



میزان و چگونگی پراکنش خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران

راحله عرب عامری^{۱*}، افشین سلطانی^۲، ابراهیم زینلی^۳، بنیامین ترابی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۵

چکیده

تحلیل خلأ عملکرد یک تخمین کمی از امکان افزایش در ظرفیت غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است. در این راستا پژوهشی به‌منظور میزان و چگونگی پراکنش خلأ عملکرد محصول نخود و عدس در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۷ انجام گرفت. در این مطالعه با استفاده از مدل SSM-iCrop2 عملکرد پتانسیل در مناطق تولیدکننده نخود و عدس در ایران شبیه‌سازی شد. برای این منظور از پروتکل پروژه اطلس خلأ عملکرد، موسوم به پروتکل GYGA، در جهت شناسایی پهنه‌های اقلیمی و همچنین شناسایی ایستگاه‌های هواشناسی مهم واقع در مناطق تولید نخود و عدس دیم در کشور استفاده شد. پس از شناسایی ایستگاه‌های مهم، پتانسیل عملکرد برای محدوده ایستگاه‌ها شبیه‌سازی شد و سپس نتایج منطقه‌ای براساس پروتکل GYGA به کل کشور تعمیم داده شد. برای نخود دیم در کشور، مقادیر عملکرد واقعی، پتانسیل و خلأ عملکرد به‌ترتیب ۰/۴۳، ۱/۰۴ و ۰/۶۱ تن در هکتار به‌دست آمد. در مورد عدس دیم در کشور نیز، مقادیر عملکرد واقعی، پتانسیل و خلأ عملکرد به‌ترتیب ۰/۴۳، ۱/۱۰ و ۰/۶۷ تن در هکتار به‌دست آمد. از این اطلاعات می‌توان جهت مدیریت بهتر در مناطق کم‌بازده و پر بازده در کشور برای این دو محصول بهره برد.

کلیدواژه‌ها: پروتکل GYGA، پهنه‌بندی اقلیمی - زراعی، تیخبر و تعرق، عملکرد پتانسیل، مدل SSM-icrop2.

The amount and How to distribute of chickpea and lentil yield gap in Iran

Raheleh Arabameri^{1*}, Afshin Soltani², Ebrahim Zeinali³, Benjamin Torabi³

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: December 26, 2019

Accepted: October 31, 2020

Abstract

Yield gap analysis is a quantitative estimate of possible increase of the capacity to provide food for a specified area. It is an important component for designing strategies to supply food on a scale of regional, national, and global level. In this regard a study has been conducted to determine the extent and function of chickpea and lentil crop vacancy distribution at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2016-2018. Using SSM-iCrop2 model, the study simulates potential yield in chickpea and lentil producing regions in Iran. For this purpose, it employs the protocol of Atlas Gap Project, called GYGA protocol, to identify climatic zones and identify important meteorological stations, located in chickpea and lentil production areas in the country. After identifying the important stations, the performance potential for the station range is simulated and then the regional results are generalized to the whole country, based on the GYGA protocol. For dryland chickpeas in the country, the values of actual and potential yield as well as yield gap have been 0.43, 1.04, and 0.61 tons per hectare, respectively. In case of rainfed lentils in the country, the values of actual yield and potential along with yield gap have been 0.43, 1.10, and 0.67 tons per hectare, respectively. The present study can be used for better management in low-yield and high-yield areas of the country for these two products.

Keywords: Climatic-agro-zoning, evaporation, GYGA protocol, potential yield, SSM-icrop2 model, yield gap.

۱. مقدمه

در ایران و بسیاری از کشورهای جهان، بخش قابل توجهی از مردم برای تأمین پروتئین مورد نیاز خود از حبوباتی نظیر نخود، عدس، لوبیا و ماش استفاده می‌کنند (Soltani et al., 2011). حبوبات علاوه بر این که نقش مهمی در تأمین نیاز روزانه پروتئین ایفا می‌کنند، به دلیل تثبیت بیولوژیک نیتروژن باعث افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی نیز می‌شوند (Soltani et al., 2006a). بنابراین ارزیابی وضعیت تولید حبوبات به دلیل اهمیت آن‌ها در تغذیه مردم جهان و نقش آن‌ها در طراحی الگوهای کشت ضروری می‌باشد.

در سال‌های اخیر با وجود پیشرفت‌های تکنولوژی، نگرانی‌های در مورد کاهش میزان افزایش عملکرد، دیده می‌شود (Grassini et al., 2013). Keating et al. (2014) گزارش دادند که ۱۴ راه برای کمک به امنیت غذایی می‌باشد که مهم‌ترین عامل را رفع خلأ عملکرد بیان کردند. در سیستم‌های کشت دیم، خلأ عملکرد از اختلاف بین عملکرد واقعی به دست آمده از کشاورز و عملکرد پتانسیل در شرایط آب محدود محاسبه می‌شود. حداکثر عملکردی که از یک رقم در یک محیط مشخص در شرایط محیطی مطلوب و بدون محدودیت منابع آب و عناصر غذایی و همچنین عدم وجود آفات (بیماری‌ها، علف‌های هرز، حشرات مضر و ...) به دست می‌آید را عملکرد پتانسیل می‌نامند (Fischer, 2015). عملکرد آب محدود در شرایط خوب مدیریت زراعی و عدم محدودیت مواد غذایی و آفات و بیماری‌ها حاصل می‌شود، ولی محدودیت‌های محیطی شامل تابش خورشیدی، دما و بارندگی بر روی آن تأثیر دارد (Van Ittersum et al., 2013).

با توجه به اهمیت تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد در کشورهای در حال توسعه، پروژه بین‌المللی اطلس جهانی

خلأ عملکرد (GYGA)^۱ شکل گرفته است که در آن، براساس اقلیم موجود، منابع آب و خاک در دسترس و پتانسیل تولید محصول زراعی در زمین‌های زراعی فعلی، خلأ عملکرد برآورد می‌شود (Van Ittersum et al., 2013). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه خلأ عملکرد در جهان صورت گرفته است. اما در ایران آنالیز خلأ عملکرد به صورت پراکنده و برای گیاهان زراعی محدودی صورت گرفته است.

از کارهای صورت گرفته روی نخود در جهان می‌توان به Bhatia et al. (2008) اشاره کرد که به بررسی خلأ عملکرد در نخود و بقولات دیگر در هندوستان پرداختند. از جمله مطالعات صورت گرفته برای نخود در ایران نیز می‌توان به Soltani et al. (2016) در بررسی تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد نخود و پتانسیل عملکرد آب محدود در پنج منطقه در ایران را بیان کرد. ایشان میانگین عملکرد پتانسیل و خلأ عملکرد در این مناطق را به ترتیب ۹۹۱ و ۶۳ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند. Meghdadi et al. (2014) نیز به پهنه‌بندی زراعی - بوم‌شناختی استان زنجان جهت برآورد پتانسیل و خلأ عملکرد نخود دیم پرداختند. نتایج آنالیز خلأ عملکرد استان زنجان نشان داد که با پوشش ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل، امکان افزایش عملکرد از ۵ تا ۹۵ درصد (۴۸ درصد به صورت میانگین) نسبت به عملکردهای فعلی وجود دارد. در مورد عدس در ایران تاکنون گزارشی بیان نشده است.

اجرای پروتکل گیگا برای کشت نخود و عدس در ایران یک مورد چالش برانگیز است، چرا که شرایط آب‌وهوایی و خاک در ایران متغیر و متنوع است. مطالعه فعلی نشان‌دهنده یک تلاش اولیه برای برآورد خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران با استفاده از پروتکل

گیگا است. با کاربرد پروتکل جهانی می‌توان خلأ عملکرد نخود و عدس دیم ایران را با دیگر مناطق جهان مقایسه کرد. داده‌های حاصل از روش پروتکل گیگا را می‌توان برای بررسی روابط میان عوامل مؤثر بر خلأ عملکرد استفاده کرد.

(www.yieldgap.org/web/guest/cz-ted). با قراردادن ایستگاه‌های هواشناسی موجود در ایران روی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران و زدن بافر ۱۰۰ کیلومتری در اطراف هر ایستگاه هواشناسی و برش این بافرها براساس مرزهای اقلیمی، بافر هر اقلیم در داخل کشور مشخص شد (جدول ۱). برای هر بافر، اطلاعات هواشناسی از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک داخل هر بافر از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد. اگر داخل بافری، ایستگاه هواشناسی با داده موردنیاز وجود نداشت از ایستگاه‌های هواشناسی با فاصله ۱۰۰ کیلومتر در همان اقلیم استفاده شد، که در این موارد از لفظ بافر فرضی استفاده شده است. برای نخود دیم سه بافر فرضی و برای عدس دو بافر فرضی وجود داشت. داده‌های هواشناسی موردنیاز برای ایستگاه‌ها شامل دماهای حداقل و حداکثر، تابش خورشیدی و بارندگی روزانه بود که از سازمان هواشناسی تهیه شد.

۲.۲. تعیین اطلاعات خاک در محدوده ایستگاه‌های هواشناسی مرجع

برای تعیین نوع خاک غالب (خاکی که بیش از ۵۰ درصد از اراضی آن بافر را به‌خود اختصاص داده باشد) در اراضی زراعی در محدوده هر بافر برای گیاهان هدف، از نقشه خاک تهیه‌شده توسط Koo & Dimes (2010) استفاده شد که با عنوان HC27 شناخته می‌شود. از هم‌پوشانی نقشه محدوده بافر، نقشه پراکنش اراضی محصول موردنظر و نقشه خاک، نوع خاک موجود در اراضی محصول موردنظر مشخص شد. خاک غالب محدوده تحت پوشش هر بافر نیز براساس پروتکل گیگا مشخص شد.

۳.۲. برآورد عملکرد پتانسیل

برآورد عملکرد پتانسیل برای نخود و عدس توسط مدل SSM-iCrop2 (Soltani & Sinclair, 2012; Soltani et al.,)

در این مطالعه با استفاده از مدل SSM-iCrop2 (Soltani & Sinclair, 2012; Soltani et al., 2018) عملکرد پتانسیل در مناطق تولیدکننده نخود و عدس در ایران شبیه‌سازی شد. برای این منظور از پروتکل پروژه اطلس خلأ عملکرد، موسوم به پروتکل GYGA (اطلس جهانی خلأ عملکرد، www.yieldgap.org) (Van Ittersum et al., 2013; Van Bussel et al., 2015)، در جهت شناسایی پهنه‌های اقلیمی و هم‌چنین شناسایی ایستگاه‌های هواشناسی مهم واقع در مناطق تولید نخود و عدس دیم در کشور استفاده شد. پس از شناسایی ایستگاه‌های مهم، پتانسیل عملکرد برای محدوده ایستگاه‌ها شبیه‌سازی شد و سپس نتایج منطقه‌ای براساس پروتکل GYGA به کل کشور تعمیم داده شد. که نتایج آن در سایت گیگا (<http://www.yieldgap.org>) بارگزاری شده است. توضیحات بیش‌تر در زیر ارائه می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مناطق مهم آب‌وهوایی و ایستگاه‌های مرجع (بافر‌ها)
مناطق اقلیمی - زراعی براساس روش پهنه‌بندی اقلیمی GYGA-ED (Van Bussel et al., 2015) شناسایی شد. GYGA به‌دنبال ایجاد پهنه‌های اقلیمی با حداقل غیریکنواختی آب‌وهوایی بوده است تا نیاز به اطلاعات هواشناسی را به حداقل برساند. در این روش، پهنه‌های اقلیمی براساس اطلاعات سه متغیر واحد دمایی با دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد، نوسانات دمای فصلی و شاخص خشکی سالانه از هم تفکیک شده‌اند

که در آن، y_k میانگین وزنی عملکرد در بافر k μ_j میانگین عملکرد در شهرستان j داخل بافر k n تعداد شهرستان‌هایی که در داخل بافر k وجود دارد، a_j سطح زیر کشت محصول مورد نظر در شهرستان j a_k کل سطح زیر کشت محصول مورد نظر در بافر k می‌باشد.

عملکرد واقعی هر بافر برای هر سال محاسبه شد و سپس برای این ۱۵ سال میانگین گرفته شد و به‌عنوان عملکرد واقعی منطقه در مدل لحاظ شد.

۵.۲. خلاصه عملکرد و عملکرد نسبی

خلاصه عملکرد از اختلاف بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل محاسبه شد. عملکرد نسبی از نسبت عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد. در این پژوهش برای محاسبه عملکرد قابل حصول (Attainable yield) از نسبت ۸۰ درصد طبق تعریف Fischer (2015) استفاده شد. براساس این روش عملکرد قابل حصول معادل ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل است. خلاصه عملکرد قابل حصول نیز از اختلاف عملکرد پتانسیل قابل حصول و عملکرد واقعی حاصل شد.

۳. نتایج

۳.۱. شناسایی پهنه‌های اقلیمی

برای تعیین اقلیم‌های اصلی تولید نخود و عدس براساس پروتکل گیگا، هر پهنه اقلیمی باید حداقل ۵ درصد از اراضی گیاه را در برداشته باشد. همچنین پوشش حداقل ۴۰ تا ۵۰ درصد سطح زیر کشت گیاه توسط بافر ایستگاه‌های انتخابی ضروری است (Van Wart et al., 2013). از این‌رو، ۱۱ اقلیم از اقلیم‌های موجود در ایران برای نخود دیم و ۱۲ اقلیم برای عدس دیم شناسایی شدند که به ترتیب ۹۱ و ۸۹ درصد از کل سطح زیر کشت نخود و عدس دیم کشور را در بر می‌گیرند (جدول ۱).

(2018) صورت گرفت. این مدل توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، تأثیر خشکی هوا بر تولید ماده‌خشک، توزیع ماده‌خشک، تأثیر دماهای اکستریم (دماهای بالا و پایین) بر سطح برگ، تشکیل عملکرد و موازنه آب خاک را دارد. در مدل SSM-iCrop، فنولوژی براساس مفهوم روز بیولوژیک که بر مبنای دما، طول روز، بهاره‌سازی و اثر تنش خشکی محاسبه و شبیه‌سازی می‌شود (Soltani & Sinclair, 2011, 2012). مدل، واکنش سرعت نمو نسبی در هر گیاه به میانگین دمای روزانه را با استفاده از یک تابع دندان مانند^۱ توصیف می‌کند. پارامترهای مورد نیاز در این تابع شامل یک دمای پایه، دمای مطلوب تحتانی، دمای مطلوب فوقانی و دمای سقف می‌باشد. گیاهان برای رسیدن به هر یک از مراحل رشدی خود نیاز به مقادیر مشخصی از واحد دمایی تجمعی دارند که این مقادیر به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل SSM-iCrop2 جهت مدل‌سازی مراحل فنولوژیک گیاهان محسوب می‌شوند (Soltani & Sinclair, 2011, 2012). نتایج ارزیابی و پارامتریابی مدل SSM-iCrop برای نخود و عدس کشور حاکی از دقت قابل قبول مدل در کشور بود (Soltani et al., 2018). جزئیات کامل مدل در گزارش طرح (Soltani et al., 2018) بیان شده است.

۲.۴. عملکرد واقعی

برای محاسبه عملکرد واقعی در سطح کشور از داده‌های عملکرد شهرستانی جهاد کشاورزی برای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ استفاده شد (Statistics of the Ministry of Agriculture, 2000-2015). از آنجایی که بافرها بدون توجه به مرز بین استان‌ها و شهرستان‌ها تعیین شده است. از این‌رو، برای داده‌های عملکرد واقعی هر شهرستان داخل بافر با استفاده از میانگین وزنی به‌دست آمد (Espe et al., 2016).

$$y_k = \sum_{j=0}^n (\mu_j \times \frac{a_j}{a_k}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

1. Dent-like

میزان و چگونگی پراکنش خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران

از نظر بافر ایستگاه‌ها، ۲۰ بافر در ۱۱ اقلیم نخود و ۲۶ بافر در ۱۲ اقلیم عدس نیز به ترتیب ۸۱ و ۷۴ درصد از کل مناطق زیر کشت این دو محصول را پوشش می‌دهند (شکل ۱- الف و ب). این مقدار پوشش بسیار بزرگ‌تر از حد ۴۰ تا ۵۰ درصدی موردنظر در پروتکل گیگا است و می‌توان نتیجه گرفت که باعث افزایش دقت در تخمین خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران شد.

جدول ۱. میانگین عملکرد واقعی (YA، برحسب تن در هکتار)، عملکرد پتانسیل (YP، برحسب تن در هکتار)، خلأ عملکرد (YG، برحسب تن در هکتار)، خلأ عملکرد قابل حصول (AttYG، برحسب تن در هکتار)، عملکرد نسبی (RY، درصد) و مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد (SUMET، میلی‌متر) در اقلیم (DCZ) و بافرهای انتخابی (RWS) زیرکشت نخود دیم (الف) و عدس دیم (ب) در ایران از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴. DCZ نشان‌دهنده کد اقلیم‌هاست که عدد هزارگان این کد کلاس متغیر واحد دمایی در طول سال برحسب درجه روز رشد، عدد صدگان این کد کلاس شاخص خشکی سالیانه و عدد یکان این کد کلاس متغیر نوسانات دمایی فصلی یا انحراف معیار میانگین دمای ماهانه را نشان می‌دهد. NO شماره بافرها داخل شکل‌ها را نشان می‌دهد. AREA_{DCZ} (هکتار) و AREA_{RWS} (هکتار) به ترتیب مساحت داخل اقلیم و بافر است. اعداد داخل پراکنش درصد سطح زیر کشت نسبت به کل کشور و درصد ضریب تغییرات (CV%) را نشان می‌دهد.

الف) نخود

SUMET (mm)	RY (%)	AttYG (t/ha)	YG (t/ha)	YP (t/ha)	YA (t/ha)	AREA _{RWS} (ha)	AREA _{DCZ} (ha)	RWS	No	DCZ
۲۱۵ (۲۱/۷)	۴۲	۰/۴۱	۰/۶۲	۱/۰۷ (۲۲/۹)	۰/۴۵ (۱۰/۴)	۲۳۳۵۶ (۴/۷)	۳۳۷۱۱ (۶/۹)	تکاب	۱	۳۱۰۳
۱۳۰ (۳۵/۴)	۴۷	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۵۰ (۲۷/۱)	۰/۲۳ (۳۱/۱)	۵۹۹۴ (۱/۲)	۹۷۰۲ (۲/۰)	هزارکانیان	۲	۳۲۰۳
۲۶۰ (۱۶/۵)	۲۹	۱/۰۳	۱/۴۲	۲ (۲۸/۶)	۰/۵۷ (۲۰/۴)	۵۵۱۷ (۱/۱)	۲۷۶۱۲ (۵/۶)	الیگودرز	۳	۴۰۰۳
۲۰۴ (۲۳)	۴۵	۰/۳۶	۰/۵۶	۱/۰۱ (۳۵/۲)	۰/۴۵ (۲۵/۹)	۵۰۷۹ (۱)	۲۷۶۱۲ (۵/۶)	حاجی عرب	۴	۴۰۰۳
۱۵۷ (۲۴/۷)	۵۲	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۷۳ (۲۸/۳)	۰/۳۸ (۱۴)	۶۲۳۳ (۱/۳)	۲۷۶۱۲ (۵/۶)	کمیجان	۵	۴۰۰۳
۲۰۸ (۲۰)	۵۱	۰/۲۹	۰/۴۹	۱ (۳۳/۷)	۰/۵۲ (۱۵)	۵۹۹۹۱ (۱۲/۲)	۶۳۰۶۲ (۱۲/۸)	نهادند	۶	۴۱۰۲
۱۸۶ (۲۲/۵)	۲۸	۰/۶۳	۰/۸۸	۱/۲۲ (۳۰/۳)	۰/۳۴ (۱۲/۴)	۴۴۱۰۶ (۹)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	بیجار	۷	۴۱۰۳
۲۰۶ (۲۲/۵)	۳۴	۰/۵۹	۰/۸۵	۱/۱۳ (۲۱/۳)	۰/۴۴ (۲۹/۵)	۶۳۶۲ (۱/۳)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	ارومیه	۸	۴۱۰۳
۱۶۷ (۲۷/۹)	۴۵	۰/۳۹	۰/۶۲	۱/۱۴ (۳۰/۹)	۰/۵۲ (۴۷/۹)	۹۶۱۸ (۲)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	ماه‌نشان	۹	۴۱۰۳
۲۰۳ (۲۳/۷)	۳۷	۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۸۷ (۳۰/۶)	۰/۳۲ (۲۷/۶)	۲۲۹۹۴ (۴/۷)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	سقر	۱۰	۴۱۰۳
۱۹۹ (۲۶/۸)	۴۱	۰/۳۹	۰/۶۰	۱ (۳۵/۱)	۰/۴۱ (۲۸/۹)	۵۸۴۴۴ (۱۱/۹)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	کرمانشاه	۱۱	۴۱۰۳
۱۷۶ (۲۴/۱)	۴۹	۰/۳۶	۰/۵۹	۱/۱۴ (۲۵/۶)	۰/۵۶ (۴۳/۵)	۹۲۳۴ (۱/۹)	۱۶۲۸۷۲ (۳۳/۱)	مراغه	۱۲	۴۱۰۳
۱۶۸ (۲۵/۵)	۳۲	۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۹۰ (۴۰/۱)	۰/۲۹ (۲۴/۸)	۱۶۵۱۷ (۳/۴)	۲۶۰۷۷ (۵/۳)	مهاباد	۱۳	۴۲۰۳
۲۲۸ (۲۴/۹)	۴۶	۰/۴۶	۰/۷۳	۱/۳۶ (۲۳/۷)	۰/۶۳ (۲۸/۳)	۶۳۴۶ (۱/۳)	۲۶۰۷۷ (۵/۳)	پیرانشهر	۱۴	۴۲۰۳
۱۷۳ (۲۳/۶)	۴۳	۰/۳۵	۰/۵۳	۰/۹۲ (۴۳/۲)	۰/۳۹ (۱۶/۹)	۸۹۹۹ (۱/۸)	۹۴۱۹ (۱/۹)	بانه	۱۵	۴۳۰۳
۲۲۷ (۱۷/۶)	۴۸	۰/۳۱	۰/۵۰	۰/۹۶ (۲۸/۵)	۰/۴۶ (۲۷/۲)	۵۶۵۷۰ (۱۱/۵)	۷۲۱۱۷ (۱۴/۷)	اسلام آباد غرب	۱۶	۵۱۰۳
۱۹۰ (۱۵/۸)	۴۶	۰/۳۶	۰/۵۷	۱/۰۷ (۳۴/۹)	۰/۴۹ (۲۲/۵)	۱۵۵۴۷ (۳/۲)	۷۲۱۱۷ (۱۴/۷)	خرم آباد	۱۷	۵۱۰۳
۱۹۹ (۲۰/۵)	۴۳	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۹۹ (۳۵/۱)	۰/۴۳ (۳۱/۳)	۲۲۲۸۳ (۴/۵)	۲۲۲۸۳ (۴/۵)	روانسر	۱۸	۵۲۰۳
۱۵۵ (۲۸/۲)	۳۷	۰/۵۴	۰/۷۹	۱/۲۵ (۳۷/۶)	۰/۴۶ (۳۶/۳)	۱۲۲۶۹ (۲/۵)	۱۳۹۴۷ (۲/۸)	پلدختر	۱۹	۶۰۰۳
۱۶۵ (۳۰/۸)	۴۵	۰/۳۷	۰/۵۸	۱/۰۴ (۵۲/۹)	۰/۴۶ (۳۲/۶)	۵۲۰۹ (۱/۱)	۷۴۷۴ (۱/۵)	سر پل ذهاب	۲۰	۶۱۰۳
۱۹۹ (۲۲/۷)	۴۲	۰/۴۰	۰/۶۱	۱/۰۴ (۳۲/۱)	۰/۴۳ (۲۳/۸)	۴۰۰۶۶۸ (۸۱/۴)	۴۴۸۲۷۶ (۹۱/۱)	میانگین وزنی	-	-

ادامه جدول ۱. میانگین عملکرد واقعی (YA، برحسب تن در هکتار)، عملکرد پتانسیل (YP، برحسب تن در هکتار)، خلأ عملکرد (YG، برحسب تن در هکتار)، خلأ عملکرد (AttYG، برحسب تن در هکتار)، عملکرد قابل حصول (AttYG، برحسب تن در هکتار)، عملکرد نسبی (RY، درصد) و مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد (SUMET، میلی متر) در اقلیم (DCZ) و بافرهای انتخابی (RWS) زیرکشت نخود دیم (الف) و عدس دیم (ب) در ایران از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴. DCZ نشان دهنده کد اقلیم هاست که عدد هزارگان این کد کلاس متغیر واحد دمایی در طول سال برحسب درجه روز رشد، عدد صدگان این کد کلاس شاخص خشکی سالیانه و عدد یکان این کد کلاس متغیر نوسانات دمایی فصلی یا انحراف معیار میانگین دمای ماهانه را نشان می دهد. NO شماره بافرها داخل شکل ها را نشان می دهد. AREA_{DCZ} (هکتار) و AREA_{RWS} (هکتار) به ترتیب مساحت داخل اقلیم و بافر است. اعداد داخل پرانتز درصد سطح زیر کشت نسبت به کل کشور و درصد ضریب تغییرات (CV%) را نشان می دهد.

ب) عدس

SUMET (mm)	RY (%)	AttYG (t/ha)	YG (t/ha)	YP (t/ha)	YA (t/ha)	AREA _{RWS} (ha)	AREA _{DCZ} (ha)	RWS	No	DCZ
۲۰۶ (۲۰)	۳۲	۰/۶۴	۰/۹۱	۱/۳۳ (۱۷/۶)	۰/۴۲ (۲۴/۱)	۱۷۶۴ (۱/۴)	۱۵۸۶۸ (۱۲/۵)	ماسوله	۱	۳۱۰۲
۲۰۹ (۱۶/۹)	۳۷	۰/۶۰	۰/۸۷	۱/۳۹ (۱۸/۶)	۰/۵۱ (۱۴/۸)	۱۳۵۶۸ (۱۰/۷)	۱۵۸۶۸ (۱۲/۵)	سرعین	۲	۳۱۰۲
۲۶۳ (۱۱/۳)	۳۲	۰/۷۱	۱/۰۱	۱/۴۸ (۱۵/۵)	۰/۴۷ (۳۸)	۱۴۲۰ (۱/۱)	۱۰۶۰۵ (۸/۳)	بستان آباد	۳	۳۱۰۳
۲۱۰ (۱۶/۷)	۳۲	۰/۵۲	۰/۷۴	۱/۰۸ (۱۹/۷)	۰/۳۴ (۳۲/۳)	۳۴۵۷ (۲/۷)	۱۰۶۰۵ (۸/۳)	زنجان	۴	۳۱۰۳
۱۸۳ (۱۷/۷)	۴۵	۰/۳۹	۰/۶۰	۱/۱۰ (۳۰/۲)	۰/۴۹ (۲۶/۶)	۱۸۳۹ (۱/۵)	۲۲۸۹ (۱/۸)	کلپیر	۵	۳۲۰۲
۲۲۰ (۲۰)	۴۷	۰/۳۸	۰/۶۲	۱/۱۷ (۱۸/۹)	۰/۵۶ (۲۳/۲)	۲۱۲۷ (۱/۷)	۱۹۲۲۴ (۱۵/۱)	الیگودرز	۶	۴۰۰۳
۱۶۳ (۱۸/۲)	۳۹	۰/۳۰	۰/۴۴	۰/۷۳ (۳۶/۲)	۰/۲۹ (۲۷/۷)	۳۱۷۸ (۲/۵)	۱۹۲۲۴ (۱۵/۱)	قزوین	۷	۴۰۰۳
۱۶۰ (۱۹)	۳۹	۰/۳۲	۰/۴۸	۰/۷۹ (۳۲/۷)	۰/۳۱ (۲۸/۹)	۱۸۳۴ (۱/۴)	۱۹۲۲۴ (۱۵/۱)	قوچان	۸	۴۰۰۳
۱۸۵۶ (۱۲/۱)	۴۱	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۹۴ (۲۳/۸)	۰/۳۹ (۲۴/۵)	۵۴۳۷ (۴/۳)	۱۹۲۲۴ (۱۵/۱)	مانه و سملقان	۹	۴۰۰۳
۱۵۶۰ (۳۵/۸)	۴۸	۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۸۲ (۳۲/۵)	۰/۳۹ (۴۲/۲)	۲۳۳۷ (۱/۹)	۱۹۲۲۴ (۱۵/۱)	غرق آباد	۱۰	۴۰۰۳
۱۷۴ (۲۶/۵)	۳۵	۰/۴۸	۰/۷۰	۱/۰۷ (۲۱/۵)	۰/۳۸ (۴۰/۳)	۱۲۵۶۸ (۹/۹)	۱۹۴۷۶ (۱۵/۳)	میانه	۱۱	۴۱۰۲
۳۱۹ (۱۷/۹)	۳۴	۰/۶۸	۰/۹۸	۱/۴۹ (۲۱/۵)	۰/۵۱ (۱۵/۱)	۳۷۸۷ (۳)	۱۹۴۷۶ (۱۵/۳)	نهادوند	۱۲	۴۱۰۲
۲۰۲ (۲۶/۷)	۴۱	۰/۴۸	۰/۷۲	۱/۲۲ (۱۸)	۰/۵۰ (۱۴/۴)	۳۰۵۲ (۲/۴)	۱۹۴۷۶ (۱۵/۳)	اردبیل	۱۳	۴۱۰۲
۱۲۸ (۲۰)	۴۲	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۷۳ (۲۱/۸)	۰/۳۰ (۲۸/۸)	۱۸۱۸ (۱/۴)	۱۸۱۰۵ (۱۴/۲)	بیجار	۱۴	۴۱۰۳
۱۶۱ (۱۵/۹)	۴۴	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۹۱ (۲۴/۳)	۰/۴۰ (۴۱/۶)	۸۸۳۹ (۷)	۱۸۱۰۵ (۱۴/۲)	ماهانشان	۱۵	۴۱۰۳
۲۴۶ (۲۶/۵)	۳۹	۰/۴۵	۰/۶۷	۱/۱۱ (۲۷/۱)	۰/۴۴ (۲۶/۱)	۲۴۸۳ (۲)	۱۸۱۰۵ (۱۴/۲)	کرمانشاه	۱۶	۴۱۰۳
۱۹۱ (۲۵/۵)	۳۸	۰/۵۰	۰/۷۴	۱/۱۸ (۲۹/۱)	۰/۴۵ (۳۰/۷)	۲۸۲۰ (۲/۲)	۱۸۱۰۵ (۱۴/۲)	تبریز	۱۷	۴۱۰۳
۱۸۳ (۱۶)	۳۳	۰/۷۶	۱/۰۸	۱/۶۲ (۷/۶)	۰/۵۴ (۲۳/۱)	۵۸۰۸ (۴/۶)	۶۳۳۲ (۵/۰)	گرمی	۱۸	۴۲۰۲
۱۳۷ (۲۲/۸)	۴۱	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۹۵ (۱۹/۴)	۰/۳۹ (۲۲/۶)	۱۵۰۴ (۱/۲)	۸۵۰۲ (۶/۷)	جاجرم	۱۹	۵۰۰۳
۴۲۰ (۱۴/۳)	۴۴	۰/۶۵	۱/۰۲	۱/۸۱ (۱۰/۲)	۰/۷۹ (۲۸/۳)	۴۰۹۵ (۳/۲)	۸۵۰۲ (۶/۷)	یاسوج	۲۰	۵۰۰۳
۲۹۳ (۲۳/۷)	۴۴	۰/۴۲	۰/۶۵	۱/۱۶ (۳۴/۹)	۰/۵۱ (۲۴/۳)	۲۲۷۰ (۱/۸)	۴۵۶۰ (۳/۶)	اسلام آباد غرب	۲۱	۵۱۰۳
۱۹۰ (۲۳)	۴۲	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۹۸ (۲۵/۶)	۰/۴۲ (۲۶/۶)	۲۱۶۰ (۱/۷)	۴۵۶۰ (۳/۶)	خرم آباد	۲۲	۵۱۰۳
۱۹۱ (۲۱/۴)	۴۹	۰/۴۲	۰/۶۹	۱/۳۴ (۱۷/۶)	۰/۶۵ (۴۷/۴)	۱۷۸۱ (۱/۴)	۱۷۸۴ (۱/۴)	بیله سوار	۲۳	۵۲۰۲
۲۱۶ (۲۳/۳)	۳۸	۰/۵۶	۰/۸۳	۱/۳۴ (۹/۱)	۰/۵۲ (۳۵/۴)	۱۲۷۱ (۱)	۴۸۸۲ (۳/۸)	دوگنبدان	۲۴	۶۰۰۳
۱۵۱ (۱۳/۹)	۴۶	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۹۷ (۲۳/۸)	۰/۴۵ (۳۳/۹)	۲۴۴۰ (۱/۹)	۴۸۸۲ (۳/۸)	پلدختر	۲۵	۶۰۰۳
۱۳۰ (۲۱/۳)	۴۶	۰/۲۸	۰/۴۵	۰/۸۲ (۱۸/۶)	۰/۳۸ (۵۰/۶)	۱۴۲۸ (۱/۱)	۲۰۰۶ (۱/۶)	سرقاینات	۲۶	۷۰۰۲
۲۰۳ (۱۹/۸)	۳۹	۰/۴۵	۰/۷۲	۱/۱۷ (۲۳/۲)	۰/۴۵ (۲۸/۱)	۹۵۰۸۵ (۷۴/۸)	۱۱۳۶۳۳ (۸۹/۳)	میانگین وزنی	-	-

کل کشور برای نخود و عدس برقرار است. در نتیجه روش درشت‌مقیاس‌نمایی کارایی خوبی دارد.

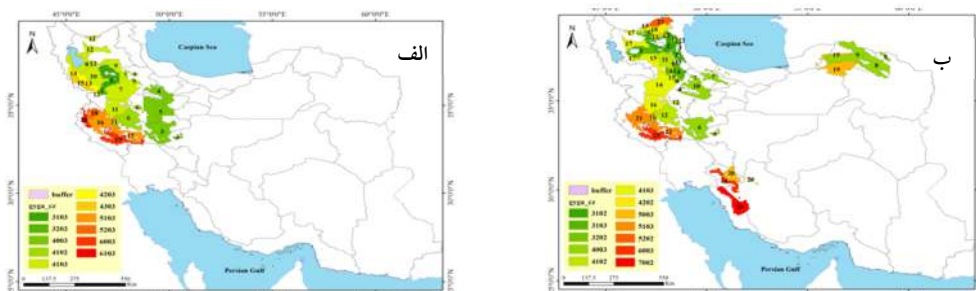
براساس پروتکل گیگا عملکرد واقعی در سطح کشور برای نخود ۰/۴۳ تن در هکتار و عملکرد پتانسیل نیز ۱/۰۴ تن در هکتار حاصل شد و برای عدس نیز عملکرد واقعی ۰/۴۵ تن در هکتار و عملکرد پتانسیل نیز ۱/۱۷ تن در هکتار در سطح کشور به‌دست آمد (جدول ۱). خلأ عملکرد در سطح کشور نیز به‌ترتیب برای نخود و عدس ۰/۶۱ و ۰/۷۲ تن در هکتار می‌باشد عملکرد نسبی نیز برای نخود و عدس در سطح کشوری به‌ترتیب ۴۲ و ۳۹ درصد به‌دست آمد.

مناطق اصلی کشت نخود به بخش‌های غرب و شمال‌غرب کشور محدود شده است و مناطق اصلی کشت عدس نیز در قسمت‌های شمال‌شرقی، شمال‌غربی، غرب و جنوب‌غربی کشور واقع شده است (شکل ۳). در این مناطق مقدار عملکرد واقعی بین ۰/۲۳ تا ۰/۶۳ تن در هکتار برای نخود و ۰/۲۹ تا ۰/۷۹ تن در هکتار برای عدس دامنه دارد (جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد واقعی نخود (۰/۵۲ تن در هکتار) در اقلیم ۱۰۲ با سطح زیر کشت ۱۳ درصد از کل کشور در استان همدان گزارش شده است. در صورتی‌که بیش‌ترین عملکرد واقعی (۰/۶۳ تن در هکتار) در بافر پیرانشهر در آذربایجان‌غربی در اقلیم ۲۰۲ ثبت شده است.

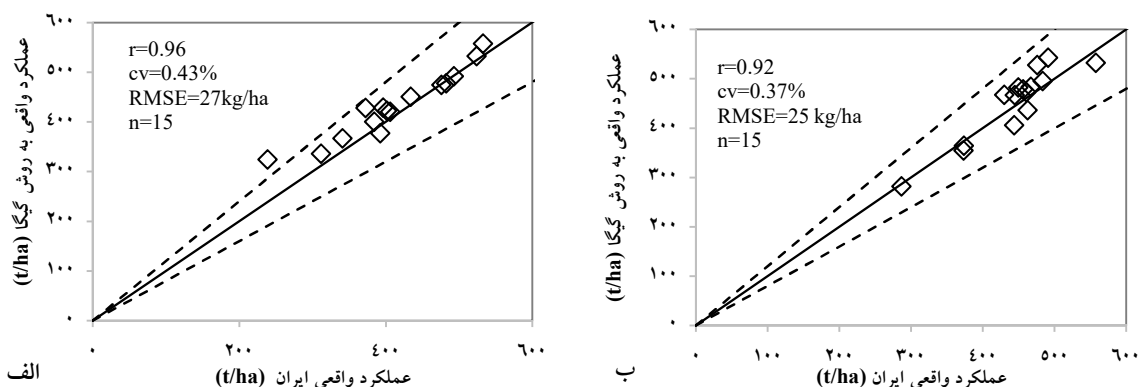
همان‌گونه که در جدول (۱) بیان شده است، اصلی‌ترین اقلیم که بیش‌ترین سطح زیرکشت نخود و عدس را به‌خود اختصاص داده است به‌ترتیب اقلیم‌ها با کد ۴۱۰۳ و ۴۱۰۲ (عدد هزارگان این کد، کلاس متغیر واحد دمایی، عدد صدگان این کد، کلاس شاخص خشکی و عدد یکان این کد، کلاس متغیر نوسانات دمایی فصلی را نشان می‌دهد) می‌باشد، که به‌ترتیب دارای ۶ و ۳ ایستگاه هواشناسی به مساحت حدود ۱۶۲۸۷۲ و ۱۹۴۷۶ هکتار می‌باشد. سهم هر یک از اقلیم‌ها از میزان اراضی نخود و عدس کشور و تعداد ایستگاه‌های هواشناسی درون هر اقلیم در جدول (۱) بیان شده است. توزیع مکانی اقلیم‌های انتخابی (DCZ) نیز در شکل (۱) نشان داده شده است.

۲.۳. بررسی عملکرد و خلأ عملکرد در کشور

یک پارامتر بسیار مهم برای محاسبه خلأ عملکرد، داده‌های عملکرد واقعی است که با روش درشت‌مقیاس‌نمایی از سطح محلی به سطح کشور تعمیم داده شده است. برای پی‌بردن به درستی این روش، داده‌های حاصل از این روش را با میانگین عملکرد واقعی نخود و عدس به‌دست‌آمده از آمار جهاد کشاورزی کل کشور، مقایسه شد (شکل ۲)؛ این رابطه در



شکل ۱. الف) یازده دامنه آب‌وهوایی برون‌یابی شده براساس پروتکل گیگا GYGA-ED در مناطق اصلی کشت نخود در ایران به‌علاوه ۲۰ بافر مشخص شده در اقلیم‌ها، ب) ۱۲ دامنه آب‌وهوایی برون‌یابی شده براساس پروتکل گیگا GYGA-ED در مناطق اصلی کشت عدس در ایران به‌علاوه ۲۶ بافر مشخص شده در اقلیم‌ها می‌باشد (شماره روی هر بافر نشان‌دهنده ایستگاه‌های هواشناسی انتخابی است که در قالب جدول (۱) ارائه شده است).

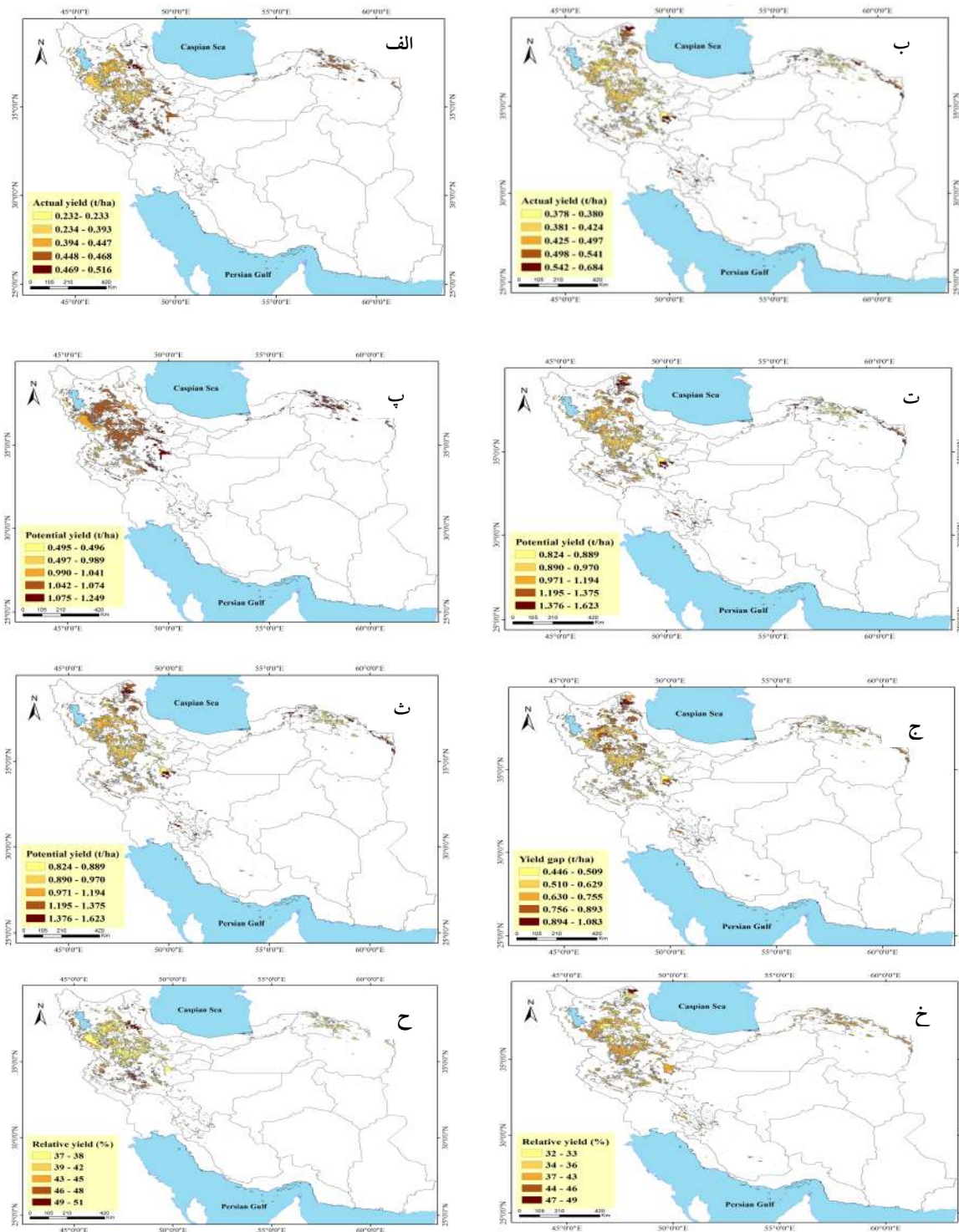


شکل ۲. متوسط عملکرد کشاورز (عملکرد واقعی) در کشور که با پروتکل گیگا درشت‌مقیاس‌نمایی شده در مقابل متوسط کشوری گزارش شده توسط وزارت جهاد کشاورزی برای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ برای نخود دیم (الف) و عدس دیم (ب). خط ۱:۱ و خطوط انحراف ۲۰ درصد نیز در شکل درج شده‌اند، میزان درجه رابطه خطی بین نقاط با ضریب همبستگی (r)، میانگین خطای مربعات (RMSE) و ضریب تغییرات (CV) نشان داده شده است.

پتانسیل (۱/۲۵ تن در هکتار) برای نخود در اقلیم ۶۰۰۳ با سطح زیر کشت ۳ درصد از کل کشور در بافر پلدختر استان لرستان به‌دست آمد. در بافر الیگودرز استان لرستان در اقلیم ۴۰۰۳ نیز بیش‌ترین عملکرد پتانسیل حاصل شد ولی دیگر بافرها (حاجی‌عرب در استان قزوین و کیمجان در استان مرکزی) در همان اقلیم عملکرد پتانسیل پایینی به‌دست آمد که با بررسی صورت‌گرفته نشان داد بافت خاک و هم‌چنین ضریب نگهداری آب خاک در این مناطق با هم متفاوت است که باعث اختلاف عملکرد پتانسیل شده است. بیش‌ترین عملکرد پتانسیل در شرایط دیم (۱/۶۲ تن در هکتار) برای عدس در اقلیم ۴۲۰۲ با سطح زیر کشت ۵ درصد از کل کشور در بافر گرمی استان اردبیل به‌دست آمد. بافر یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد در اقلیم ۵۰۰۳ دارای بالاترین عملکرد پتانسیل (۱/۸۱ تن در هکتار) بود و اختلاف آن با بافر جاجرم در همان اقلیم به تفاوت در اعمال مدیریت برمی‌گردد. در نقشه نتایج جمع‌آوری‌شده از اقلیم‌های انتخابی برای نخود و عدس کشور (شکل ۳) نشان داد که تا حدودی عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل توزیع یکسانی را دنبال می‌کنند.

نکته جالب‌توجه این است که بافر مهاباد در استان آذربایجان‌غربی در همان اقلیم، دارای کم‌ترین عملکرد واقعی بود و علت آن به نوع خاک منطقه بر می‌گردد که در منطقه مهاباد بافت خاک لومی با عمق خاک ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. در عدس نیز بیش‌ترین عملکرد واقعی (۰/۶۸ تن در هکتار) در اقلیم ۵۰۰۳ با سطح زیر کشت ۷ درصد از کل کشور شامل بافر یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد و جاجرم در استان خراسان شمالی بود. بافر جاجرم در استان خراسان شمالی که در این اقلیم واقع شده است دارای کم‌ترین میانگین عملکرد واقعی (۰/۳۹ تن در هکتار) بود بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که خاک و اقلیم دو منطقه با یکدیگر یکسان است و آنچه که باعث اختلاف عملکرد در این دو منطقه شده، اعمال مدیریت کشاورز است که در بافر یاسوج، کشاورز توانسته با کشت زودتر (کشت در اواسط آبان ماه) و استفاده بیش‌تر از طول فصل رشد و بارندگی در اوایل فصل رشد، عملکرد واقعی خود را بالاتر ببرد. مقدار عملکرد پتانسیل در دامنه بین ۰/۵ تا ۱/۲۵ تن در هکتار برای نخود و ۰/۷۳ تا ۱/۶۲ تن در هکتار برای عدس در اقلیم‌های مورد بررسی به‌دست آمد. بیش‌ترین عملکرد

میزان و چگونگی پراکنش خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران



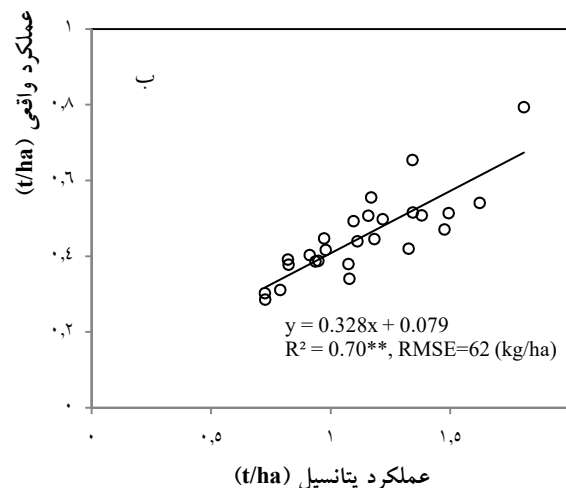
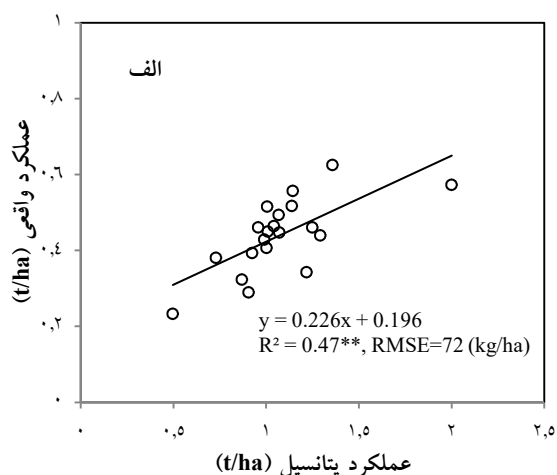
شکل ۳. پهنه‌بندی عملکرد واقعی (تن در هکتار) نخود دیم (الف) و عدس دیم (ب)، عملکرد پتانسیل (تن در هکتار) نخود دیم (ب) و عدس دیم (ت)، خلأ عملکرد (تن در هکتار) نخود دیم (ث) و عدس دیم (ج) و عملکرد نسبی (%). نخود دیم (ح) و عدس دیم (خ) در اراضی داخل مناطق اقلیمی اصلی کشور. خطوط نیز مرزهای استان‌های ایران را نشان می‌دهد.

و برای عدس در ۲۶ ایستگاه بین ۱۲۸ تا ۴۲۰ میلی‌متر در طی ۱۵ سال (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴) بود که دامنه تغییرات (CV) آن برای نخود بین ۱۶ تا ۳۵ درصد و برای عدس بین ۱۱ تا ۳۶ درصد بود (جدول ۱). عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل هر دو رابطه معنی‌داری با میانگین تبخیر و تعرق تجمعی در نخود و عدس دیم دارد (شکل ۵-الف و ب). رابطه بین خلاً عملکرد با مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد در هر دو گیاه مثبت و معنی‌دار بود، ولی رابطه عملکرد نسبی با میانگین تبخیر و تعرق در طول فصل رشد در هر دو گیاه معنی‌دار نبود (شکل ۵-پ و ت). این نتایج به‌طور قطعی نشان می‌دهد که عملکرد و خلاً عملکرد به‌شدت تحت تأثیر تبخیر و تعرق و در نتیجه باران مؤثر در طول دوره رشد گیاه قرار دارند. این همبستگی منفی بین عملکرد نسبی با تبخیر و تعرق تجمعی نشان می‌دهد، کشاورزان در محیط‌های کم‌باران که میزان تبخیر و تعرق تجمعی در آن کم‌تر است بیش‌تر به عملکرد پتانسیل منطقه خود نزدیک‌تر می‌شوند تا کشاورزانی که در مناطق پر باران قرار دارند.

مناطقی که عملکرد پایین‌تر دارند در مناطق سرد و کم‌باران واقع شده است. که به‌اصطلاح این مناطق را مناطق کم‌بازده می‌نامند. در مناطقی که تولید کم‌تر شد، خلاً کم‌تری حاصل شد. در مقابل عملکرد نسبی بالاتری به‌دست آمد. مقدار عملکرد واقعی ارتباط مستقیمی با مقدار عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده دارد (شکل ۴). شیب خط رگرسیون نشان می‌دهد خلاً عملکرد به‌دلیل افزایش عملکرد پتانسیل، افزایش یافته است. عرض از مبدأ بیش‌تر از صفر نشان می‌دهد در بافرهایی که عملکرد پتانسیل آن بالاست، عملکرد نسبی پایینی دارند (Gobbett et al., 2017).

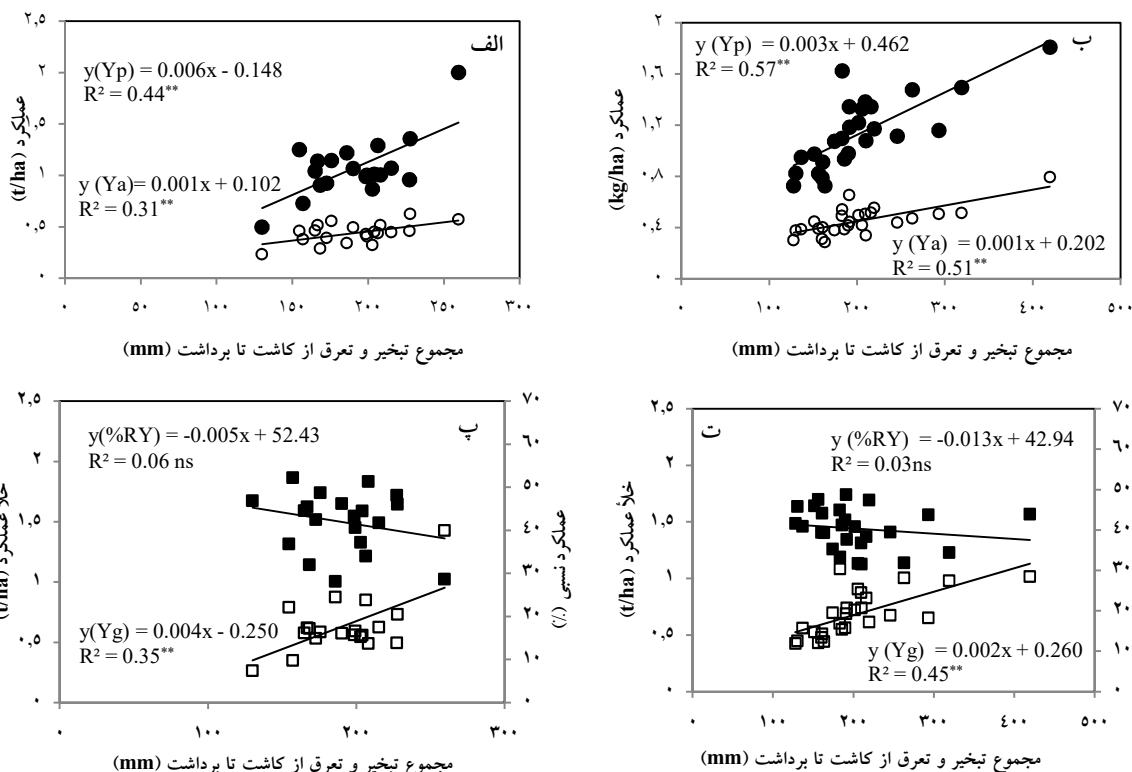
۳.۳ همبستگی بین خلاً عملکرد با تبخیر و تعرق گیاه در طول فصل رشد در بافرها

در شرایط دیم مهم‌ترین عامل در ایجاد محدودیت برای عملکرد، بارندگی می‌باشد. میانگین تبخیر و تعرق در طول فصل رشد بهترین پارامتر برای نشان‌دادن میزان تأثیر بارندگی در گیاه است. میانگین تبخیر و تعرق در طول فصل رشد در ۲۰ ایستگاه نخود بین ۱۳۰ تا ۲۶۰ میلی‌متر



شکل ۴. ارتباط بین میانگین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل در شرایط دیم در تمامی ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب‌شده برای نخود (الف) و عدس (ب). معادله خط در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

میزان و چگونگی پراکنش خلأ عملکرد نخود و عدس دیم در ایران



شکل ۵. رابطه بین میانگین عملکرد واقعی (Ya, ○) و پتانسیل (Yp, ●) با مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد نخود (الف) و عدس (ب) و رابطه بین خلأ عملکرد (Yg, □) و عملکرد نسبی (RY, ■) با مجموع تبخیر و تعرق در طول فصل رشد نخود (پ) و عدس (ت) در طول دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴.

HC27 استفاده شد، که ارزیابی این بانک خاک برای شرایط ایران با همین مدل SSM نشان داده است که اطلاعات این بانک خاک برای ایران قابل قبول می‌باشد (Nehbandani et al., 2019 Not published). محاسبه پتانسیل عملکرد با استفاده از مدل SSM (Soltani & Sinclair, 2012) انجام شد که این مدل برای اکثر گیاهان در کل کشور ارزیابی و پارامتریابی شده است (Soltani et al., 2018)، از این رو، دارای اعتبار می‌باشد. مقایسه داده‌های عملکرد واقعی به دست آمده از وزارت جهاد کشاورزی با داده‌های حاصل از روش پروتکل گیگا با روش درشت مقیاس‌نمایی، نشان داد که این داده‌ها نزدیک به یکدیگر می‌باشند. این ارتباط نشان می‌دهد که روش

۴. بحث

مطالعه حاضر اولین بار است که از یک پروتکل جهانی دارای ثبات برای ارزیابی خلأ عملکرد نخود و عدس در ایران استفاده می‌کند. پروتکل گیگا از یک رویکرد تنظیم شده برای انتخاب داده‌ها استفاده می‌کند. به این صورت که، با انتخاب بهترین داده‌های موجود در هر منطقه، به روش درشت مقیاس‌نمایی از سطح منطقه به کل کشور تعمیم می‌دهد. انتظار می‌رود داده‌های عملکرد واقعی که از وزارت جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده است از کیفیت خوبی برخوردار باشند. همچنین داده‌های هواشناسی نیز از سازمان هواشناسی کشور تهیه شده که دارای کیفیت بالایی است و اطلاعات خاک نیز از نقشه

کشت نخود و عدس دیم در ایران برای دست‌یابی به ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل باشد، در این صورت تولیدات نخود و عدس در حدود ۱۶۰ و ۴۳ هزار تن افزایش می‌یابد (حاصل‌ضرب سطح زیرکشت کل کشور در خلأ عملکرد قابل‌حصول، جدول ۱). بر طبق آمار واردات و صادرات کشور در سال ۱۳۹۳ میزان واردات نخود ۱۳/۵۳ هزار تن در سال می‌باشد این مقدار اضافی تولیدات نه تنها از خروج ارز از کشور جلوگیری می‌کند، بلکه کشور ما برای دست‌یابی به امنیت غذایی در جهان و منطقه کمک برجسته‌ای می‌کند.

یک چالش مهم این است که بتوان مکان‌هایی در کشور که بیش‌ترین عملکرد با حدود اطمینان مناسب وجود دارند، را شناسایی کرد. شیب خط رگرسیون بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل نشان می‌دهد عملکرد واقعی خیلی کم‌تر از عملکرد پتانسیل می‌باشد و خلأ عملکرد حاصله به دلیل کم‌بودن عملکرد واقعی است. تجزیه و تحلیل فعلی هم‌چنین نشان داد که عملکرد پتانسیل برآورد دقیقی از عملکرد واقعی در مکان و در زمان دارد. در مناطقی که عملکرد پتانسیل پایین و ضریب تغییرات (CV) آن زیاد است، عملکرد نسبی بیش‌تر شده است، ممکن است در مناطقی که ضریب تغییرات عملکرد بالاست، فاکتورهای مختلفی اثر گذاشته باشند. در مناطقی که عملکرد پتانسیل پایین است، ممکن است کشاورزان با اعمال متوسطی از تصمیم‌های دقیق مدیریتی به عملکرد پتانسیل منطقه نزدیک شوند. ولی در مناطقی که عملکرد پتانسیل بالاست مشکلات علف‌های هرز، آفات، بیماری‌ها و آب‌گرفتگی بیش‌تر است، از این‌رو هزینه‌ها و ریسک تولید بالا می‌رود. هم‌چنین در این شرایط ممکن است کشاورزان از عملکردهای حاصله رضایت داشته باشند. با این وجود، در جایی که عملکرد پتانسیل بالا است، با کاهش خلأ عملکرد، سود حاصله از عملکرد بالاتر است.

درشت‌مقیاس‌نمایی گیگا در این مطالعه دارای اعتبار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که عدم قطعیت در یافته‌های این پژوهش در حد کم تا متوسط باشد.

نتایج و تجزیه و تحلیل این مطالعه نشان داد که خلأ عملکرد در سطح کشور در حدود ۰/۶۱ تن در هکتار برای نخود و ۰/۷۲ تن در هکتار برای عدس می‌باشد. عملکرد نسبی ۴۲ و ۳۹ درصد به‌ترتیب برای نخود و عدس بیان‌کننده این است که کشاورزان ایران کم‌تر از نیمی از پتانسیل مناطق خود را برداشت می‌کنند. این برآورد با دیگر مطالعات صورت‌گرفته در ایران روی نخود مطابقت می‌کند. به‌طوری‌که، Soltani et al. (2016) نیز بیان داشتند درصد عملکرد نسبی در ایران به‌طور میانگین ۵۳ درصد (دامنه ۳۸-۶۴ درصد) می‌باشد و روش‌های نادرست در تهیه بستر و کاشت بذر، مدیریت نادرست در استفاده از آب خاک، عدم کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، کمبود عناصر غذایی خاک را علت‌های پایین‌بودن عملکرد کشاورز و بالابودن خلأ عملکرد دانستند. Rassam & Soltani (2007) نیز اظهار داشتند که مقدار آب خاک در زمان کاشت، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نخود در شرایط دیم در مراغه است که به مدیریت بستگی دارد. خاک‌ورزی سنتی، با استفاده از گاو آهن و دیسک، هنوز هم در مناطق تولید نخود و عدس در ایران بسیار متداول است.

براساس تجربه محلی، پژوهش حاضر جایگزینی روش فعلی خاک‌ورزی سنتی با خاک‌ورزی حفاظتی و کشاورزی حفاظتی به‌همراه کشت زود هنگام، استفاده از کود و کنترل بهتر آفات را از عوامل اصلی در افزایش بهره‌وری عملکرد در نخود و عدس می‌داند. با این حال، سرمایه‌گذاری و یارانه‌های دولت لازم است تا ماشین‌آلات و تجهیزات موردنیاز در اختیار کشاورزان قرار گیرد.

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اگر کل سطح زیر

خاک منطقه و مدیریت کشاورز می‌باشد. نتایج خلأ عملکرد نشان داد مناطقی که عملکرد پایین‌تری داشتند، خلأ عملکرد کم‌تری حاصل شد. در مقابل عملکرد نسبی بیش‌تر بود. براساس پروتکل گیگا، خلأ عملکرد در سطح کشور برای نخود و عدس ۰/۶۱ و ۰/۷۲ (تن در هکتار) به‌دست آمد. عملکرد نسبی نیز به‌ترتیب ۴۲ و ۳۹ درصد به‌دست آمد. نتیجه‌گیری‌های صورت‌گرفته نشان داد مکان‌هایی که بارندگی بیش‌تری دارند، تولیدات آن منطقه بیش‌تر توسط مدیریت محدود می‌شود و می‌توان با بهبود مدیریت، عملکرد را افزایش داد.

۶. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشور در طول انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

- Bhatia, V., Singh, P., Wani, S., Chauhan, G., Rao, A.K., Mishra, A., & Srinivas, K. (2008). Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(8), 1252-1265.
- Espe, M.B., Gassman, K.G., Yang, H., Guilpart, N., Grassini, P., Van. Wart, J., Anders, M., Beighley, D., Harrell, D., Linscombe, S., McKenzie, K., Mutters, R., Wilson, L.T., & Linquist, B.A. (2016). Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. *Field Crops Research*, 196, 276-283.
- Fischer, R.A. (2015). Definitions and determination of crop yield, yield gaps, and of rates of change. *Field Crops Reserch*, 182, 9-18. .
- Gobbett, D.L., Hochman, Z., Horan, H., Navarro Garcia, J., Grassini, P., & Cassman, K.G., (2017). Yield gap analysis of rainfed wheat demonstrates local to global relevance. *The Journal of Agricultural Science*, 155(2), 282-299.

از این‌رو، می‌توان با شناسایی روش‌های مدیریتی صحیح، راهبردی برای پژوهش‌ها و تلاش‌های آینده در جهت کاهش خلأ عملکرد در سطح ایران و جهان ایجاد کرد. عملکرد واقعی و عملکرد نسبی هیچ‌کدام رابطه معنی‌داری با ضریب تغییرات تبخیر و تعرق تجمعی در مناطق مورد مطالعه نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است). بنابراین می‌توان گفت مدیریت محصولات زراعی نخود و عدس در ایران تحت تأثیر تغییرات میزان بارندگی قرار نمی‌گیرد و احتمالاً کشاورزانی که در مناطق با تغییرات آب‌وهوایی زیاد روبه‌رو هستند در تصمیم‌گیری‌های خود محافظه‌کار باشند و در نتیجه آن بازده کم‌تری در این مناطق رخ دهد. معمولاً گفته می‌شود که مدیریت در مناطق کم‌باران که ریسک کار و تغییرات آب‌وهوایی بالاست، یک چالش اساسی است (Whitbread *et al.*, 2015). تصمیم‌های فردی کشاورز در رابطه با ریسک‌های منطقه، عامل اصلی تعیین‌کننده خلأ عملکرد می‌باشد. ممکن است نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این باشد که در تمامی نقاط مورد مطالعه توزیع نامناسب بارندگی در طول فصل رشد عامل اصلی در تصمیم‌گیری‌های کشاورزان باشد، اما عوامل متغیر مهم دیگری نیز وجود دارد که بر تصمیم‌گیری کشاورزان تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، کشاورزانی که در مناطق پر بازده قرار دارند با عدم بهره‌برداری کامل از پتانسیل منطقه، سود اقتصادی خود را برای رسیدن زودتر به بازار بالاتر می‌برند. از طرفی دیگر، برخی کشاورزان ممکن است به‌منظور کاهش هزینه‌ها، راه‌کار کم‌نهاد را اتخاذ کنند و این منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Gobbett *et al.*, 2017).

۵. نتیجه‌گیری

نتایج بررسی برای هر دو گیاه نشان داد که تفاوت عملکرد در داخل اقلیم‌های مشابه مربوط به بافت، عمق

- Grassini, P., Eskridge, K. M., & Cassman, K. G. (2013). Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. *Nature Communications*, 2918, 1-11.
- Keating, B. A., Herrero, M., Carberry, P. S., Gardner, J., & Cole, M. B. (2014). Food wedges: framing the global food demand and supply challenge towards 2050. *Global Food Security*, 3, 125-132.
- Koo, J., & Dimes, J. (2010). HC27 Generic Soil Profile Database. Version 1, July. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Meghdadi, N., Soltani, A., Kamkar, B., & Hajarpoor, A. (2014). Agroecological zoning of Zanjan province for estimating yield potential and yield gap in dryland-base chickpea production systems. *Plant Production Research*, 21(3), 27-49. (In persian).
- Rassam, G., & Soltani, A. (2007). Optimizing chickpea production management under rainfed conditions using the Computer simulation. In: Proceeding of 2nd National Symposium of Organic Farming, Oct 17-18. University of agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan. Iran (In persian).
- Statistics of the Ministry of Agriculture. 2000-2015. Agricultural Statistics of the first period: crops. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy Minister of Planning and Economy, Bureau of Statistics and Information Technology. Retrieved from <https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/amarzeraei-j.pdf>
- Soltani, A., Hajjarpour, A., & Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*, 185, 21-30.
- Soltani, A., Nehbandani, A., Zeinali, A., Torabi, B., Zand, A., Ghasemi, S., Alasti, A., Dadrasi, A., Hoseani, R., Alimaghm, S.M., Zahed, M., Mohamad Zadeh, Z., Kamari, H., Arabameri, R., Fayazi, H., Rahban, S., Mohamadi, S & Keramat, S. (2018). *Providing a gap Atlas for the performance and potential of important crops In the country in present and future climates*. Gorgan. Sirang Press.
- Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y., & Rahemi-Karizaki, A. (2006). Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. *Field crops research*, 99(1), 14-23.
- Soltani, A., & Sinclair, T. R. (2012). *Modeling physiology of crop development, growth and yield*. CABI Publisher. 312 p.
- Soltani, A., & Sinclair, T.R. (2011). A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crops Research*, 124, 252-260.
- Van Bussel, L.G.J., Grassini, P., Van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H., Boogaard, H., de Groot, H., Saito, K., Cassman, K.G., & van Ittersum, M.K., (2015). From field to atlas: Upscaling of location- specific yield gap estimates. *Field Crops Research*, 177, 98-108. .
- Van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittone, P., & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance- A review. *Field Crops Research*, 143, 4-17.
- Van Wart, J., Kersebaum, K. C., Peng, S., Milner, M., & Cassman, K. G. (2013). Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*, 143, 34-43.
- Whitbread, A. M., Davoren, C. W., Gupta, V. V. S. R., Llewellyn, R., & Roget, D. (2015). Long-term cropping system studies support intensive and responsive cropping systems in the low-rainfall Australian Mallee. *Crop and Pasture Science*, 66, 553-565.