نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳
http://jopp.gau.ac.ir

پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی استان زنجان جهت برآورد پتانسیل و خلاء عملکرد نخود دیم

نسیم مقدادی[۱]، افشین سلطانی[۲]، بهنام کامکار[۳] و *امیر حجارپور[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۱

چکیده

درک پتانسیل عملکرد و فاصله موجود بین عملکرد واقعی گیاهان زراعی با عملکرد قابل دست‌یابی برای تشخیص عوامل محدودکننده عملکرد ضروری می‌باشد. آنالیز خلاء عملکرد، برآورد استعداد یک منطقه برای تولید یک محصول خاص است که باعث جهت دادن به پژوهش‌ها شده و به برنامه‌ریزی و طراحی الگوهای کشت کمک شایانی می‌کند. همچنین دانستن استعداد یک منطقه برای تولید یک محصول خاص می‌تواند موجب سرمایه‌گذاری روی آن محصول در منطقه شود. بنابراین کمی‌سازی عملکرد پتانسیل در شرایط دیم، مقایسه عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی و تعیین خلاء عملکرد در نواحی مختلف استان زنجان و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی تولید نخود در استان از طریق رهیافت سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) از جمله اهداف این پژوهش بودند. متوسط عملکرد پتانسیل در شرایط دیم استان با استفاده از یک مدل ساده شبیه‌سازی گیاه نخود برابر با (۱۰۷۵-۵۵۹) ۷۲۷ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد. با توجه به این‌که میانگین عملکرد واقعی در استان ٤۰۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (میانگین ۳ سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۰-۱۳۸۹)، خلاء عملکرد استان به‌طور میانگین (۵۹-۲٤) ٤۳ درصد تخمین زده شد. این میزان خلاء عملکرد برابر (٤۷۵-۱۵۷) ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار است. مهم‌ترین نکته‌ای که از این پژوهش به‌دست آمد این بود که امکان افزایش تولید زیادی در استان نسبت به عملکردهای فعلی وجود دارد. نتایج آنالیز خلاء عملکرد

* مسئول مکاتبه: amiragro65@gmail.com

استان نشان داد که با پوشش ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل، امکان افزایش عملکرد از ۹۵-۵ درصد (٤٨ درصد به‌صورت میانگین) نسبت به عملکردهای فعلی وجود دارد. بهبود مدیریت کاشت، داشت و برداشت نخود، اصلی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه برای پر کردن خلاء عملکرد در استان زنجان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز خلاء عملکرد، پتانسیل عملکرد آب محدود، عملکرد واقعی، GIS

مقدمه

جمعیت جهان در حال حاضر ۷ میلیارد نفر می‌باشد که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ به ۸ میلیارد افزایش پیدا کرده و تا سال ۲۰۵۰ به حد نهایی خود یعنی چیزی در حدود ۹ میلیارد نفر برسد (اونیل و همکاران، ۲۰۱۰). ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان به‌وسیله میزان زمین‌های مناسب و منابع آب در دسترس برای تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود. کمی‌سازی ظرفیت تولید هر هکتار از مزارع فعلی برای تصمیم‌گیری، پژوهش‌ها، توسعه و سرمایه‌گذاری و همچنین برای کمک به کشاورزان محلی در تصمیم‌گیری‌های مزرعه‌ای مورد نیاز است (ون‌ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳). از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به‌دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند به‌وسیله استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و بهترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به‌دست آید، راه‌کار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (هاچمن و همکاران، ۲۰۱۳).

انتظار تأمین این تقاضای شدید توسط افزایش سطح زیر کشت قابل توجیه به‌نظر نمی‌رسد، زیرا در ابتدا زمین‌های مناسب برای کشاورزی کم بوده و سپس تقاضای زمین برای کاربری‌های غیرکشاورزی افزایش یافته است، بنابراین در کشورهای در حال توسعه انتظار می‌رود که ۸۰ درصد رشد در تولید محصولات زراعی از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش فشرده‌سازی زراعی و ۲۰ درصد باقی‌مانده توسط افزایش سطح زیر کشت حاصل شود (برونسما، ۲۰۰۹). افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق بهبود ژنتیکی بر خلاف این‌که می‌تواند راه‌کار مناسبی برای افزایش تولید غذا باشد اما در یک دوره کوتاه بسیار مشکل می‌باشد (منگ و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین افزایش فشرده‌سازی در کشاورزی نیاز به نهاده‌ها به‌ویژه نیاز به فراهمی آب را افزایش می‌دهد. علاوه‌بر گسترش کمبود منابع آب، رقابت بر سر آب قابل دسترس بین مناطق شهری و مصارف کشاورزی از مشکلاتی است که جهان در آینده با آن روبرو خواهد شد (روزگرانت و همکاران، ۲۰۰۹).

آنالیز خلاء عملکرد[1] یک تخمین کمی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جز مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (ون‌وارت و همکاران، ۲۰۱۳). در سامانه‌های کشت تحت آبیاری، عملکرد پتانسیل[2] یک رقم گیاهی وقتی اتفاق می‌افتد که آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌طور کامل فراهم بوده و محیط رشد عاری از هر گونه علف هرز، آفت یا بیماری باشد؛ در شرایط دیم، عملکرد پتانسیل آب محدود[3] توسط میزان فراهمی آب و همچنین توزیع آن در طی فصل رشد گیاه تعیین می‌شود. در یک منطقه مشخص خلاء عملکرد عبارت از اختلاف بین عملکرد پتانسیل یا عملکرد پتانسیل آب محدود با عمکرد واقعی به‌دست آمده در مزارع کشاورزان آن منطقه می‌باشد (ون‌ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳).

عملکرد پتانسیل را می‌توان به سه طریق محاسبه کرد؛ اولین روش از طریق شبیه‌سازی عملکرد به‌وسیله مدل‌های گیاهان زراعی است. روش دیگر اندازه‌گیری مستقیم عملکرد حاصل شده در مزارع آزمایشی کنترل شده و بدون عوامل محدودکننده تحت نظارت متخصصان زراعت است و در نهایت بیش‌ترین عملکرد ثبت شده توسط کشاورزان هم می‌تواند به‌نحوی نشان‌دهنده عملکرد پتانسیل منطقه باشد (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹). به‌نظر می‌رسد در صورت فراهم بودن آمار هواشناسی بلندمدت، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تخمین بهتری از عملکرد پتانسیل در شرایط دیم و آبی نسبت به مزارع آزمایشی می‌دهد زیرا در این مدل‌ها اثر نوسانات دمایی، تشعشع و بارندگی در طی زمان بهتر تخمین زده می‌شود (ون‌ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳). برای شبیه‌سازی عملکرد به‌وسیله مدل‌های گیاهی به یک سری حداقل‌هایی از ورودی‌ها نیاز است که از مدلی به مدل دیگر می‌تواند متفاوت باشد اما به‌صورت کلی شامل آمار روزانه حداکثر و حداقل دما، تشعشع خورشیدی، بارندگی، تاریخ و عمق کاشت و تراکم کاشت می‌باشند. همچنین برای عملکرد پتانسیل آب محدود عواملی همچون بافت خاک، مقدار آب اولیه و عمق مؤثر ریشه نیز به‌عنوان ورودی به مدل داده می‌شوند (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹).

حبوبات به‌ویژه نخود عامل افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی به‌شمار می‌روند (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶)، بنابراین ارزیابی وضعیت تولید حبوبات به‌دلیل اهمیت آن‌ها در تغذیه

1- Yield Gap Analysis
2- Potential Yield
3- Water-Limited Potential Yield

مردم جهان و نقش آن‌ها در طراحی الگوهای کشت ضروری می‌باشد. تدوین برنامه‌ریزی‌های کشاورزی کوتاه و بلندمدت در همه استان‌ها و از جمله استان زنجان نیاز به شناخت پتانسیل اقلیمی- زراعی و تفکیک مناطق دارای اقلیم‌های متفاوت دارد. استان زنجان که در قسمت مرکزی و شمال‌غربی کشور، واقع شده است دارای اوضاع جوی و شرایط اقلیمی بسیار متغیر بر حسب پستی و بلندی‌های منطقه است. این استان دارای ٤٥٢/٠١٥ هکتار زمین زراعی می‌باشد که ۷/۰۱۵ هکتار آن زیر کشت نخود دیم با میانگین عملکرد ۳٦۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (جهاد کشاورزی استان زنجان، ۱۳۹۲).

در سال‌های اخیر، آنالیز خلاء عملکرد گیاهان زراعی به‌صورت گسترده‌ای در جهان و در سطوح مختلف مورد بررسی قرار گرفته که از نظر وسعت می‌توان آن‌ها را در ٤ سطح جهانی (نومان و همکاران، ۲۰۱۰؛ مولر و همکاران، ۲۰۱۲)، قاره‌ای (بوگارد و همکاران، ۲۰۱۳)، ملی (باتیا و همکاران، ۲۰۰٦؛ منگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ هاچمن و همکاران، ۲۰۱۳) و منطقه‌ای (لو و فان، ۲۰۱۳) جای داد که بیش‌تر این پژوهش‌ها روی غلات به‌ویژه سه غله اصلی یعنی گندم، ذرت و برنج که تأمین‌کننده بخش زیادی از غذای بشر هستند متمرکز بوده است. از کارهای صورت گرفته بر روی نخود در جهان می‌توان به باتیا و همکاران (۲۰۰٦) اشاره کرد که به بررسی خلاء عملکرد در نخود و بقولات دیگر در هندوستان پرداختند.

اما در ایران آنالیز خلاء عملکرد به‌صورت پراکنده و برای گیاهان زراعی محدودی صورت گرفته است. به‌جز یک مورد آنالیز خلاء عملکرد که در منطقه خراسان و بر روی زیره سبز صورت گرفته (کامکار و همکاران، ۲۰۰۷)، باقی مطالعات بر روی گیاه گندم متمرکز بوده است. قنبری و تایی‌سمیرمی (۲۰۱۲) به بررسی خلاء عملکرد با استفاده از ترکیب مدل‌های گیاهی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در جلگه بروجن استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نصیری و کوچکی (۲۰۰۹) به‌منظور پهنه‌بندی استان خراسان از نظر پتانسیل عملکرد گندم مطالعه‌ای را انجام دادند و نتایج ایشان نشان داد که خلاء عملکرد در مناطقی که دارای پتانسیل عملکرد بالاتری هستند، بیش‌تر است. قرینه و همکاران (۲۰۱۲) نیز مطالعه مشابهی را در استان خوزستان انجام دادند و استان خوزستان را از نظر کشاورزی- اقلیمی به سه منطقه تولید گندم تقسیم‌بندی کردند. ایشان اختلاف عملکرد بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی مزارع در بیش‌تر موارد را به نامناسب بودن عوامل خاکی و ضعف در مدیریت زراعی کشاورزان نسبت دادند. ترابی و همکاران (۲۰۱۲) براساس روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA)[1] به

1- Comparative Performance Analysis

تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. در این روش توابع تولید عملکرد ابتدا کمی شده و سپس سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد مشخص می‌شود. همچنین ترابی و همکاران (۲۰۱۳) با دو روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] و روش آنتروپی به رتبه‌بندی عوامل ایجادکننده‌ی خلاء عملکرد از دیدگاه متخصصان و کشاورزان منطقه گرگان پرداختند. ایشان با توجه به تناقض در دیدگاه این دو طیف، توصیه کردند برای کاهش میزان خلاء عملکرد در این منطقه باید رابطه بین کارشناسان کشاورزی و کشاورزان برای انتقال نظرات کارشناسی تقویت گردد.

از آن‌جایی‌که تا به حال بررسی خلاء عملکرد بر روی حبوبات به‌خصوص در ایران کم‌تر صورت گرفته و همچنین از آن‌جا که ضرورت کمی‌سازی خلاء عملکرد برای دانستن امکان رسیدن به عملکرد بالاتر و برنامه‌ریزی‌های مناسب برای آن وجود دارد بنابراین کمی‌سازی عملکرد پتانسیل آب محدود و نوسانات آن با استفاده از یک مدل ساده گیاه نخود (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۲a)، مقایسه عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی و تعیین خلاء عملکرد در نواحی مختلف استان زنجان و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی تولید نخود در استان با استفاده از رهیافت GIS از جمله اهداف این پژوهش بودند. با توجه به این‌که در استان زنجان نخود به‌صورت دیم کاشته می‌شود بنابراین در این پژوهش از بررسی عملکرد پتانسیل در شرایط با آبیاری مطلوب صرف‌نظر شد. بنابراین در ادامه منظور از پتانسیل عملکرد همان پتانسیل عملکرد آب محدود می‌باشد.

مواد و روش‌ها

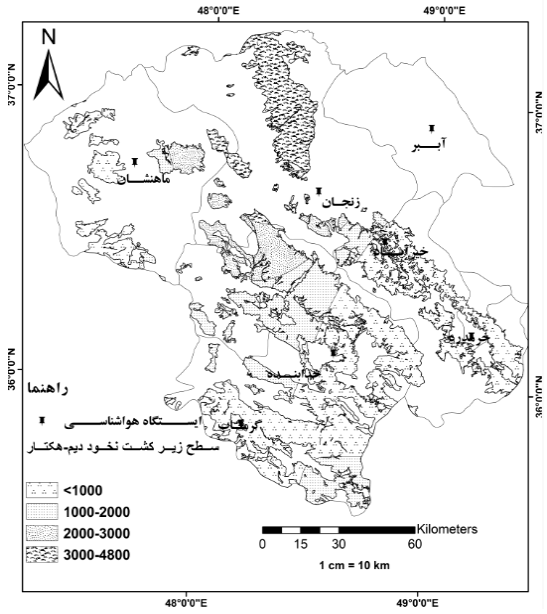
این ارزیابی برای استان زنجان که آن را فلات زنجان نیز می‌نامند انجام شد. این استان در ناحیه مرکزی شمال‌غربی ایران واقع شده است و دارای ۷ ایستگاه هم‌دیدی هواشناسی می‌باشد (جدول ۱). استان نام‌برده از دو منطقه کوهستانی و جلگه‌ای تشکیل یافته که بر حسب پستی و بلندی‌های آن دارای اوضاع جوی و شرایط اقلیمی متغیر است، اما با توجه به زمستان‌های سرد این منطقه کشت نخود به‌طور معمول در همه نقاط آن به‌صورت بهاره صورت می‌گیرد.

شکل ۱ سهم سطح زیر کشت نخود در سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۰-۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. از آن‌جایی‌که در شهرستان طارم با مرکزیت آببر نخود دیم کشت نمی‌شود بنابراین در ارزیابی عملکرد پتانسیل آب محدود نخود، این شهرستان مورد بررسی قرار نگرفت.

1- Analytical Hierarchy Process

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی هم‌دیدی استان زنجان و دوره زمانی مبنا (سال) برای شبیه‌سازی عملکرد پتانسیل.

ایستگاه	عرض (شمالی) (درجه)	طول (شرقی) (درجه)	ارتفاع (متر)	دوره زمانی مبنا (سال)
آبیر	۳۶/۵۶	۴۸/۵۸	۱۳۰۰	۱۹۹۹-۲۰۱۱
گرماب	۳۶/۴۱	۴۸/۳۵	۱۸۷۰	۲۰۰۰-۲۰۱۱
خیرآباد	۳۶/۰۸	۴۸/۱۳	۱۵۴۰	۱۹۹۶-۲۰۱۱
خدابنده	۳۶/۷	۴۸/۳۵	۱۸۸۷	۱۹۹۴-۲۰۱۱
خرمدره	۳۶/۱۱	۴۹/۱۱	۱۵۷۵	۱۹۸۶-۲۰۱۱
ماهنشان	۳۶/۴۶	۴۷/۴	۶۲۰	۱۹۹۷-۲۰۱۱
زنجان	۳۶/۴۱	۴۸/۲۹	۱۶۶۳	۱۹۶۱-۲۰۱۱



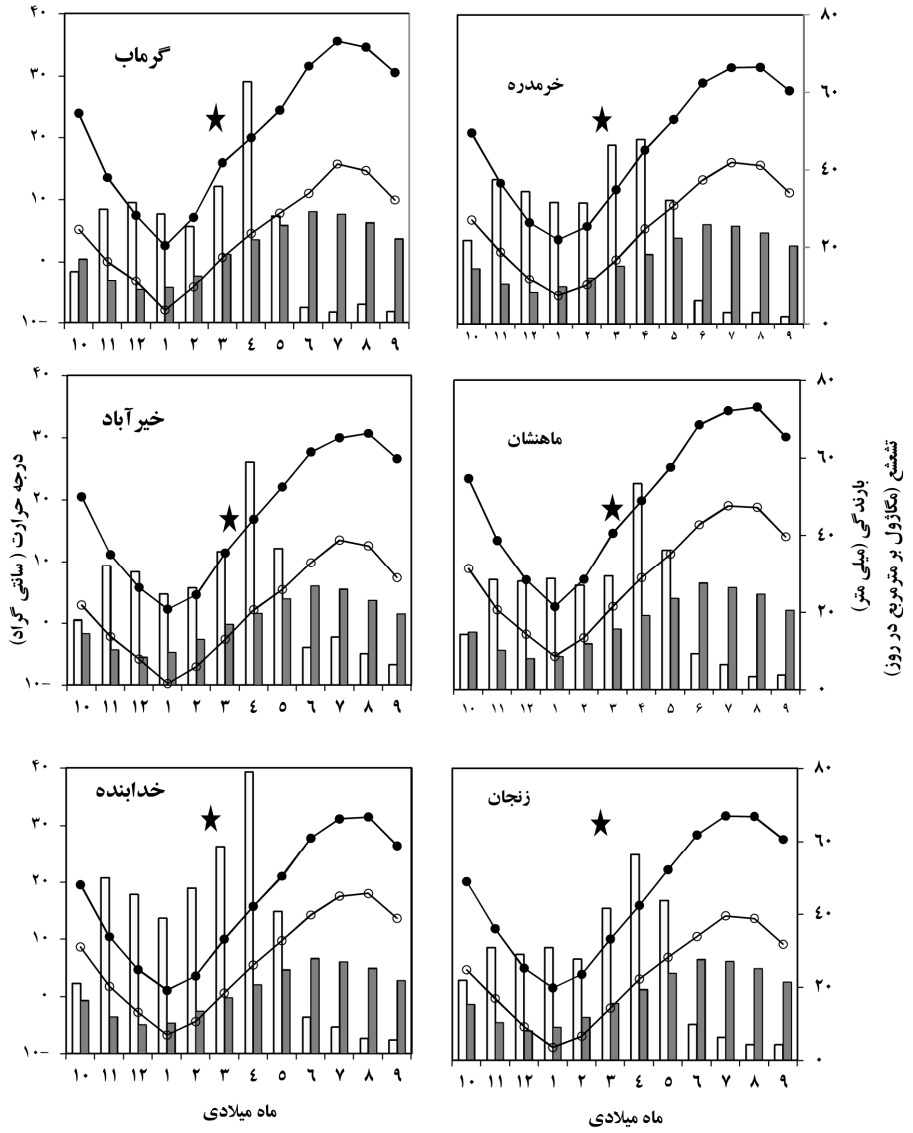
شکل ۱- نقشه سطح زیر کشت نخود دیم در استان زنجان بر حسب هکتار.

برای این مطالعه ابتدا آمار هواشناسی بلندمدت روزانه این نقاط از طریق سازمان هواشناسی کل کشور جمع‌آوری شد، که شامل حداقل و حداکثر دما، میزان بارندگی و ساعت آفتابی به‌صورت روزانه بود. برای محاسبه تشعشع خورشیدی از نسخه اصلاح‌شده برنامه Srad-calc (سلطانی و مداح، ۲۰۱۰)

استفاده و تشعشع خورشیدی برای هر روز محاسبه شد. این برنامه مقدار تشعشع خورشیدی را با استفاده از ساعت آفتابی و همچنین روز سال (DOY)[1] محاسبه می‌کند. عرض جغرافیایی محل، ارتفاع و ضرایب معادله آنگستروم[2] نیز از موارد مورد نیاز برای اجرای این برنامه می‌باشند. همچنین در نسخه اصلاح‌شده این برنامه تشعشع خورشیدی روزانه در شرایطی که تعداد ساعات آفتابی در دسترس نباشد، با کمک داده‌های حداقل و حداکثر دمای روزانه محاسبه می‌شود. با محاسبه تشعشع خورشیدی روزانه، مجموعه داده‌های هواشناسی کامل شامل حداقل و حداکثر دما، بارندگی و میزان تشعشع خورشیدی تهیه شد (شکل ۲).

برای شبیه‌سازی پتانسیل عملکرد آب محدود تولید نخود از یک مدل شبیه‌سازی ساده نخود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲a) استفاده شد. این مدل توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، توزیع ماده خشک، موازنه نیتروژن گیاه، عملکرد و موازنه آب خاک را دارد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲a؛ وادز و همکاران، ۲۰۱۳). پاسخ فرآیندهای گیاهی به عوامل محیطی مانند تابش خورشیدی، دوره نوری، دما، نیتروژن و آب قابل دسترس و تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در مدل در نظر گرفته شده است. از این‌رو می‌توان با اطمینان نتیجه گرفت که مدل مورد استفاده توانایی شبیه‌سازی عملکرد پتانسیل در شرایط با آبیاری مطلوب و همچنین شرایط دیم را داراست. مدل، شبیه‌سازی را به‌صورت روزانه انجام می‌دهد و از اطلاعات قابل دسترس آب و هوا و خاک استفاده می‌کند. لازم به ذکر است همان‌طورکه در مطالعات کمی‌سازی عملکرد پتانسیل عدم وجود محدودیت توسط آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز روی گیاه مورد تأکید قرار گرفته است (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹؛ ون‌ایترسام و همکاران، ۲۰۱۳)، در مدل مورد استفاده نیز اثر این گونه عوامل در نظر گرفته نشده است.

1- Day of Year (DOY)
2- Angstrom Equation



شکل ۲- میانگین ماهانه حداقل (دایره‌های روشن) و حداکثر دما (دایره‌های تاریک)، بارندگی (ستون‌های روشن) و تشعشع خورشیدی (ستون‌های تاریک) ایستگاه‌های هم‌دیدی استان زنجان براساس دوره زمانی مبنا.
علامت ستاره، نشان‌دهنده زمان کاشت نخود در منطقه است.

تاریخ کاشت برای تمام شهرستان‌ها ۱۵ فروردین انتخاب شد که تاریخ کاشت مرسوم منطقه است. با توجه به بارندگی‌های زمستانه استان، در مدل مقدار آب قابل دسترس خاک در هنگام کاشت در حد ظرفیت زراعی فرض شد که برای شبیه‌سازی پتانسیل تولید آب محدود در شرایط بهینه تولید، مناسب به‌نظر می‌رسید. تراکم بوته در تمامی نقاط برای شرایط دیم ۳۰ بوته در مترمربع، نوع خاک مناطق از نوع لوم شنی با عمق ۹۰ سانتی‌متر و آلبیدوی خاک ۰/۱۲ در نظر گرفته شد. کسر حجمی آب قابل دسترس ۰/۱۳ سانتی‌متر بر سانتی‌متر و شماره منحنی خاک[1]، ۷۹ بود. می مشخصات در نظر گرفته شده برای خاک، مشخصات خاک یک مزرعه معرف کشت نخود دیم می‌باشد. همچنین از متغیرهای رقم جم (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱) در مدل استفاده شد. مدل، رواناب در شرایط دیم را براساس شکل ساده شده‌ای از روش شماره منحنی خاک ارایه شده توسط اداره محافظت خاک آمریکا[2]، محاسبه می‌کند (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۱). مقدار نیتروژن خاک که در اول فصل قبل از فعال شدن تثبیت زیستی نیتروژن قابل‌جذب است، ۳ گرم در مترمربع در نظر گرفته شد. مدل متناسب با آمار هواشناسی موجود برای هر ایستگاه که مشخص‌کننده تعداد سال‌های شبیه‌سازی بود اجرا شد که برای این مقاله نتایج خروجی مدل تنها برای پتانسیل تولید آب محدود آورده شده است.

میانگین عملکرد واقعی هر شهرستان از آمار سالانه سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان که مربوط به سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۰-۱۳۸۹ بود استخراج شد (جهاد کشاورزی استان زنجان، ۱۳۹۲). از اختلاف نتایج پیش‌بینی شده برای عملکرد پتانسیل آب محدود نخود و مقادیر عملکرد واقعی در نقاط مختلف استان برای تخمین خلاء عملکرد استفاده شد. درصد پوشش عملکرد پتانسیل هم از نسبت عملکرد واقعی به پتانسیل، محاسبه شد که نشان‌دهنده مقدار عملکرد پتانسیل است که کشاورزان توانسته‌اند به آن دست یابند (جدول ۲).

در نهایت با توجه به داده‌های عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد آب محدود و خلاء عملکرد در نقاط مورد بررسی، نقشه‌های مورد نیاز محدوده استان زنجان با استفاده از روش اسپیلاین[3] که از روش‌های درون‌یابی مبتنی بر آمار کلاسیک می‌باشد، درون‌یابی شدند. برای تهیه نقشه‌های عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی و به‌منظور قابل مقایسه بودن این نقشه‌ها، ۵ طبقه عملکردی شامل طبقات ۳۰۰-۱۰۰، ۵۰۰-۳۰۰، ۷۰۰-۵۰۰، ۹۰۰-۷۰۰ و ۱۱۰۰-۹۰۰ کیلوگرم در هکتار تعریف شد.

1- Curve Number
2- Soil Conservation Service
3- Spline

جدول ۲- آنالیز خلاء عملکرد نخود دیم (رقم جم) در استان زنجان (برحسب کیلوگرم در هکتار).

		شهرستان					میانگین[4]
		گرماب	خیرآباد	خدابنده	خرمدره	ماهنشان	زنجان	
عملکرد واقعی[1] (Y_r)	میانگین	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۴۰۸
	حدود تغییرات	۶۰۰-۲۰۰	۸۰۰-۱۵۰	۱۰۰۰-۳۰۰	۵۰۰-۲۰۰	۵۰۰-۱۵۰	۵۰۰-۱۰۰	
عملکرد پتانسیل آب محدود[2] (Y_w)	میانگین	۵۵۹	۶۵۷	۱۰۷۵	۷۲۹	۶۸۲	۶۵۸	۷۲۷
	حدود تغییرات	۸۰۱-۴۰۲	۱۰۶۱-۳۷۹	۲۵۳۳-۵۹۶	۱۰۷۸-۴۴۲	۱۱۶۷-۳۹۸	۹۸۴-۲۹۶	
	انحراف معیار	۱۱۸	۱۷۸	۵۴۸	۱۷۷	۲۰۹	۱۵۹	۲۳۲
	تعداد[3]	۱۱	۱۵	۱۷	۲۵	۱۴	۵۱	
خلاء عملکرد ($Y_g=Y_w-Y_r$)		۱۵۹	۱۵۷	۴۷۵	۴۲۹	۳۳۲	۳۵۸	۳۲۰
درصد خلاء عملکرد ($(Y_g/Y_w)\times100$)		۲۸	۲۴	۴۴	۵۹	۴۹	۵۴	۴۳
درصد پوشش عملکرد پتانسیل ($(Y_r/Y_w)\times100$)		۷۲	۷۶	۵۶	۴۱	۵۱	۴۶	۵۷

۱- میانگین عملکرد واقعی سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تا ۹۰-۱۳۸۹ استان زنجان به تفکیک شهرستان

۲- عملکرد پتانسیل آب محدود محاسبه شده با مدل (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲)

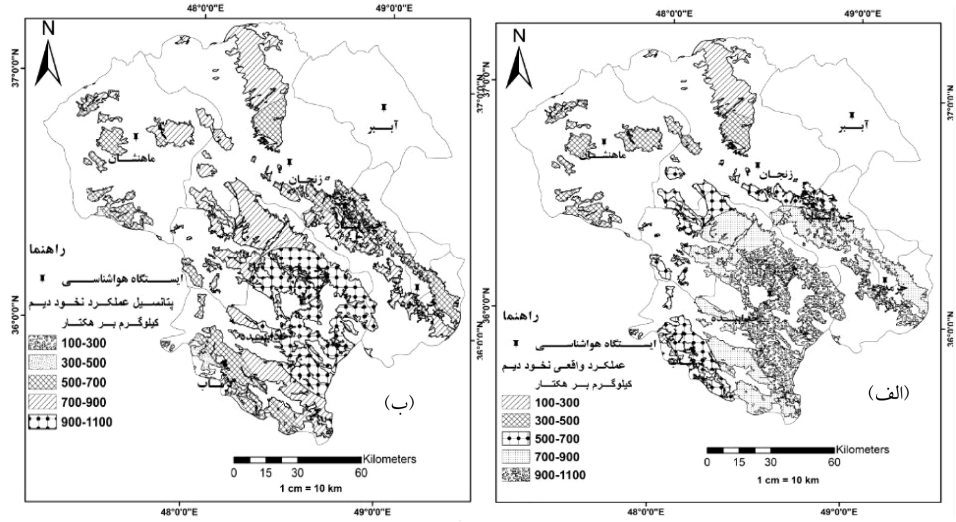
۳- منظور از تعداد، تعداد سال شبیه‌سازی شده براساس دوره زمانی مبنا است.

۴- میانگین‌ها بدون در نظر گرفتن شهرستان طارم به مرکزیت آبیر هستند.

نتایج و بحث

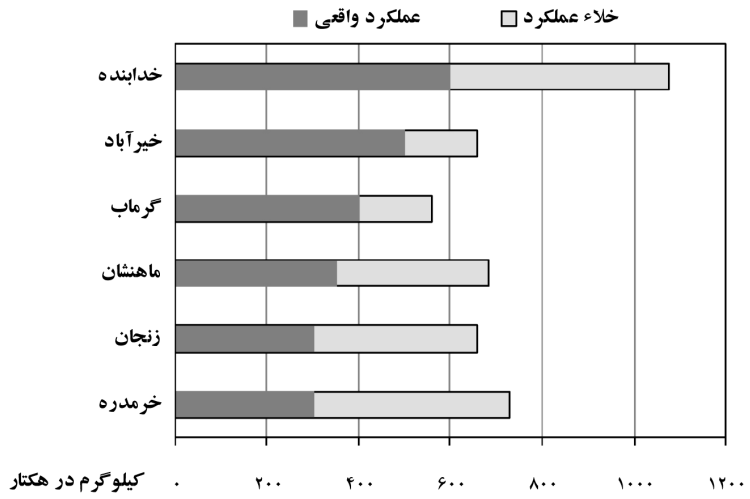
عملکرد پتانسیل آب محدود: براساس نتایج شبیه‌سازی شده عملکرد پتانسیل آب محدود نخود در استان زنجان از ۵۵۹ کیلوگرم در هکتار در گرماب تا ۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار در خدابنده متغیر بوده و میانگین عملکرد پتانسیل آب محدود استان برابر با ۷۲۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). حدود تغییرات از ۲۹٦ در زنجان تا ۲۵۳۳ کیلوگرم در هکتار در خدابنده نوسان داشت. حدود تغییرات به کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد شبیه‌سازی شده اشاره دارد که در طی دوره زمانی مبنا برای هر شهرستان اتفاق افتاده است. عملکردهای بالاتر در سال‌هایی اتفاق افتاده‌اند که شرایط آب و هوایی مطلوبی (دمای حداقل و حداکثر و بارندگی کافی همراه با توزیع مناسب در طی فصل رشد) برای رشد و تولید عملکرد نخود فراهم بوده است. انحراف معیار محاسبه شده برای عملکرد پتانسیل بین ٥٤٨–۱۱۸ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. انحراف معیار بالای عملکرد نشان می‌دهد که بین سال‌های مختلف عملکرد پتانسیل آب محدود بسیار متغیر بوده است. شکل ۳- الف، نقشه عملکرد پتانسیل آب محدود نخود در استان زنجان را نشان می‌دهد. آن‌گونه که از این شکل برمی‌آید دو طبقه اول در نقشه مشاهده نمی‌شود.

عملکرد واقعی: میانگین عملکرد واقعی نخود دیم در مناطق مختلف استان زنجان در طی ۳ سال زراعی ۸۸–۱۳۸۷ تا ۹۰–۱۳۸۹ برابر با ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است که این رقم بدون در نظر گرفتن شهرستان طارم به مرکزیت آببر برابر با ٤۰۸ کیلوگرم در هکتار خواهد بود (جدول ۲). شهرستان خدابنده با عملکرد ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیش‌ترین عملکرد واقعی است. بعد از این شهرستان، شهرستان‌های خیرآباد، گرماب و ماهنشان به‌ترتیب با عملکردهای ۵۰۰، ٤۰۰ و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعد قرار دارند. کم‌ترین میزان عملکرد هم در شهرستان‌های خرم‌دره و زنجان با ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (شکل ٤). حدود تغییرات از ۱۰۰ کیلوگرم در زنجان تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در خدابنده در هر هکتار نخود دیم گزارش شده است که این تغییرات در بین سال‌ها و مزارع مختلف بوده‌اند (جدول ۲). شکل ۳- ب نقشه عملکرد واقعی نخود استان در مزارع تحت کشت دیم را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که دو طبقه انتهایی در این نقشه وجود ندارد.



شکل ۳- نقشه عملکرد واقعی (الف) و پتانسیل عملکرد آب محدود (ب) نخود (رقم جم) در استان زنجان.

خلاء عملکرد: با مشخص بودن عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی منطقه می‌توان به محاسبه خلاء عملکرد پرداخت. اگرچه شهرستان خدابنده دارای بالاترین عملکرد واقعی بود اما پتانسیل عملکرد هم در این شهرستان بالا بوده و منجر به خلاء عملکردی معادل ٤٧٥ کیلوگرم در هکتار شد که از نظر کمیت بالاترین مقدار در بین سایر شهرستان‌های استان است به این معنی که کشاورزان این منطقه توانسته‌اند به ٥٦ درصد از پتانسیل عملکرد منطقه نائل شوند (جدول ۲). رتبه بعدی از نظر کمیت خلاء عملکرد مربوط شهرستان خرمدره با ٤٢٩ کیلوگرم در هکتار است، اما این شهرستان با ۵۹ درصد بالاترین مقدار خلاء عملکرد را از نظر درصد به خود اختصاص داده است. شهرستان خیرآباد با ۱۵۷ کیلوگرم در هکتار خلاء عملکرد (معادل ٢٤ درصد عملکرد پتانسیل) چه از نظر کمیت و چه از نظر درصد کم‌ترین مقدار خلاء عملکرد را دارا بوده است (شکل ٤). به‌طورکلی میانگین خلاء عملکرد استان چیزی حدود ۳۳۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است که معادل ٤٣ درصد پتانسیل عملکرد استان می‌باشد اما کشاورزان در ۲ شهرستان زنجان و خرم‌دره حتی نتوانسته‌اند به ۵۰ درصد عملکرد پتانسیل منطقه خود هم دست پیدا کنند (جدول ۲). شکل ۵ الف نقشه خلاء عملکرد نخود در استان زنجان را نشان می دهد.



شکل ٤- عملکرد واقعی و خلاء عملکرد نخود دیم (رقم جم) در استان زنجان (کل ستون نشان‌دهنده عملکرد پتانسیل است).

با توجه به نیاز روزافزون بشر به مواد غذایی واژه‌ای به‌نام فشرده‌سازی پایدار[1] مطرح می‌شود که به معنی افزایش عملکرد همراه با کاهش اثرات زیست‌محیطی سیستم‌های کشاورزی است (مولر و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از راه‌کارهای فشرده‌سازی با کم‌ترین اثر بر محیط زیست، افزایش عملکرد در واحد سطح است که از طریق کاهش خلاء عملکرد بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل در یک ناحیه می‌توان به آن دست یافت. آنالیز خلاء عملکرد یک تخمین کمی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جز مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقایس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (ون‌وارت و همکاران، ۲۰۱۳).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، میانگین عملکرد پتانسیل آب محدود استان به‌طور کلی ۷۲۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که کشاورزان منطقه چیزی حدود ۵۷ درصد (٧٦-٤١ درصد) این عملکرد را در مزارع خود به‌دست می‌آورند (جدول ۲).

1- Sustainable Intensification

عوامل تأثیرگذار بر عملکرد پتانسیل به‌وسیله عوامل محیطی و ژنتیکی در مدل تعیین می‌شوند که از عوامل محیطی می‌توان درجه حرارت، تشعشع، بارندگی و میزان نیتروژن در ابتدای فصل رشد را نام برد. به این ترتیب اگر محدودیت نیتروژن و آب وجود نداشته باشد، تشعشع و کارایی استفاده از تشعشع، رشد گیاه را تعیین می‌کنند اما اگر محدودیت آب وجود داشته باشد، کارایی تعرق و میزان آب قابل دسترس، تعیین‌کننده رشد گیاه هستند (لودویگ و آسنگ، ۲۰۰۶). بنابراین عملکرد پتانسیل آب محدود به‌شدت به بارندگی در طی فصل رشد و همچنین میزانی از این بارندگی که در تعرق مصرف می‌شود بستگی دارد. صباغ‌پور و همکاران (۲۰۰۶) نیز کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی آخر فصل در گیاه نخود را بسته به ناحیه جغرافیایی و طول فصل رشد، ۵۰-۳۵ درصد گزارش کردند. تنش خشکی آخر فصل در بیش‌تر مناطق تحت کشت نخود رخ می‌دهد که باعث تکمیل نشدن مراحل رشد دانه و کاهش عملکرد می‌شود (صباغ‌پور و همکاران، ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۲b). از آن‌جایی‌که نبود عوامل محدودکننده عملکرد به‌طور کامل در شرایط مزرعه غیرممکن است، بنابراین عملکرد پتانسیل بیش‌تر از آن‌که یک کمیت باشد یک مفهوم است که محاسبه آن را پیچیده می‌کند (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹). انحراف معیار بالای عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده در استان (با میانگین ۲۳۲ کیلوگرم در هکتار) که نشان‌دهنده تغییرات زیاد آن در بین سال‌های شبیه‌سازی شده است (جدول ۲)، بیانگر این مطلب است که عملکرد نخود به تغییرات محیطی به‌شدت وابسته بوده و از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند. فرجی و سلطانی (۲۰۰۹) نیز آب و هوا را یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد نخود دانستند. بیش‌ترین عملکرد پتانسیل مربوط به شهرستان خدابنده (با ۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار) بوده که به‌صورت مشابه بیش‌ترین میانگین عملکرد واقعی نیز در این شهرستان اتفاق افتاده است. دلیل عملکرد بالا در این شهرستان می‌تواند شرایط اقلیمی و بوم‌شناختی مساعد رشد نخود و به‌خصوص بارندگی‌های خوب بهاره در نواحی مرکزی استان باشد (شکل ۱). به‌جز نواحی مرکزی و همچنین بخش‌هایی از شمال استان، باقی مناطق از نظر پتانسیل عملکرد در طبقه سوم یعنی با پتانسیل عملکردی در حدود ۷۰۰-۵۰۰ کیلوگرم در هکتار قرار دارند (شکل ۳- الف).

شکل ۳- ب نقشه عملکرد واقعی نخود استان در مزارع تحت کشت دیم را نشان می‌دهد؛ ملاحظه می‌شود که بیش‌ترین تولید مربوط به شهرستان خدابنده و کم‌ترین آن مربوط به شهرستان زنجان در شمال استان است. با مقایسه نقشه‌های عملکرد پتانسیل (شکل ۳- الف) و عملکرد واقعی (شکل ۳- ب)

استنباط می‌شود در مناطقی که پتانسیل تولید زیاد است، تا حدودی عملکرد واقعی نیز بیش‌تر می‌باشد اما نکته کلیدی این است که دو طبقه‌ی اول در شکل ۳- الف و دو طبقه آخر در شکل ۳- ب وجود ندارند که این به‌دلیل خلاء عملکرد موجود بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی کشاورزان است. شکل ۵- الف درصد این خلاء عملکرد را در استان نشان می‌دهد.

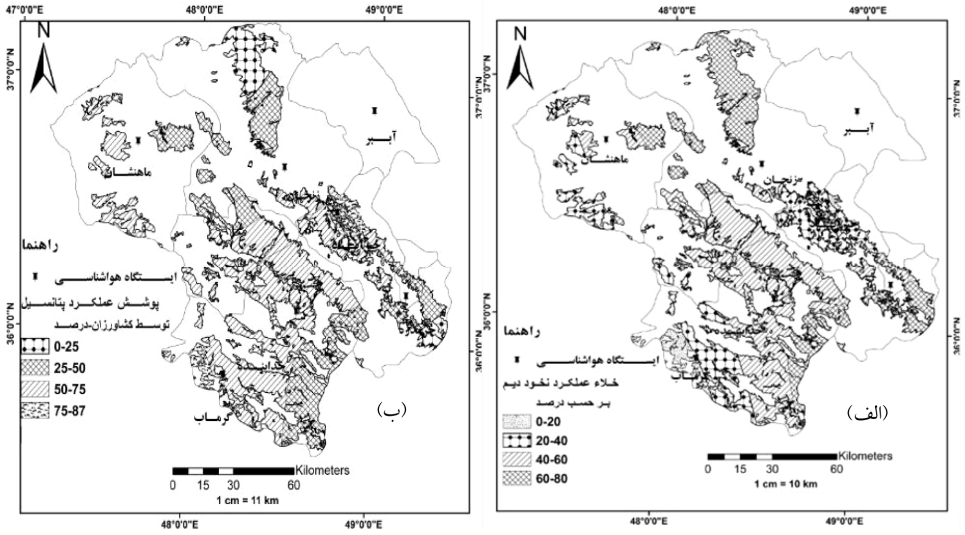
در این مطالعه خلاء عملکرد استان بین ٤٧٥-١٥٧ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است که به‌طور میانگین معادل ٤٣ درصد پتانسیل عملکرد منطقه می‌باشد (جدول ۲). اگرچه در ایران مطالعه‌ای برای محاسبه خلاء عملکرد بر روی نخود انجام نشده است اما خلاء عملکرد مشاهده شده در این پژوهش با خلاء عملکرد محاسبه شده برای گندم در ایران قابل مقایسه است. قرینه و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای روی گندم، خلاء عملکرد این گیاه را بین ٦٥-٤٠ درصد در استان خوزستان تخمین زدند. نصیری و کوچکی (۲۰۰۹) نیز خلاء عملکرد گندم در استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی به‌ترتیب ٦٠، ٦٢ و ٥٨ درصد تخمین زدند. مولر و همکاران (۲۰۱۲) نیز خلاء عملکرد گندم در ایران را حدود ٤٠ درصد عنوان کردند.

آن‌گونه که از شکل ٦ برمی‌آید کشاورزان منطقه با رسیدن به ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل می‌توانند از ۹۵-۵ درصد افزایش عملکرد را در مزارع خود داشته باشند. اگرچه عملکردهای بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل در آنالیز خلاء عملکرد کم‌تر گزارش شده است (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹) اما در صورتی که کشاورزان به ۹۰ درصد عملکرد پتانسیل نایل شوند چیزی در حدود ۱۲۰-۲۰ درصد و با تولید ۱۰۰ درصدی عملکرد پتانسیل ١٤٠-٣٠ درصد افزایش عملکرد در استان را شاهد خواهیم بود. که بیش‌ترین این افزایش در خرمدره و کم‌ترین آن در خیرآباد خواهد بود (شکل ٦).

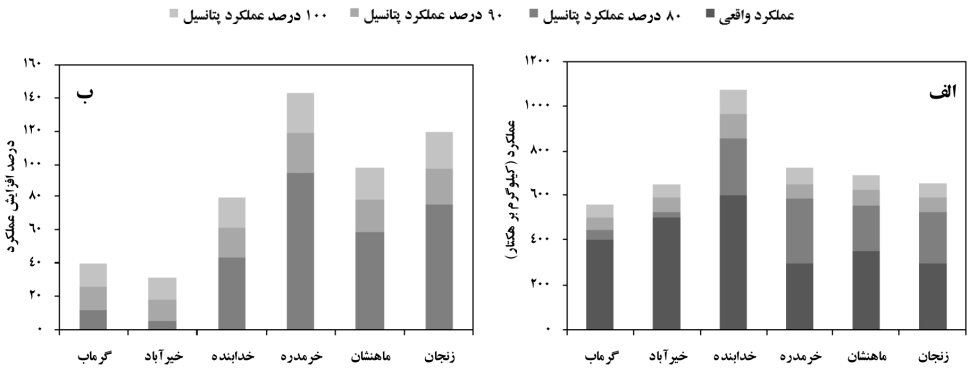
تولید پتانسیل به‌ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌گردد. هدف بسیاری از پژوهش‌گران و دانشمندان هم افزایش عملکرد تا حد قابل‌قبولی برای نگهداری قیمت مواد غذایی در حدی است که هم برای مصرف‌کننده مطلوب باشد و هم قیمت تمام شده محصول بتواند هزینه‌ها را برای کشاورز پوشش بدهد. به‌نظر می‌رسد عملکردی معادل ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل یک آستانه تقریبی مطلوب از نظر اقتصادی در بیش‌تر سیستم‌های کشت گیاهان زراعی باشد (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹). دست‌یابی به عملکردهای بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل اگرچه امکان‌پذیر است اما شاید با توجه به قیمت ادوات، کود، سم و همچنین هم‌پوشانی فصل کاشت نخود با محصولات قبل و بعد خود، از نظر اقتصادی برای

کشاورزان منطقه مقرون به صرفه نباشد.

با توجه به درصد پوشش عملکرد پتانسیل توسط کشاورزان (جدول ۲) می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزان ۲ شهرستان خرمدره و زنجان حتی نتوانسته‌اند به ۵۰ درصد عملکرد پتانسیل منطقه خود دست پیدا کنند، که این عدم مدیریت زراعی صحیح در این مناطق را بیش‌تر روشن می‌سازد. در بخش‌های شمالی زنجان و جنوبی خرمدره درصد پوشش عملکرد پتانسیل کم‌تر از ۲۵ درصد درون‌یابی شد (شکل ۵- ب). بالاترین درصد پوشش هم مربوط به شهرستان‌های خیرآباد و بخش‌های غربی گرماب می‌شد که نزدیک به ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد منطقه خود را پوشش داده‌اند (شکل ۵- ب). حد نهایی درصد پوشش عملکرد پتانسیل درون‌یابی شده ۸۷ درصد به‌دست آمد که مربوط به بخش‌هایی از شهرستان خیرآباد بود. یکی از دلایل این میزان پوشش بالا می‌تواند تفاوت ارقام کشت شده توسط کشاورزان این مناطق با ویژگی‌های رقم جم که برای برآورد پتانسیل عملکرد در این پژوهش استفاده شد، باشد.

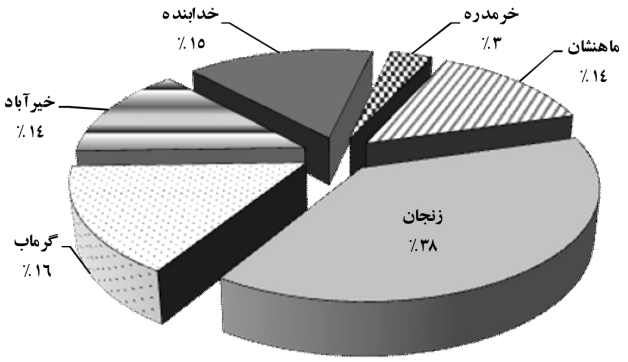


شکل ۵- نقشه درصد خلا عملکرد (الف) نخود (رقم جم) و پوشش عملکرد پتانسیل توسط کشاورزان (ب) در مزارع دیم استان زنجان.



شکل ٦- میزان افزایش عملکرد در صورت رسیدن به ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد عملکرد پتانسیل بر حسب کمیت (الف) و درصد نسبت به عملکرد فعلی (ب) به تفکیک شهرستان.

آمار دیگری که از سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان گرفته شد مربوط به سهم هر شهرستان در تولید نخود استان بود که شهرستان زنجان با تولیدی حدود ۱۰۰۰ تن (یک میلیون کیلوگرم)، بالاترین سهم و ۳۸ درصد کل تولید نخود استان را به خود اختصاص داد (شکل ۷). با بررسی عملکرد واقعی شهرستان زنجان (شکل ۳- ب)، نتایج نشان داد که عملکرد در واحد سطح این شهرستان جز پایین‌ترین میانگین عملکردهاست و میزان تولید بیش‌تر در میان سایر شهرستان‌های استان به‌دلیل سطح زیر کشت بالاتر این شهرستان نسبت به سایر شهرستان‌هاست (شکل ۱).



شکل ۷- سهم میزان تولید نخود دیم در استان زنجان به تفکیک شهرستان (میانگین سال‌های زراعی ۸۸-۱۳۸۷تا۹۰-۱۳۸۹).

مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل خلاء عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌های مدیریتی ناکارآمد در مزارع کشاورزان است (ترابی و همکاران، ۲۰۱۳). ٤ عامل اصلی که می‌تواند دلیل خلاء عملکرد ٤٣ درصدی استان زنجان باشد، عبارتند از:

عدم استفاده از تاریخ کاشت‌های مناسب: خشکی انتهای فصل مهم‌ترین محدودیت عملکرد نخود در ایران می‌باشد (صباغ‌پور و همکاران، ۲۰۰٦؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۱۲b)، بنابراین کاشت زودهنگام برای رشد گیاه در بخش‌های مرطوب‌تر سال می‌تواند این محدودیت را کاهش دهد. کشاورزان برای کاهش علف‌های هرز مزارع نخود این محصول را با تاخیر در بهار کشت می‌نمایند. این در حالی است که در بیش‌تر سال‌ها پس از کشت بهاره دیم، بارندگی‌های مؤثر به‌ندرت اتفاق می‌افتد و چون برخورد گلدهی و غلاف‌دهی نخود به خشکی آخر فصل قطعی است، این امر باعث افت و کاهش شدید عملکرد می‌شود.

مدیریت زراعی ضعیف مانند تهیه بستر ضعیف، کاشت با عمق متفاوت و تراکم‌های نامناسب: یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های زراعی تعیین‌کننده عملکرد، تراکم گیاهی است که باعث استفاده بهتر از منابع محیطی مانند نور، آب و تبادل‌های گرمایی بهتر تاج پوشش می‌شود (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹). تراکم کاشت باید به‌نحوی انتخاب شود که حداقل رقابت بین بوته‌های گیاه به‌وجود آید و از طرف دیگر فضای خالی در اختیار علف‌های هرز قرار نگیرد. عمق کاشت نیز به‌دلیل تأثیر زیادی که بر سبزشدن و استقرار گیاهچه دارد در کشت نخود بسیار دارای اهمیت است (یوسفی و همکاران، ۲۰۰۷). روش کاشت دست‌پاش بذر و زدن یک دیسک به‌منظور پوشاندن بذور که به‌طور گسترده توسط کشاورزان منطقه انجام می‌گیرد، موجب غیریکنواختی در توزیع بذر و همچنین قرارگیری بذور در عمق‌های متفاوت و نامناسب می‌شود که منجر به عدم یکنواختی سبزشدن و استفاده ناکارآمد از منابع می‌شود. کم بودن تعداد گیاه در واحد سطح باعث افزایش میزان تبخیر از سطح خاک و بروز تنش خشکی می‌شود. به‌عبارت دیگر، تراکم پایین سبب می‌شود که از پتانسیل تولید، حداکثر استفاده صورت نپذیرد (مجنون‌حسینی و همکاران، ۲۰۰۳) از طرف دیگر زیاد بودن تعداد گیاه در واحد سطح می‌تواند باعث مصرف زیادتر آب خاک در مراحل اولیه رشد و تشدید تنش خشکی آخر فصل در نخود شود. استفاده از انواع ردیف‌کارها و خطی‌کارها می‌تواند روشی جایگزین برای غلبه بر این مشکلات باشد که باعث کاهش خلاء عملکرد در مزارع کشاورزان منطقه می‌شود.

عدم مدیریت منابع آب: مدیریت آب خاک راه‌کار دیگری است که می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کاهش خلاء عملکرد کشاورزان شود. اگرچه ما در این پژوهش تأثیر محدودیت آب بر عملکرد پتانسیل را در مدل در نظر گرفتیم اما باید این نکته را در نظر گرفت که خاک مزارع کشاورزان ممکن است آن شرایط بهینه از نظر حفظ رطوبت و عمق مناسب مانند آن‌چه که در مدل وارد شده است، را نداشته باشد و از نقطه‌ای به نقطه دیگر متغیر باشد. رعایت اصول فنی عملیات آماده‌سازی زمین کشت به‌منظور ذخیره حداکثر رطوبت در خاک در هنگام کاشت و استفاده بهینه گیاه از رطوبت خاک بسیار مهم می‌باشد. کاربرد گاوآهن برگردان‌دار موجب از بین رفتن رطوبت ذخیره شده در خاک می‌گردد. استفاده از گاوآهن قلمی و پنجه‌غازی برای آماده‌سازی زمین می‌تواند در حفظ رطوبت خاک بسیار مؤثر باشد. افزایش مواد آلی خاک از طریق استفاده از کودهای آلی، مدیریت بقایای گیاهی محصول قبل و همچنین زیرشکنی لایه‌های سخت زیرین خاک از جمله راه‌کارهایی است که می‌توان برای حفظ رطوبت خاک ارایه داد. به‌طورکلی هر گونه عملیاتی که باعث شود آب موجود خاک بیش‌تر در تعرق گیاه مصرف شود تا تبخیر از سطح خاک می‌تواند به افزایش عملکرد نخود در مزارع کشاورزان منجر شود.

کنترل آفات در مزارع نخود: نخود در اوایل دوره زندگی دارای رشد کند و سطح برگ محدودی است، بنابراین علف‌های هرز در این دوره به سرعت رشد کرده و در رقابت بر سر منابع غذایی، آب و نور با نخود موجب کاهش عملکرد نخود می‌شوند (غلام‌پور و همکاران، ۲۰۱۳)، از این‌رو کنترل علف‌های هرز چه به‌صورت مکانیکی و چه شیمیایی موجب افزایش عملکرد نخود می‌شود. استفاده از ارقام مقاوم و همچنین مبارزه شیمیایی نیز برای کنترل آفات و بیماری‌ها ضروری است و می‌تواند باعث کاهش خلاء عملکرد نخود در استان شود.

اگرچه هدف از این پژوهش برآورد میزان خلاء عملکرد موجود در استان بوده است و دلایل به‌وجود آمدن این میزان خلاء عملکرد نیازمند بررسی و مطالعه بیش‌تر است اما محتمل‌ترین راه‌کار که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کاهش خلاء عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است (منگ و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین سامانه‌های کشت حبوبات به‌ویژه نخود در استان باید به‌سمت مکانیزه شدن، تغییر تاریخ کشت‌های فعلی و تراکم‌های نامناسب و استفاده از ارقام مقاوم با طول دوره رشدی منطبق با فصل کشت نخود در استان سوق داده شوند تا حداکثر استفاده از منابع محیطی مانند تشعشع، درجه حرارت و بارندگی صورت بگیرد.

یکی از ایرادهایی که به این‌گونه مطالعات وارد است، دور بودن ایستگاه‌های هواشناسی از مزارع موردنظر است- در این مورد به‌خصوص، دیم‌زارهای استان مدنظر بوده- که گاهی فاصله‌های ایستگاه‌ها تا این مزارع از ۲۰ کیلومتر هم فراتر رفته و باعث افزایش خطا می‌شود. از دیگر اشکال‌های وارده، دقیق نبودن آمار عملکرد واقعی است که توسط سازمان جهاد کشاورزی ارایه می‌شود. راه‌کار عملی کاهش این خطا می‌تواند، انجام مطالعات پیمایشی و ملاقات چهره به چهره با کشاورزان برای تعیین عملکرد واقعی و ثبت بیش‌ترین عملکردهای کشاورزان باشد.

نتیجه‌گیری

کشاورزان به‌طور معمول به‌دنبال به حداکثر رساندن سود خود هستند تا حداکثر تولید و این می‌تواند یکی از اصلی‌ترین دلایل به‌وجود آمدن خلاء عملکرد در گیاهان زراعی باشد. رسیدن به ۸۰ درصد از عملکرد پتانسیل می‌تواند برای کشاورزان بازده اقتصادی داشته باشد اما شاید رسیدن به عملکردهای بالاتر از ۸۰ درصد به‌علت هزینه‌های بالای نهاده‌های ورودی علاوه‌بر نداشتن بازده اقتصادی برای کشاورزان باعث وارد آمدن فشار بوم‌شناختی بر محیط زیست نیز بشود. نخود از دیرباز به‌عنوان یک گیاه کم‌توقع شناخته شده و کشاورزان بر این باورند که روش‌های سنتی کاشت، داشت و برداشت نخود برای دست یافتن به عملکردهای مورد انتظار کفایت می‌کند اما نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پتانسیل زیادی برای افزایش عملکرد نخود در استان زنجان وجود دارد که این مهم از طریق بهبود شیوه‌های مدیریتی و یا به‌عبارتی بهبود مدیریت زراعی مزارع نخود استان امکان‌پذیر خواهد بود. با توجه به میانگین عملکرد وافعی (٤٠٨ کیلوگرم در هکتار) و همچنین متوسط عملکرد پتانسیل که برابر با ۷۲۷ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد خلاء عملکرد استان به‌طور میانگین ٤۳ درصد تخمین زده می‌شود. بطور کلی نتایج آنالیز خلاء عملکرد استان نشان داد که با پوشش ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل، امکان افزایش عملکرد از ۹۵-۵ درصد (٤۸ درصد به‌صورت میانگین) نسبت به عملکردهای فعلی وجود دارد. هدف از این پژوهش برآورد میزان خلاء عملکرد نخود موجود در استان زنجان بوده است، بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده دلایل به‌وجود آمدن این خلاء عملکرد مورد مطالعه و بررسی قرار بگیرد.

منابع

1.Bhatia, V., Singh, P., Wani, S., Rao, A.K., and Srinivas, K. 2006. Yield Gap Analysis of Soybean, Groundnut, Pigeonpea and Chickpea in India Using Simulation Modeling: Global Theme on Agroecosystems Report. 31.
2.Boogaard, H., Wolf, J., Supit, I., Niemeyer, S., and van Ittersum, M. 2013. A regional implementation of WOFOST for calculating yield gaps of autumn-sown wheat across the European Union. Field Crops Res. 143: 130-142.
3.Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?. FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Rome.
4.Ghanbari, A., and Taei-Semiromi, J. 2012. New approach for regional crop yield gap analysis in the Borujen Plain, Iran. Afr. J. Biotech. 11: 6368-6376.
5.Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., Andarzian, B., and Fayazizadeh, N. 2012. Agroclimatic zoning of Khuzestan province for potential yield wheat using WOFOST model. J. Agroecol. 4: 255-64. (In Persian)
6.Ghollampoor, Y., Majnoon Hosseini, N., and Alizadeh, H. 2013. Effect of plant density and weed management on yield of chickpea. Iran. J. Field Crops Res. 44: 147-158. (In Persian)
7.Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N., and Horan, H. 2013. Reprint of "Quantifying yield gaps in rainfed cropping systems: A case study of wheat in Australia". Field Crops Res. 143: 65-75.
8.Kamkar, B., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani, P. 2007. Yield gap analysis of cumin in nine regions of Khorasan provinces using modelling approach. Iran. J. Field Crop. Res. 5: 333-41. (In Persian)
9.Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes and causes. Annual Rev. Environ. Res. 34: 179-204.
10.Lu, C., and Fan, L. 2013. Winter wheat yield potentials and yield gaps in the North China Plain. Field Crops Res. 143: 98-105.
11.Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iran. J. Agric. Sci. 34: 1011-19. (In Persian)
12.Meng, Q., Hou, P., Wu, L., Chen, X., Cui, Z., and Zhang, F. 2013. Understanding production potentials and yield gaps in intensive maize production in China. Field Crops Res. 143: 91-97.
13.Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature. 490: 254-257.
14.Nassiri, M., and Koocheki, A. 2009. Agroecological zoning of wheat in Khorasan provinces: Estimating yield potential and yield gap. Iran. J. Field Crops Res. 7: 695-709. (In Persian)

15.Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E., and Müller, C. 2010. The yield gap of global grain production: A spatial analysis. J. Agri. Syst. 103: 316-326.
16.O'Neill, B.C., Dalton, M., Fuchs, R., Jiang, L., Pachauri, S., and Zigova, K. 2010. Global demographic trends and future carbon emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences.
17.Rosegrant, M.W., Ringler, C., and Zhu, T. 2009. Water for Agriculture: Maintaining Food Security Under Growing Scarcity. SSRN eLibrary.
18.Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malhotra, R. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian J. Crop Sci. 1: 70-73.
19.Soltani, A., and Madah, V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. Iranian Society of Ecological Agriculture, Tehran, Iran. 80p. (In Persian)
20.Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Res. 124: 252-260.
21.Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012a. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI. 322p.
22.Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012b. Optimizing chickpea phenology to available water under current and future climates. Europ. J. Agron. 38: 22-31.
23.Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Res. 99: 1-13.
24.Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2012. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. Elect. J. Crop Prod. 4: 1-17. (In Persian)
25.Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Kazemi Korgehei, M. 2013. Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. Elect. J. Crop Prod. 6: 171-189. (In Persian)
26.Vadez, V., Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2013. Crop simulation analysis of phenological adaptation of chickpea to different latitudes of India. Field Crops Res. 146: 1-9.
27.Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crop. Res. 143: 4-17.
28.van Wart, J., van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N.D., Claessens, L., van Ittersum, M.K., and Cassman, K.G. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. Field Crops Res. 143: 44-55.
29.Yousefi, M., Soltani, A., Zeinali, E., and Sarparast, R. 2007. Effect of temperature and sowing depth on emergence of chickpea. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 13: 12-20. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. Plant Prod. Res. Vol. 21 (3), 2014
http://jopp.gau.ac.ir

Agroecological zoning of Zanjan province for estimating yield potential and yield gap in dryland-base chickpea production systems

N. Meghdadi[1], A. Soltani[2], B. Kamkar[3] and *A. Hajarpoor[4]

[1]M.Sc. Graduate of Agroecology, Dept. Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Dept. Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Dept. Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Ph.D. Student of Crop Ecology, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 09/27/2013; Accepted: 06/01/2014

Abstract

It is essential to understand crop yield potentials and exploitable gaps to detect yield constraints of crops. Yield gap analysis is a method to evaluate our systems distance from actual capability of a region to produce a crop which will direct researches and help for cropping patterns design and programming. Moreover, knowledge on a region capability could result in investigating on given crop. Thus, this research was aimed to quantify water-limited potential yield, comparison of actual and potential yield and yield gap analysis of chickpea production in Zanjan province. Also Geographical Information System (GIS) was used to produce agroecological zoning maps. Averaged water-limited potential yield in Zanjan province was assessed as 727 kg ha^{-1} (varied from 559-1075 kg ha^{-1}) using a simple simulation model of chickpea. With considering averaged actual yield as 408 kg ha^{-1} (average of three years, from 2009-2011), mean yield gap was evaluated as 43% (varied from 24-59%), which its average value is equal to 320 kg ha^{-1} (varies from 157-475 kg ha^{-1}). The most important finding was the possibility of considerable increasing of yield in studied province in comparison with current yield. Our results on yield gap revealed that with covering of 80% potential yield, it is possible to increase yield from 5 to 95% (48% in average). Improvement of sowing, protection and harvesting managements are the main and lowest-cost options to fill the chickpea yield gap in Zanjan province.

Keywords: Yield gap analysis, Water-limited potential yield, Actual yield, GIS

* Corresponding Author; Email: amiragro65@gmail.com