

## آنالیز خلاء عملکرد زیره سبز در ۹ منطقه از استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی با استفاده از رهیافت مدل سازی

بهنام کامکار، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، پرویز رضوانی مقدم<sup>۱</sup>

### چکیده

برای پرکردن خلاء عملکرد محصولات زراعی در نظام‌های کشاورزی سه مرحله وجود دارد. تعیین پتانسیل عملکرد، تعیین اختلاف بین پتانسیل عملکرد هر منطقه با عملکرد واقعی (خلاء عملکرد) و بهینه سازی نظام تولید در راستای کم کردن این خلاء سه گام اساسی در بهبود تولید نظام‌های کشاورزی به شمار می‌روند. در این مطالعه یک مدل ساده فرایندگرا برای تعیین پتانسیل عملکرد زیره سبز ساخته و با استفاده از داده‌های مستقل مزرعه‌ای مورد آزمون قرار گرفت. این مدل برای ۹ منطقه از استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و مرکزی، شامل بجنورد، قاین، مشهد، نیشابور، سبزوار، گناباد، فردوس، کاشمر و بیرجند اجرا و پتانسیل عملکرد گیاه برای این مناطق تعیین شد. سپس اطلاعات جمع‌آوری شده از ۲۲۸ مزرعه از مناطق مورد بررسی در همان سال جهت تعیین خلاء عملکرد مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که پتانسیل عملکرد در بین مناطق با شرایط اقلیمی متنوع بسیار متغیر بوده و میزان آن در مناطق سردتر و دارای مقدار تشعشع بالاتر بیشتر بود. خلاء عملکرد نیز تفاوت قابل توجهی در مناطق مختلف نشان داد و از ۲/۴۲ تن در هکتار در بجنورد تا ۰/۶۸ تن در هکتار در سبزوار متغیر بود. بر اساس نتایج به دست آمده حداکثر پتانسیل تولید دانه در این گیاه که مربوط به منطقه بجنورد بود، معادل ۳/۷ تن در هکتار تعیین گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده از مزارع مورد بررسی و نیز ارزیابی تاثیر تغییر تاریخ کاشت بر تولید پتانسیل این گیاه که از طریق آنالیز حساسیت مدل در محدوده تاریخ کاشت‌های معمول مناطق مورد بررسی انجام شد، نشان داد که عدم انتخاب تاریخ کاشت مطلوب یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد خلاء عملکرد این محصول در مناطق مختلف می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورتی که بتوان گزینه‌های مدیریتی درستی را در نظام‌های تولید این محصول به کار گرفت، می‌توان عملکرد این محصول را در برخی مناطق تا دو الی سه برابر افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: زیره سبز، پتانسیل عملکرد، خلاء عملکرد، مدل‌سازی.

### مقدمه

محیط‌های موجود نیز بر پیچیدگی‌های موجود می‌افزاید (۲۶). تعیین پتانسیل تولید یک گیاه تابعی از شرایط اقلیمی و پتانسیل‌های ژنتیکی گیاه است و ارزیابی توان‌مندی مناطق در به فعلیت رساندن پتانسیل‌های ژنتیکی گیاهان یکی از نکات مهم در برنامه‌ریزی‌های کلان در کشاورزی است، زیرا باید ابتدا قابلیت اراضی و خصوصیات درازمدت اقلیمی نواحی به نحوی باشد که امکان به فعلیت رسیدن قابلیت‌های بالقوه گیاه فراهم شود (۲۳). مدل‌های شبیه‌سازی از جمله تکنیک‌هایی هستند که با اهداف مختلفی نظیر انتخاب گیاه و رقم مناسب برای کاشت (۱۱ و ۱۹)، تعیین بهترین

بررسی تاثیر تک‌تک گزینه‌های مدیریتی به شکل جداگانه و طی چند سال نمی‌تواند راه‌حل مناسب و قابل‌تأملی در مطالعه تولید در نظام‌های کشاورزی باشد (۲۶). انجام این آزمایش‌ها در نواحی که خصوصیات اقلیمی متغیری دارند، هزینه‌بر و وقت‌گیر است (۳۵)، زیرا نیاز به تعداد نمونه کافی از ارقام، انواع خاک‌ها و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی دارد. از سویی در بسیاری از موارد این‌گونه تحقیقات نمی‌توانند تاثیر عوامل اقلیمی و تغییرات درازمدت آن‌ها را روی رفتار سیستم و تولید عملکرد نشان دهند. تنوع

۱- به ترتیب عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

گزینه‌های مدیریت زراعی (۱۹)، برآورد پتانسیل تولید مناطق (۲۷)، تعیین خط‌مشی‌های به‌نژادی ارقام (۲۱)، انتقال تکنولوژی (۳۰)، پهنه‌بندی اکولوژیک (۱۵)، پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم (۲۸ و ۳۴) و آنالیز خلاء عملکرد (۱۶، ۲۲ و ۳۱) ساخته و استفاده شده‌اند. از این مدل‌ها در تعیین پتانسیل عملکرد و آنالیز خلاء عملکرد گیاهان مختلفی نظیر گندم (۱۶)، برنج (۲۲ و ۳۱) و بادام‌زمینی (۱۴) استفاده شده است و به این شکل نیاز به تکرار آزمایش‌های زمان‌بر و هزینه‌بر برای ارزیابی اثر بسیاری از عوامل اقلیمی و مدیریتی در نظام‌های کشاورزی مرتفع شده است. از آن‌جا که به ندرت شاهد حصول پتانسیل عملکرد در مزارع هستیم و عملکرد واقعی کسری ۵ تا ۶۰ درصدی از پتانسیل عملکرد است (۲۴)، لذا یافتن راهکارهایی که بتوانند این فاصله را به حداقل تقلیل دهند، می‌تواند به تضمین اقتصادی نظام‌های کشاورزی کمک کند. پیش‌نیاز ارایه این راهکارها در بهینه‌سازی نظام‌های کاشت، تعیین خلاء عملکرد موجود است.

زیره سبز از محصولات زراعی مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود که علی‌رغم سطح زیر کشت قابل توجه، به دلیل منطقه‌ای بودن تحقیقات اندک و غیرمنسجمی روی جنبه‌های به‌زراعی آن صورت پذیرفته است. این گیاه از جمله گیاهان مهم دارویی و صادراتی کشور است و علاوه بر نقش دارویی و صادراتی، دارای خصوصیات است که جایگاه آن را در الگوی کاشت مناطق وسیعی از استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی تثبیت نموده است. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به فصل رشد کوتاه (۱۰۰ تا ۱۲۰ روزه)، نیاز آبی پایین، انطباق فصل رشد با فصل بارندگی مناطق خشک و نیمه خشک کشور، عدم تلاقی عملیات زراعی این محصول با سایر محصولات زراعی و تعادل در توزیع زمانی کار زارعین و ماشین‌آلات مورد نیاز و توجه اقتصادی بالا به ازای واحد آب مصرفی اشاره نمود (۵). بیشتر منابعی نیز که در مورد این گیاه وجود دارند به بررسی تغییرات عملکرد این گیاه با برخی از عملیات زراعی خاص نظیر آبیاری (۳ و ۴)، تاریخ کاشت (۳ و ۹) و علف‌های هرز (۵ و ۱۷) و یا بیماری‌های قارچی مربوط به این گیاه پرداخته‌اند و در زمینه امکان‌سنجی تولید این محصول در مناطق مختلف هیچ‌گونه تحقیقی صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه تعیین پتانسیل عملکرد زیره

سبز در مناطق مختلف با خصوصیات اقلیمی متنوع با استفاده از تکنیک مدل‌سازی و استفاده از خروجی‌های مدل در تعیین خلاء عملکرد این محصول در مناطق مورد مطالعه است. با توجه به این که بهینه‌سازی نظام‌های کاشت زیره سبز، که نیاز به پایش درازمدت تاثیر عوامل مختلف بر عملکرد و کمی‌سازی تاثیر آنها دارد، هدف این مطالعه نیست، به دلایل ایجاد خلاء عملکرد اشاره نخواهد شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور تعیین پتانسیل عملکرد زیره سبز در ۹ منطقه از سه استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی (جدول ۱) مدلی از رشد، نمو و تولید عملکرد زیره سبز در محیط برنامه نویسی QBasic تدوین شد. پارامترهای مورد نیاز برای ساخت مدل (شامل ضریب خاموشی نور، کارایی مصرف نور، تغییرات شاخص برداشت در طول زمان، تغییرات تولید بیوماس، تغییرات شاخص سطح برگ، منحنی‌های پاسخ به دما و فتوپریود و مراحل فنولوژی و تغییرات ضرایب تخصیص مواد به برگ، ساقه و اندام زایشی) طی آزمایش‌های مزرعه‌ای (سال زراعی ۸۳-۸۲؛ کامکار، ۱۳۸۴) و مطالعات آزمایشگاهی (کامکار و همکاران، ۲۰۰۵) محاسبه و در مدل مورد استفاده قرار گرفتند. ساختار این مدل که شبیه‌سازی را بر اساس گام زمانی یک روزه و برای کل طول فصل رشد انجام می‌دهد، شبیه به مدل‌های سینکلر (۳۳) است. این مدل، رشد و نمو را به عنوان تابعی از درجه حرارت، تشعشع خورشیدی و طول روز شبیه‌سازی می‌کند. مراحل نمو در این مدل به دو مرحله سبز شدن تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی تقسیم می‌شود. مرحله جوانه زنی تا سبز شدن نیز تنها بر اساس واحدهای حرارتی بیان می‌شود. طول دوره اول به عنوان تابعی از دما و فتوپریود و طول دوره دوم به عنوان تابعی از درجه حرارت محاسبه می‌شود. پاسخ زیره به طول روز در زیر مدل فنولوژی به عنوان یک گیاه روز بلند در نظر گرفته شده و منحنی پاسخ به طول روز از تلفیق داده‌های خام پاسخ‌های فنولوژیک سه توده مشهد، بیارجمند و آذرشهر (۹) و برازش مدل‌های تکه‌ای با استفاده از رویه NLIN DUD در نرم افزار SAS (۳۲) محاسبه شده است (برای جزئیات بیشتر به منبع ۷ مراجعه شود).

منحنی‌های پاسخ به دما (دماهای کاردینال) نیز بر اساس

جدول ۱: فهرست، مختصات جغرافیایی، ارتفاع و ضرایب انگستروم مناطق مورد استفاده در اجرای مدل

ضرایب انگستروم*		ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مختصات
A	B				منطقه
۰/۲۷۶	۰/۴۹	۹۷۷/۶	۳۶° ۱۲'	۵۷° ۴۳'	سبزوار
۰/۲۸۳	۰/۴۵	۱۲۹۳	۳۴° ۰۱'	۵۸° ۱۰'	فردوس
۰/۲۸۱	۰/۴۸۷	۱۱۰۹	۳۵° ۱۳'	۵۸° ۲۸'	کاشمر
۰/۲۵۹	۰/۴۴۵	۱۰۵۶	۳۴° ۲۱'	۵۸° ۴۱'	گناباد
۰/۳۳	۰/۴۲	۱۴۹۱	۳۲° ۵۲'	۵۹° ۱۲'	بیرجند
۰/۲۸۳	۰/۴۵۸	۱۴۳۲	۳۳° ۴۳'	۵۹° ۱۰'	قاین
۰/۳	۰/۳۷	۹۹۲/۲	۳۶° ۱۶'	۵۹° ۱۶'	مشهد
۰/۲۷۵	۰/۴۹۱	۱۲۱۳	۳۶° ۱۳'	۵۸° ۱۳'	نیشابور
۰/۲۸	۰/۴۴	۱۰۹۱	۳۷° ۲۸'	۵۷° ۲۸'	بجنورد

\*- این ضرایب جهت محاسبه میزان تشعشع روزانه براساس ساعات آفتابی مورد استفاده قرار گرفته‌اند

با استفاده از رابطه خطی آنگستروم (۲۰) انجام شد. برای تعیین خلاء عملکرد در مناطق مورد مطالعه، از اطلاعات پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده در ۲۲۸ مزرعه زیره سبز در سطح سه استان استفاده شد. این اطلاعات مربوط به زمان کاشت، گلدهی و رسیدگی (برای آزمون زیر مدل فنولوژی) و میانگین عملکرد و حداکثر عملکرد به دست آمده در مزارع بود. پس از آزمون زیرمدل فنولوژی و اطمینان از دقت مدل در ارزیابی عملکرد دانه، مدل برای ۹ منطقه مورد مطالعه اجرا شد. با توجه به واریانس تاریخ کاشت در مناطق مختلف از مهر تا اسفند، روی تاریخ کاشت برای روز دهم هر ماه آنالیز حساسیت انجام شد تا پتانسیل عملکرد بر اساس بهترین تاریخ کاشت تعیین و از آن در تعیین خلاء عملکرد استفاده شود.

### نتایج و بحث

نتایج برآوردهای انجام شده توسط مدل (جدول ۲) نشان داد که در تمام مناطق مورد بررسی، گیاه در تاریخ کاشت‌های سوم و چهارم (۱۰ آذر و ۱۰ دی‌ماه) بیشترین بیوماس و عملکرد دانه را در مقایسه با سایر تاریخ‌های کاشت تولید نمود (منظور از دو تاریخ کاشت برتر در جدول ۲ برای این مناطق تاریخ کاشت‌های ۱۰ آذر و ۱۰ دی‌ماه است). در بیرجند تاریخ کاشت پنجم (۱۰ بهمن) نیز عملکردی معادل تاریخ کاشت چهارم نشان داد. رحیمیان (۲) نیز طی آزمایشی در شرایط مشهد با چهار تاریخ کاشت

پاسخ جوانه زنی گیاه به درجه حرارت و با برآزش مدل خط‌های شکسته به سرعت جوانه زنی در برابر ۶ تیمار دمایی ثابت (متغیر از ۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد با فاصله ۵ درجه سانتیگراد از هم) و با روشی مشابه کامکار و همکاران (۲۰۰۵) در نرم افزار SIGMAPLOT تعیین شدند. میزان تولید بیوماس روزانه در این مدل به عنوان تابعی از شاخص سطح برگ، ضریب خاموشی نور و کارایی مصرف نور محاسبه می‌شود. عملکرد دانه نیز به عنوان تابعی از بیوماس کل و سرعت افزایش روزانه شاخص برداشت بعد از آغاز دوره پرشدن دانه (که در مدل تعیین می‌شود) در هر روز و انتگرال گیری از آن در طول دوره پرشدن دانه محاسبه می‌شود. این مدل برای ارزیابی عملکرد پتانسیل در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی و در غیاب آفات و بیماری‌ها طراحی شد تا پتانسیل عملکرد گیاه در هر منطقه محاسبه شود. آزمون مدل با استفاده از دوسری آزمایش مزرعه‌ای مستقل انجام (کامکار، ۱۳۸۴) و دقت مدل بر اساس جذر میانگین مربعات خطا (RMSE1) و ارزیابی مدل از شیب خط رگرسیونی ۱ به ۱ تعیین شد. مدل حاضر به مختصات جغرافیایی منطقه (شامل عرض جغرافیایی و ضرایب آنگستروم) و داده‌های هواشناسی روزانه (شامل دمای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی) نیاز دارد تا تمام محاسبات لازم را برای سال و منطقه مورد نظر انجام دهد. محاسبه تشعشع در این مدل براساس روش خودریان و فان لار (۲۰) انجام شده و تصحیح آن بر اساس ساعات آفتابی و

جدول ۲: مقادیر متغیرهای محاسبه شده با استفاده از مدل زیره سبز برای مناطق مختلف و بهترین دو تاریخ کاشت در هر منطقه را نشان می دهد.

نام شهر	CGR (گرم در متر مربع در روز)	ماده خشک تجمعی (تن در هکتار)	شاخص سطح سبز برگ (مترمربع برگ در مترمربع زمین)	حداکثر کسر جذب نور	عملکرد دانه (تن در هکتار)	طول فصل رشد (روز)
سبزوار	۹/۲۴-۸/۸۹	۲/۴۸-۲/۶۴	۱/۰۴-۱/۰	۰/۴۷-۰/۴۶	۱/۶۵-۱/۶۲	۱۳۳-۱۵۰
فردوس	۹/۴۵-۸/۰	۲/۴۲-۲/۱۴	۱/۴-۰/۹۴	۰/۴۷-۰/۴۴	۱/۴۵-۱/۲۸	۱۳۰-۱۴۴
کاشمر	۷/۴۴-۶/۹۴	۱/۸۵-۱/۸۱	۰/۸۲-۰/۸	۰/۴-۰/۲۹	۱/۴۵-۱/۲۸	۱۲۵-۱۴۱
گناباد	۹/۶-۹/۲۶	۲/۶۲-۲/۴۷	۱/۵۷-۱/۴۵	۰/۴۷-۰/۴۹	۱/۰۸-۱/۰۶	۱۳۰-۱۵۰
بیرجند	۹/۹۴-۰/۳۱	۲/۷-۲/۴۸	۱/۱۵-۱/۰۲	۰/۴۸-۰/۴	۱/۵۷-۱/۴۲	۱۴۵-۱۶۲
قاین	۱۴/۵۳-۱۴/۲۲	۴/۴۳-۴/۱۲	۱/۹۸-۱/۷۹	۰/۵۷-۰/۵۴	۱/۶۲-۱/۴۸	۱۴۴-۱۶۲
مشهد	۱۴/۵۴-۱۴/۴۶	۴/۳۸-۴/۱۴	۱/۹۷-۱/۸	۰/۵۶-۰/۵۴	۲/۶۶-۲/۴۷	۱۴۸-۱۶۷
نیشابور	۱۴/۸-۱۴/۷	۴/۴۵-۴/۳۲	۱/۹۸-۱/۸۷	۰/۵۷-۰/۵۶	۲/۶۷-۲/۵۹	۱۴۹-۱۶۸
بجنورد	۱۶/۵۵-۱۵/۶۶	۵/۲۹-۴/۷۱	۲/۴-۲/۰۸	۰/۶۷-۰/۵۹	۳/۱۷-۲/۸۲	۱۵۳-۱۷۵

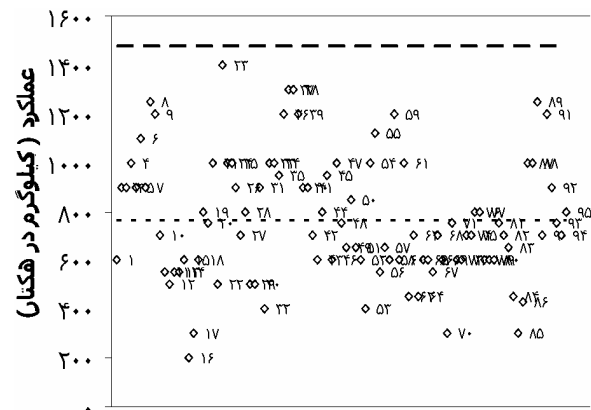
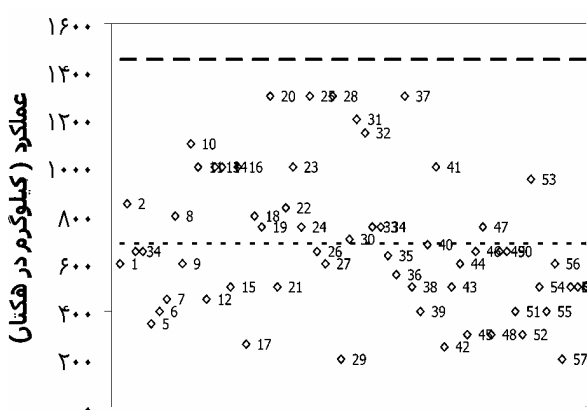
گیاه در این ماه‌ها، به سبب این که گیاه قبل از بهار رشد رویشی خود را آغاز می‌کند، به دلیل مواجهه با طول روزهای کوتاه دیرتر وارد مرحله زایشی شده و فرصت کافی نیز برای افزایش سطح سبز خود خواهد داشت.

در تاریخ کاشت‌های بسیار زود هنگام نیز کاهش مقدار تشعشع رسیده به سطح زمین می‌تواند کاهش تولید بیوماس را به همراه داشته باشد، چرا که مقدار تشعشع رسیده به سطح زمین در مناطق مورد مطالعه در فاصله ماه‌های مهر تا دی‌ماه بسیار کم است. با توجه به این که تاریخ کاشت آبان معمولاً در مناطقی که زمستان ملایم دارند انجام می‌شود، لذا گیاه در بخش زیادی از طول فصل رشد خود با تشعشع کم روبرو می‌شود که خود از عوامل کاهش پتانسیل تولید در تاریخ‌های کاشت زود هنگام است. در سایر منابع نیز به حساسیت این گیاه به طول روزهای بلند اشاره شده است (۲ و ۶) و مواجهه زود هنگام با طول روزهای بلند بهار در کشت‌های دیر هنگام این گیاه از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد زیره سبز در این شرایط بر شمرده شده است (۲ و ۶).

بر آورد مدل نشان داد که پتانسیل تولید ماده خشک در این گیاه و در شرایطی که با تنش خاصی مواجه نشود می‌تواند تا ۵/۳ تن ماده خشک در هکتار باشد. این مقدار برای تاریخ کاشت آذر در بجنورد حاصل شد. بر اساس تخمین مدل کمترین پتانسیل تولید ماده خشک در زیره سبز نیز مربوط به کاشمر و فردوس بود. این مناطق بین ۲ تا ۲/۵ تن ماده خشک را در هکتار و طی یک فصل رشد ۱۲۵ تا ۱۴۰ روزه تولید کردند.

۱۸ آذر، ۱۰ دی، ۱۴ اسفند و ۶ فروردین، نشان داد که زیره سبز در تاریخ‌های ۱۰ دی و ۱۸ آذر در مقایسه با سایر تاریخ‌های کاشت بهترین عملکرد را تولید می‌کند. ملافیلابی (۸) نیز ضمن مطالعه اثر تاریخ کاشت و فواصل ردیف در عملکرد زیره سبز تحت شرایط آبی و دیم نشان داد که در دو منطقه قاین و تربت جام تاریخ کاشت دی‌ماه بر تاریخ کاشت اسفندماه ارجحیت دارد. ارسلان و بایراک (به نقل از منبع شماره ۶) نیز به تاثیر تاخیر در کاشت این گیاه بر کاهش عملکرد اشاره کرده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها بر روی زیره سبز نشان داد که کاشت این گیاه در ماه مارس می‌تواند در مقایسه با تاریخ کاشت آوریل عملکرد بیشتری تولید کند.

به دلیل نوع واکنش این گیاه به طول روز، زمانی که تاریخ کاشت زیره به تاریخ کاشت‌های دیر هنگام (مثلاً اسفندماه) منتقل می‌شود، به دلیل بلند شدن طول روزها در بهار این گیاه به سرعت وارد مرحله گلدهی خواهد شد و در این حالت گیاه فرصت کمی برای افزایش کسر جذب نور از طریق افزایش سبزینه خود دارد. بررسی کسر جذب نور در طول فصل رشد (که یکی از خروجی‌های مدل است و نتایج آن نشان داده نشده‌اند) نیز نشان داد که کسر جذب نور زیره سبز در تاریخ کاشت‌های آذر و بهمن به شکل قابل توجهی بالاتر از سایر تاریخ‌های کاشت است که این مساله نیز بالطبع به دلیل بالا بودن سطح سبز گیاه و موفقیت گیاه در مهار جذب نور در این تاریخ‌های کاشت در مقایسه با تاریخ‌های زود هنگام تر و دیر هنگام تر بود. ماه‌های آذر و بهمن دارای کوتاه‌ترین طول روزهای سال می‌باشند و در صورت کاشت



شکل ۱: عملکرد واقعی به دست آمده در مزارع زیره سبز در شهرستان های سبزوار (سمت چپ) و فردوس (سمت راست). خط نقطه چین میانگین تولید منطقه و خط منقطع پتانسیل عملکرد تعیین شده برای منطقه را بر اساس خروجی مدل نشان می‌دهند. اعداد کنار هر نقطه شماره مزرعه را نشان می‌دهند.

بیشتر و قابل توجه‌تر بود. موضوع فوق در مورد مناطق فردوس، بیرجند، کاشمر، گناباد، نیشابور و سبزوار که اطلاعات سطح مزارع آن‌ها جمع‌آوری گردید نیز صدق نمود (اطلاعات مرتبط با عملکرد سایر مناطق در دسترس نبود). با توجه به نوسان‌های موجود برای محاسبه خلاء عملکرد این محصول در هر منطقه از اختلاف میانگین عملکرد منطقه از عملکرد بالقوه استفاده شد (۲۴). نوسان عملکرد مزارع مختلف در مناطق مورد بررسی نشان داد که مدیریت‌های اعمال شده توسط کشاورزان متفاوت بوده است، به نحوی که در یک منطقه مشخص، برخی از کشاورزان عملکردی بالاتر از میانگین منطقه و برخی کمتر از میانگین منطقه داشته و برخی حتی به محدوده پتانسیل نزدیک شده‌اند.

در مناطق دارای میانگین دمای پایین‌تر در طول فصل رشد زیره سبز، نظیر بجنورد و قاین، طول فصل رشد این گیاه بیشتر بود و این مساله افزایش تولید نهایی ماده خشک و دانه را به همراه داشت (جدول ۲). طول فصل رشد این گیاه در تاریخ کاشت‌های سوم و چهارم (۱۰ آذر و ۱۰ دی ماه) به ترتیب از ۱۷۵ و ۱۵۳ روز در بجنورد تا ۱۴۱ و ۱۲۵ روز در کاشمر تغییر نمود (جدول ۲). جدول ۲ طول دوره رشد زیره سبز را در مناطق مورد استفاده در اجرای مدل و در بهترین تاریخ کاشت‌ها برای هر منطقه نشان می‌دهد. بررسی طول دوره رشد واقعی زیره نیز نشان داد که مدل طول فصل رشد گیاه را نیز به شکل قابل قبولی تخمین می‌زند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). منابع موجود نیز دوره رشد این گیاه را

بر اساس نتایج مدل، پتانسیل عملکرد دانه در هکتار نیز در شرایط پتانسیل می‌تواند تا ۳/۱۷ تن در هکتار برسد. این پتانسیل نیز برای شرایط بجنورد و تاریخ کاشت ۱۰ آذر حاصل شد. جدول ۲ نشان می‌دهد که پتانسیل تولید دانه در شرایط آب و هوایی و اقلیمی متنوع مناطق مورد مطالعه و آرایانس زیادی از ۱ تا بیش از ۳ تن داشت.

همچنین نتایج استفاده از مدل ساده و مکانیستیک مورد استفاده برای زیره سبز نشان داد که اثر متقابل دو عامل دما و تشعشع، تعیین‌کننده پتانسیل عملکرد این محصول در مناطق با مختصات جغرافیایی مختلف است. نتایج خروجی‌های این مدل از لحاظ ارتباط بین درجه حرارت و تشعشع منطبق بر نتایج سایر تحقیقات مشابه بر روی سایر گیاهان نظیر ذرت (۲۹)، گندم (۱۱)، سویا (۳۶)، جو (۱۳) و برنج (۱۸) بود، به نحوی که در تمامی موارد پتانسیل عملکرد با کاهش میانگین دما در طول فصل رشد و افزایش میانگین تشعشع، افزایش نشان داد.

بررسی عملکرد واقعی این محصول در مناطق مختلف و در مزارع مختلف نیز نوسان زیادی نشان داد. شکل ۱ اطلاعات جمع‌آوری شده از ۹۵ مزرعه در سبزوار و ۶۵ مزرعه در فردوس را نشان می‌دهند.

شکل ۱ نشان می‌دهد که در این مناطق عملکرد به دست آمده در مزارع مختلف تفاوت فاحشی حول میانگین دارند. همچنین گرچه برخی از کشاورزان به پتانسیل عملکرد نزدیک شده‌اند، اما هیچ‌یک به این سقف نرسیده‌اند. این اختلاف در مورد مناطقی که پتانسیل تولید بالاتری دارند

کیلوگرم ماده خشک (۶) تغییر می کند. البته این مقادیر مقادیر پتانسیل گزارش شده نیستند، بلکه مقادیر واقعی به دست آمده هستند.

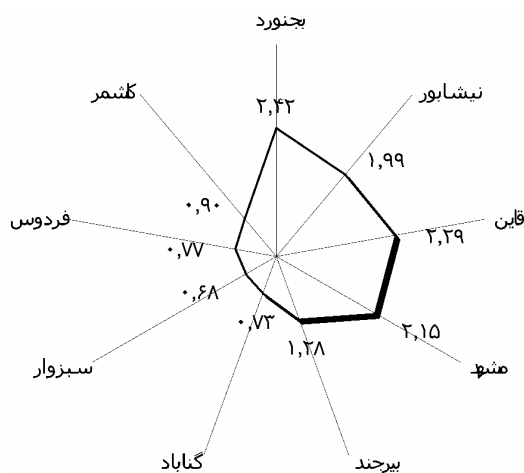
شکل های ۲ و ۳ به ترتیب میانگین عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد زیره در مناطق مورد مطالعه و خلاء عملکرد دانه در این مناطق را نشان می دهند. مقایسه تولید واقعی در مزارع زیر کشت زیره با مقادیر پتانسیل محاسبه شده توسط مدل نشان داد که خلاء عملکرد در بجنورد، قاین، مشهد و نیشابور در حداکثر مقدار است. شواهد نشان داد که در این مناطق علیرغم بالاتر بودن پتانسیل تولید دانه در مقایسه با سبزوار، کاشمر، گناباد، بیرجند و فردوس، مقدار عملکرد واقعی آنها معادل یا کمتر از مقدار آن در سایر مناطق بود. این مساله نشان داد که مدیریت ها و شرایطی که در سبزوار، کاشمر، گناباد، بیرجند و فردوس حاکم است، تولید زیره را به پتانسیل این مناطق نزدیک تر کرده است، اگر چه خلاء موجود در بعضی موارد قابل توجه است.

نتایج مدل مورد استفاده نشان داد که آذرماه و در شرایطی که امکان کاشت فراهم باشد، بهمن ماه بهترین تاریخ کاشت برای این گیاه است و تاخیر یا تعجیل در کاشت این گیاه می تواند به دلیل مواجه کردن گیاه با تشعشع های پایین در تاریخ کاشت های زود هنگام و مواجهه زود هنگام با طول روزهای بلند بهار در کاشت های دیر هنگام کاهش تولید عملکرد را به همراه داشته باشند. علاوه بر این بر اساس نتایج سایر تحقیقات (۱ و ۴) با فراتر رفتن مقدار

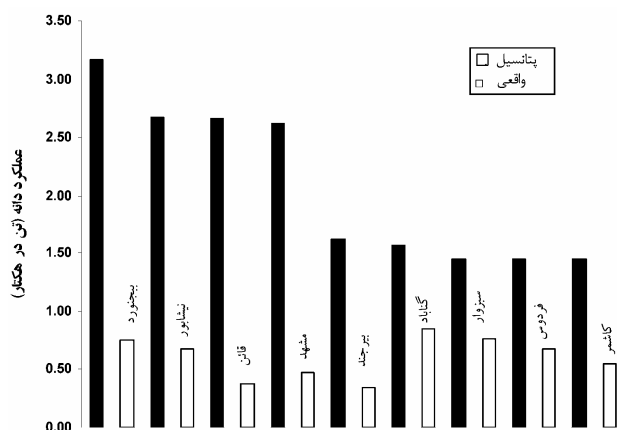
از ۱۰۰ تا ۱۷۰ روز در شرایط مختلف (۵) گزارش کرده اند. محاسبه پتانسیل تولید ماده خشک توسط مدل نشان داد که این گیاه پتانسیل قابل توجهی در تولید ماده خشک ندارد (جدول ۲). رشد کند اندام رویشی زیره سبز در ابتدای فصل رشد این گیاه سبب می شود که بیشتر شاخص سطح فوستنتر کننده در این گیاه در مراحل آخر رشد شکل بگیرد و در بخش اعظم فصل رشد، مقدار کمی سطح فوستنتر کننده جهت جذب تشعشع وجود دارد. این نتایج با نتایج کافی (۵) منطبق است. وی گزارش نمود که سطح برگ گیاه در ۶۰ درصد از طول فصل رشد کمتر از ۰/۲ بوده است.

همچنین بخش زیادی از فصل رشد زیره صرف سبزشدن گیاهچه می شود. پایین بودن سرعت تولید ماده خشک روزانه (گرم ماده خشک در متر مربع در روز) در طول فصل رشد نیز سبب می شود که تولید عملکرد بیولوژیک در این گیاه در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی دیگر کمتر باشد. مقدار محاسبه شده برای میانگین فصل رشد این گیاه در بهترین تاریخ کاشت ها (۱۰ آذر و ۱۰ دی ماه) و برای شرایط بجنورد با بالاترین پتانسیل تولید ماده خشک، به ترتیب برابر ۳ و ۳/۱۴ گرم در متر مربع در روز بود. کافی (۶) متوسط سرعت رشد گیاه را برابر ۳ گرم در متر مربع در روز گزارش کرده است.

طبق تحقیقات انجام شده در شرایط گلخانه (۱۰) عملکرد بیولوژیک این محصول تا حدود ۱۷۵۰ کیلوگرم و متوسط عملکرد بیولوژیک در شرایط مزرعه تا حدود ۱۴۷۰



شکل ۳: خلاء عملکرد محصول زیره سبز در مناطق مورد مطالعه بر حسب تن در هکتار



شکل ۲: عملکرد پتانسیل و میانگین واقعی مناطق زیر کشت زیره: مقادیر پتانسیل از طریق مدل برآورد و مقادیر واقعی از اطلاعات جمع آوری شده از مزارع استان گزارش شده اند

است این است که بیماری‌ها مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد این محصول و ایجاد خلاء عملکرد در مناطق مختلف زیر کشت این گیاه هستند و کنترل این بیماری‌ها باید در اولویت اصلی محققان در این مناطق قرار گیرد.

بهینه‌سازی این نظام‌ها نیاز به برنامه‌ریزی‌های دقیق به شکل مختص به هر مکان دارد و ارایه راهکارهای مدیریتی در جهت به حداقل رساندن این خسارات و نزدیک کردن عملکرد به مقادیر بالقوه و کم کردن خلاء عملکرد این محصول خود جای بحث و بررسی بسیار دارد. در واقع بررسی راهکارهای افزایش عملکرد و کاهش خلاء موجود در مناطق مورد مطالعه که پس از امکان‌سنجی تولید و یافتن خلاء عملکرد سومین گام در بهینه‌سازی تولید در نظام‌های کشاورزی است (۲۶)، می‌تواند به عنوان یکی از زمینه‌های تحقیقاتی در آینده مطرح باشد. از سویی آنالیز خلاء موجود می‌تواند نویدبخش این واقعیت باشد که اگر به کشت این گیاهان در یک قالب تجاری و علمی نگریسته شود، فرصت‌های زیادی در پیش روی محققان قرار خواهد داشت تا عملکرد واقعی این محصول را حتی تا ۳ برابر افزایش دهند.

آب دریاقتی از ۱۶۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر در طول فصل رشد تولید این گیاه کاهش می‌یابد. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در چنین شرایطی نیز افزایش احتمال وقوع بیماری‌های قارچی با افزایش رطوبت خاک است و بهتر است در انتخاب تاریخ کاشت مناسب نسبت به این نکته نیز توجه داشت، کما این‌که این مساله می‌تواند در کاشت زود هنگام زیره سبز مشکل‌ساز شود. در نهایت نتایج تحقیق حاضر نشان داد که می‌توان از مدل‌ها به عنوان ابزاری قوی و کارآمد برای تخمین عملکرد و ارزیابی قابلیت مناطق برای تولید استفاده کرد و ضمن امکان‌سنجی تولید، گسترش نظام‌های تولید این محصول در مناطق مستعد را در برنامه‌های آتی قرار داد.

بررسی مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد این گیاه در قالب کمی‌نیاز به اطلاعاتی جامع در زمینه اثر عوامل تاثیرگذار بر این نظام‌ها دارد و در مورد برخی از این عوامل نظیر آفات و بیماری‌ها این الزام را ایجاب می‌کند که وضعیت شیوع آن‌ها به شکل منظم در سطح مزارع پایش شود تا بتوان مدیریت‌هایی را در زمینه کنترل این عوامل کاهش‌دهنده عملکرد تدوین و اجرا نمود. آن‌چه مسلم

## منابع

- ۱- بهودی، س. ۱۳۸۰. ضریب گیاهی زیره سبز و تغییرات آن در شرایط آب و هوایی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- رحیمیان مشهدی، ح. ۱۳۷۱. اثر تاریخ کاشت و رژیم آبیاری بر رشد و عملکرد زیره سبز. دانش کشاورزی (ش ۳ و ۴). ج ۳.
- ۳- صادقی، ب. ۱۳۷۰. اثر مقادیر ازت و آبیاری در تولید زیره سبز. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران - مرکز خراسان.
- ۴- طاووسی، م. ۱۳۷۹. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر مقدار محصول و اجزای عملکرد زیره. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- کافی، م. ۱۳۶۹. مطالعه اثر دفعات کنترل علف هرز، فاصله ردیف و تراکم بر رشد و عملکرد زیره سبز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۶- کافی، م. ۱۳۸۱. زیره سبز: فن آوری تولید و فرآوری. مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۹۵ ص.
- ۷- کامکار، ب. ۱۳۸۴. رهیافتی سیستمی در ارزیابی پتانسیل عملکرد زیره سبز و سه گونه ارزن در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی. پایان‌نامه دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۸- ملافیلابی، ع. ۱۳۷۲. اثر تاریخ کاشت و فواصل ردیف در عملکرد زیره سبز تحت شرایط دیم و آبی. انتشارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده خراسان.
- ۹- نبوی، م. ۱۳۸۲. ساخت و ارزیابی چند مدل فنولوژی از زیره سبز. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۰- نبی زاده، م. ۱۳۸۱. اثر سطوح مختلف شوری بر رشد و عملکرد زیره سبز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.
- 11- Aggarwal, P. K., and N. Kalra. 1994. Analyzing the limitation set by climatic factors, genotype, water and nitrogen availability on productivity of wheat . II: Climatically potential yield and management strategies. *Field Crops Res.* 38:93-103.
- 12- Bang, M. P., G. L. Hammer, and K. G. Rickert. 1998. Temperature and sowing date affect the linear increase of sunflower harvest index. *Agron. J.* 90:324-328.

- 13- Bell, M.A., and R.A. Fischer.1994. Using yield prediction models to assess yield gains: a case study for wheat. *Field Crops Res.*36: 161-166.
- 14- Boote, K. J., J. W. Jones, and P. Singh.1991. Modeling growth and yield of Ground- nut: state of art..In *groundnut: A global perspective: Proc. Int, workshop*20-25 Nov, 1991. Patancheru, India. ICRISAT, Patancheru, AP. India. Pp: 331-343.
- 15- Bouman, B.A.M., and F. P. Lansigan. 1994. Agroecological zonation and characterization.In: Bouma, B. A. M. and et al (Eds). *Agroecological zonation, characterization and optimization of rice-based cropping systems. SARP Research Proceeding, Wageningen and Los Banos*, pp 1-8.
- 16- Clavino, P., and V. Sardas.2002. On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. *Field Crops Res.*74: 1-11.
- 17- Corra, D. R., N. L. Mina., and P. L. Shirvan. 1996. Effect of weed control and time of nitrogen application in cumin (*Cuminum cyminum*). *Ind. J. Agron.* 41:500-501.
- 18- Dingkuhn, M., A. Sow, A. Samb, S. Diack, and F. Asch. 1995. Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. I. Photothermal and microclimatic responses of flowering. *Agric. Syst.* 48: 385-410.
- 19- Egli, D. B., and W. Bruening. 1992. Planting date and soybean yield: Evaluation of environmental effects with a crop simulation model: SOYGRO. *Agric. For. Meteorol.* 62:19-29.
- 20- Goudriaan, J., and H. H. Van laar.1994. *Modelling potential crop growth processes.* Kluwer Academic Press, Dordcht, the Netherlands. 238 pp.
- 21- Habekotte, B.1997. Options for increasing seed yield of winter oil seed rape: A simulation study. *Field Crops Res.*54:109-126.
- 22- Haefele, S. M., M.C.S. Wopereis, C. Donovan, and J. Maubuisson.2001. Improving the productivity and profitability of irrigated rice production in Mauritania. *Eur. J. Agron.* 14:181-196.
- 23- ICRISAT. 1984. *Agrometerology of sorghum and millet in the semi-arid tropics.* Proceeding of international symposium. Pantachura, India: ICRISAT. 242pp.
- 24- Kamkar, B., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Cardinal temperatures for germination in three millet species (*Panicum miliaceum* , *Pennisetum glaucum* and *Setaria italica*).*Asian Journal of plant Science.*2005.
- 25- Kropff, M. J., J. Bumba, and J. W. Jones.2001. Systems approaches for the design of sustainable agroecosystems. *Agric Syst.*70: 369-393.
- 26- Lansigan. F. P.1998. Minimum data and information requirements for estimating yield gap in crop production systems. *Agric. Inf. Tech. Asia and Oceania.* Pp: 151-159.
- 27- Meinke, H., and G.L. Hammer. 1995.A peanut simulation model .II: Assessing regional production potential. *Agron. J.* 87: 1093-1099.
- 28- Melkonian, J., S.J. Richa, and D. S. Wilks. 1997. Simulation of elevated CO2 effects on daily net canopy carbon assimilation and crop yield.*Agric Syst.*58:87-106.
- 29- Muchow, R. C., and M. J. Kropff. 1997. Assessing the potential yield of tropical crops: Role of field experimentation and simulation. In: Kropff, M. J., P. S. Teng, P. K. Aggarwal, J. Bouma, B.A.M. Bouman, J. W. Jones, and H. H. Van laar (Eds). *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands*, pp: 101-112.
- 30- Nix. H. A., 1984. Minimum data set transfer for agrotechnology transfer. In: *proceedings of international symposium on minimum data sets for agrotechnology transfer.* ICRISAT, Patancheru, India, pp: 181-188.
- 31- Sall, S., D. Norman, and A. M. Featherstone.1998. Adaptability of improved rice varieties in Senegal. *Agric. Syst.* 57: 101-114.
- 32- SAS Institute, Inc.1990.*SAS user's guide: Statistics.* SAS Institute, Cary, NC.
- 33- Sinclair, T. R., 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production: I. Model development. *Field Crops Res.* 15: 125-141.
- 34- Sinclair, T. R., and S. L. Rawlins. 1993. Inter-seasonal variation in soybean and maize yields under global environmental change.*Agron. J.* 85: 406-409.
- 35- Soltani, A., K. Ghassemi-Gollezani, F. Rahimzadeh-Khooei, and M. Moghaddam. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. *Field Crops Res.* 62: 213-224.
- 36- Spaeth, S. C., T. R. Sinclair, T. Ohnuma, and S. Konno. 1987. Temperature, radiation and duration dependence of high soybean yields: measurement and simulation. *Field Crops Res.* 16: 297-307.



## Yield gap analysis of cumin in nine regions of Khorasan provinces using modelling approach

B. Kamkar, A. R. Koochki, M. Nassiri mahallati, P. Rezvani moghaddam<sup>1</sup>

### Abstract

There are three hierarchical steps to fill the yield gaps in agricultural systems. These steps are determination of potential yield, yield gaps and system optimization to fill yield gaps. In this study a simple mechanistic model was developed and tested to determine potential yield and yield gaps of Cumin (*Cuminum cyminum*) in nine regions of Khorasan provinces (including Bojnourd, Qaen, Mashhad, Neishabour, Sabzewar, Gonabad, Ferdous, Kashmar and Birjand). Collected data of related year from 228 fields were used to calculate yield gaps. Results indicated variable potential yields in different climatic conditions (the areas with cooler climate and higher radiation had higher potential yields). Also, yield gaps varied considerably between regions (from 2.42 ton.ha<sup>-1</sup> in Bojnourd to 0.68 ton.ha<sup>-1</sup> in Sabzewar). The highest value for potential yield belonged to Bojnourd (3.7 ton.ha<sup>-1</sup>). The collected data from studied fields and sensitivity analysis on sowing date (based on common sowing dates range) showed that inappropriate sowing dates was one of the most important yield reducing factors in all regions. Results revealed that if the yield gaps can be filled based on appropriate management option, yield can be increased by two to three folds in some regions.

**Keywords :** Cumin, potential yield, yield gap, modelling