم، بویژه نخود در کشور باشد (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۹).

خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی

بیشترین و کمترین خلاء عملکرد در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن در شهرستان‌های تایباد و مشهد به ترتیب با ۱۷٥۳ و ٥٦٥ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ٤). زیرا در شهرستان‌های تایباد و مشهد بیشترین (۲۷۳٦ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد پتانسیل (۲۳۰٦ کیلوگرم در هکتار) وجود داشت و همچنین در تایباد کمترین عملکرد در تیمار آبیاری تکمیلی در

مرحله گل‌دهی (۹۸۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که منجر به افزایش میزان خلاء عملکرد شد. در تایباد به علت کمبود بارندگی (٤١ میلیمتر) طی فصل رشد احتمال وقوع تنش خشکی طی مراحل بحرانی رشد گیاه افزایش یافت و بنابراین کاربرد یک دور آبیاری در مرحله گل‌دهی به افزایش عملکرد منجر نشد. در مشهد کمترین عملکرد پتانسیل (۲۳۰٦ کیلوگرم در هکتار) و همچنین عملکرد ۱۷٤۸ کیلوگرم در هکتار در آبیاری در مرحله گل‌دهی وجود داشت (شکل ۱) که باعث کمتر شدن خلاء عملکرد شد. در کلیه شهرستان‌ها با تأخیر در کاشت خلاء عملکرد افزایش یافت، زیرا میزان عملکرد در آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی به علت کاهش دوره رشد گیاه (جدول ۲)، کاهش یافت (شکل ۱). به طور کلی خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی نسبت به خلاء بین عملکرد پتانسیل و آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن مقادیر بالاتری داشت که نشان می‌دهد در گیاه نخود مراحل گل‌دهی و غلاف‌دهی از اهمیت خاصی برخوردار هستند. گیاه نخود در آغاز گلدهی دارای رشد رویشی سریعی است که در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری آن افزایش می‌یابد. که نتیجه افزایش فتوسنتز جاری، تشکیل گل‌های بیشتر در گیاه خواهد بود که بر تشکیل غلاف های بارور و تولید دانه مؤثر است (امیری ده احمدی و همکاران، ۲۰۱۰). عدم تامین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

پارسا و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود در منطقه مشهد اعلام کردند که انجام یک بار آبیاری در مرحله گل‌دهی، عملکرد دانه نخود را در ارقام رایج منطقه نسبت به شرایط دیم بصورت معنی داری افزایش می‌دهد (به طور متوسط ٦۲ درصد). در این مطالعه واکنش رقم ILC 482 به رژیم‌های آبیاری تکمیلی بیش از سایر ارقام بود به نحوی که تفاوت معنی داری میان عملکرد دانه این رقم در رژیم آبیاری کامل و انجام یک بار آبیاری در مرحله گل‌دهی وجود نداشت. آنها همچنین اظهار داشتند که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله فنولوژی به تنش خشکی است و انجام یک بار آبیاری در این مرحله عملکرد را به صورت رضایت‌بخشی افزایش می‌دهد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تاریخ کاشت ۳۰ بهمن در کلیه شهرستان‌های مورد مطالعه باعث افزایش عملکرد پتانسیل نخود می‌شود. همچنین بیشترین و کمترین خلاء عملکرد ناشی از اختلاف عملکرد پتانسیل با سطوح مختلف آبیاری تکمیلی به ترتیب در تایباد و مشهد مشاهده شد. افزایش خلاء عملکرد در شهرستان تایباد به علت بیشتر بودن عملکرد پتانسیل و کمتر بودن عملکرد در کلیه سطوح آبیاری تکمیلی بود. خلاء عملکرد از شمال (شامل قوچان، نیشابور، درگز، مشهد) به سمت جنوب استان (شامل تایباد، خواف، تربت جام) روند افزایشی نشان داد زیرا عملکردهای پتانسیل بالایی در شهرستان‌های جنوبی مشاهده شد و عملکرد در سطوح مختلف آبیاری تکمیلی به خصوص آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی قادر به جبران آن نبود. به طور کلی نتایج چنین تحقیقاتی کشاورزان را قادر خواهد ساخت تا با کاربرد حداکثر دو مرتبه آبیاری در مراحل بحرانی گلدهی و غلاف‌دهی در هر منطقه خلاء عملکرد را به مقدار ٦۷ درصد کاهش دهند. علاوه بر این الگوی بدست آمده در بررسی خلاء عملکرد در استان خراسان رضوی برای سایر استان‌ها نیز قابل تعمیم بوده و برنامه‌ریزی دقیق‌تری را برای بررسی نوسانات مکانی و زمانی خلاء عملکرد در آینده فراهم می‌کند.

منابع

امیری ده‌احمدی، س. ر.، پارسا، م.، نظامی، الف. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص‌های رشد نخود(*Cicer arietinum* L.) در شرایط گلخانه . مجله پژوهش‌های حبوبات، ۱ (۲): ٨٤ -٦٩.

گنجعلی، ع.، باقری، ع. و پُرسا، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی ژرم پلاسم نخود (*Cicer arietinum* L.) برای مقاومت به خشکی. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۱): ۱۹٤-۱۸۳.

کامکار، ب.، کوچکی، ع.، نصیری، م. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸٦. آنالیز خلا عملکرد زیره سبز در ۹ منطقه از استان های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی با استفاده از رهیافت مدلسازی. پژوهش های زراعی ایران ۵: ۳٤۲-۳۳۲.

پارسا ، م. ، گنجعلی، ع.، رضائیان زاده، الف. و نظامی، الف. ۱۳۹۰. تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و شاخص های رشد سه رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) در منطقه مشهد. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۹(۲): ١٤-١.

سلطانی، الف. و ترابی، ب. ۱۳۸۸. مدل‌سازی گیاهان زراعی: مطالعات موردی. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

Amir, J., and Sinclair, T.R. 1991. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Res*. 29:59-69.

Amiri, S. R., R. Deihimfard, and A. Soltani. 2016. A Single Supplementary Irrigation Can Boost Chickpea Grain Yield and Water Use Efficiency in Arid and Semiarid Conditions: A Modeling Study. *Agron. J*. 8(6):2406-2416.

AmiriDeh Ahmadi, S. R., M. Parsa ., M. Bannayan ., M. Nassiri Mahallati and R. Deihimfard. 2014. Yield gap analysis of chickpea under semi-arid conditions: A simulation study. *Int. J. Plant Prod.* 8(4):531-548.

Bhatia, V. S., P. Singh, S. P. Wani, G. S. Chauhan, A. V. R. Kesava Rao, A. K. Mishra, and K. Srinivas. 2008: Analysis of potential yields and yield gaps of rain-fed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Agricult Forest Meterol*. 148, 1252–1265.

Bhatia, V. S., Singh, P., Kesava Rao., A. V. R. Srinivas., K, and Wani., S. P. 2009. Analysis of Water Non-limiting and Water Limiting Yields and Yield Gaps of Groundnut in India Using CROPGRO-Peanut Model. *J Agron Crop Sci*. 195 : 455–463.

Evans, L. T., and Fisher, R.A. 1999. Yield potential: its definition, measurement and significance. *Crop Sci*. 39: 1544-1551.

FAO, 2012. Production Year Book, 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy , http://apps.fao.org.

Fougereux, J.A.,.Dore, T., Laddone, F.,and Fleury, A .1997.Water stress during reproductive stages affects seed quality and yield pea(*Pisum sativum* L.). *Crop Sci*. 37:1247- 1252.

Hammer, G. L., Sinclair, T.R., Boote, K. J., Wright, G. C., Meinke, H., and Bell, M. J. 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. *Agron. J.* 87: 1085- 1093.

Lobell, D.B., Cassman, K.G., Field, C.B., 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34: 179–204.

Malhotra ,R.S., and Saxena, M.C. 2002 . Strategies for overcoming drought stress in chickpea . Icarda No 17 . PP.20 – 23.

Oweis, T, Hachum, A., and Pala, M. 2005. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agric. Water Manage.* 68 : 251–265.

Sinclair, T.R. 1986. water and nitrogen limitations in soybean grain production: I. model development. *Field Crops Res*. 15:125-141.

Singh, K.B., R.S. Malhotra, M.C. Saxena and G. Bejiga. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. *Agron. J*. 89: 112-118.

Soltani ,A., khooie, F. R., khassemi_Golozani, K., and Moghaddam, M,.2001. A stimulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. *Agric. Water Manage.* 49: 225 – 237.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Optimizing chickpea phenology to available water under current and future climates. *Eur J Agron*. 38: 22-31.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricult Forest Meterol*. 138: 156–167.

Soltani, A., Sinclair, T.R., 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crops Res*. 124, 252–260.

Soltani, A.,Ghassemi-Golezani, K., Rahimzadeh-Khooie., and Moghaddam, M. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Res*. 62: 213- 224.

Ullah, A., Bakht, J. shafi., M., and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigations level on different chickpea varieties. *Asian J Plant Sci*. 4:355-357.

Vadez, V., A. Soltani, and T.R. Sinclair. 2012. Modelling possible benefits of root related traits to enhance terminal drought adaptation of chickpea. *Field Crops Res*. 137: 108-115.

Van Ittersum, M. K., Rabbinge, R. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Res*. 52: 197-208.

Van Ittersumam, M. K., Cassman., K. G., Grassini, P., Wolfa, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A review. *Field Crops Res*. 143: 4–17.

Wahabi, A., Sinclair, T.R. 2005. Simulation analysis of relative yield advantage of barley and wheat in an eastern Mediterranean climate *Field Crops Res*. 91: 287-296.

Yau, S., Nimah, M., and Farran, M. 2011. Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. *Agric. Water Manage.* 98: 1776– 1781.

Yield gap analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) at different supplementary irrigations: A simulation study

S.R. Amiri[1]

Received: 2016-10-9 Accepted: 2017-1-25

Abstract

Yield gap analysis is useful method for prioritization agricultural researches and production to reduce yield constraints. To identify options for increasing chickpea yield, the SSM-chickpea model was parameterized and evaluated to analyze yield potentials, water limited yields and yield gaps for 12 regions representing major chickpea-growing areas of Razavi Khorasan province. For model parameterization, a field experiment was conducted in a randomized complete design with 4 replications in the research field of the Ferdowsi University of Mashhad (36. 15° N, 56. 28° E). The chickpea cultivar ILC482 was used in this experiment. Also, irrigation levels were as (full irrigation, supplemental irrigation at flowering and supplemental irrigation at both flowering and podding). Besides the above experiment, data obtained from a large number of field experiments involving varying seasons and management practices at diverse regions in Iran were also used for model evaluation. The evaluation of model indicated that the model predicted potential yield reasonably well. The results of running the model under different irrigation and sowing dates scenarios (19 February, March 25 , 4 April and 21 April) showed that optimum sowing date is 19 February in most locations, the highest and lowest potential yield obtained in Taibad and Mashhad with an average yield of 2736 and 2306 Kg ha^{-1} respectively. Furthermore, in all of irrigation levels and the optimal sowing dates, the highest and lowest yield was observed in Quchan and Taibad respectively. The highest and lowest yield gap between the potential yield and irrigation levels were observed in Taibad and Mashhad respectively. Overall, the results indicated that supplemental irrigation at flowering and podding both reduced yield gap which is strategy in semi-arid areas with low precipitation.

Keywords: Actual yield, modeling, rainfed, supplemental irrigation

1- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Educational Complex of Saravan, Saravan, Iran