به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ٤١٤-٣٩٧

مستندسازی فرایند تولید و برآورد خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی ارقام بومی برنج (مطالعه موردی: استان مازندران- منطقه بابل)

سیف‌الله حلالخور[۱]، سلمان دستان[۲*]، افشین سلطانی[۳]، حسین عجم نوروزی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران.
۲. پژوهشگر پسادکتری، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران.
۳. استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴. استادیار، گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۰۱

چکیده

مستندسازی فرایند تولید در کشاورزی شامل تهیه کلیه اطلاعات و فعالیت‌هایی است که سیر تولید محصول از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت را نشان می‌دهد. به این منظور در این پژوهش کلیه عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت در ۱۱۰ مزرعه برای ارقام محلی برنج از طریق مطالعات میدانی در منطقه بابل واقع در استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ ثبت شد. نتایج نشان داد که از حدود ۱۵۵ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با شش متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به‌ترتیب ٤٥٧٢ و ٦٤٨٩ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده (٤٥١٢ و ٦١٠٠ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلأ عملکرد تخمین زده شده برابر ۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار بود. میزان افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط دو متغیر خسارت آفات و خسارت علف‌های هرز به‌ترتیب برابر هفت و سه درصد از کل افزایش عملکرد (١٤٠ و ٥٩ کیلوگرم در هکتار) بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر آیش (نکاشت) برابر ٦٢ کیلوگرم در هکتار معادل سه درصد از کل افزایش عملکرد بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر رقم طارم امرالهی و تراکم کاشت نیز به‌ترتیب برابر ۳۷۵ و ۳٦٧ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۹ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری و بعد از گلدهی به‌ترتیب برابر ۳۵۵ و ٦١٩ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۸ و ۳۱ درصد از کل افزایش عملکرد بود. بنابراین، بر اساس یافته‌ها می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودیت‌کننده عملکرد به کار گرفته شود.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل عملکرد، تحلیل مقایسه کارکرد، رگرسیون چندگانه، مدل تولید، مدیریت مزرعه.

* نویسنده مسئول
Email: dastan@abrii.ac.ir

۱. مقدمه

در تولید محصولات کشاورزی برای کاهش چالش‌های مرتبط با مدیریت، پایش و بهبود فرایندهای منتهی به تولید ضرورت دارد. از قدم‌های اولیه و اساسی بهبود فرایندهای مدیریتی مستندسازی است. دستیابی به نگرشی مشخص و یکپارچه در خصوص چگونگی انجام فعالیت‌ها در شرایط موجود را مستندسازی گویند [۲٦]. مدیریت فرایند تولید نیز اثر مستقیم بر میزان عملکرد، بهره‌وری تولید، کارایی مصرف نهاده‌ها و محیط زیست دارد. بنابراین، پایش و بهبود فرایندهای منتهی به تولید محصولات زراعی در جهت کاهش چالش‌های مرتبط با مدیریت‌های زراعی لازم است [۷]. در همین رابطه محققان با بررسی شیوه انجام عملیات مدیریتی گندم در هر یک از مراحل تهیه بستر بذر، کاشت، داشت و برداشت در منطقه گرگان دریافتند که به‌طور مرسوم مزارع گندم بین ۱۵ تا ۲٦ آذر کشت می‌شوند. میزان بذر مصرفی بسته به کیفیت تهیه بستر بذر و نوع وسیله کاشت بین ۱٤۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. بیش‌تر کشاورزان برای تأمین نیاز کودی از کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم استفاده کردند. کشاورزان کود اوره را اغلب در مرحله ساقه‌رفتن و به‌طور متوسط به‌میزان ۹۳ کیلوگرم در هکتار مصرف کرده بودند [۵]. در سال اول مطالعه به‌علت کمبود بارندگی، آبیاری در دو مرحله (گل‌دهی و اوایل پرشدن دانه) ولی در سال دوم آبیاری تنها در مرحله گل‌دهی انجام شد. علاوه بر این، بسته به شرایط جوی حاکم بر منطقه معمولاً تاریخ برداشت در مزارع مورد مطالعه بین ۱۸ تا ۲۵ خرداد انجام می‌شود. با توجه به تنوع عملیات مدیریتی در مزارع میزان عملکرد بین ۲/۵ تا ٦/۳ تن در هکتار متغیر بود [۵]. همچنین، با ارزیابی سه نظام کاشت رایج منطقه، بهبودیافته و فشرده (SRI) محصول برنج در منطقه نکا مشاهده شد که میانگین بذر مصرفی در سه نظام کاشت برابر ۷۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود که برای نظام کاشت فشرده کم‌تر از دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج منطقه در نظر گرفته شد. میزان مصرف کود شیمیایی نیتروژن در سه نظام کاشت نیز بین ۹۲-٤٦ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار متغیر بود. میزان مصرف علف‌کش و حشره‌کش نیز در نظام کاشت فشرده کم‌تر از دو نظام تولید بهبودیافته و رایج بود [٦].

ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان از طریق میزان زمین‌های مناسب، منابع آب در دسترس برای تولید محصولات زراعی و محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود [۲۷]. از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به‌دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند با استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و مناسب‌ترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به‌دست آید، راهکار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است [۱۵]. آنالیز خلأ عملکرد یک تخمین کمی از امکان افزایش ظرفیت تولید را فراهم می‌کند که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است [۲۸]. در سال‌های اخیر، آنالیز خلأ عملکرد گیاهان زراعی به‌صورت گسترده‌ای در جهان مورد بررسی قرار گرفته که از نظر وسعت می‌توان آن‌ها را در سطوح جهانی [۲۷]؛ ملی [۱۵]؛ و منطقه‌ای [۱۷] قرار داد که بیشتر این پژوهش‌ها روی سه غله اصلی یعنی گندم، برنج و ذرت که تأمین‌کننده بخش زیادی از غذای بشر هستند، متمرکز بود [۱۱]. دیگر محققان نیز از طریق مطالعه مروری تحقیقات انجام‌شده در جهان به آنالیز نظام‌های کاشت گیاهان زراعی برای افزایش پایداری پرداختند [۲۱]. در ایران آنالیز خلأ عملکرد به‌صورت پراکنده و برای گیاهان زراعی محدود انجام شد که اکثر مطالعه‌ها روی گندم متمرکز بود. محققان با آنالیز خلأ عملکرد

نخود در ایران، عوامل محیطی را مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد عنوان کردند [۲۳]. از مهم‌ترین تحقیقات انجام شده در زمینه آنالیز خلأ عملکرد برنج در جهان می‌توان به آنالیز خلأ عملکرد با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) توسط برخی محققان اشاره کرد [۱٦]. از دیگر مطالعه‌ها برای گیاه برنج می‌توان به آنالیز خلأ عملکرد برنج در نظام‌های کاشت رایج و ارگانیک در مدیترانه [۱۲]؛ تعیین عوامل مؤثر بر تنوع عملکرد برنج غرقابی در جنوب مرکزی بنین [۲٤]؛ تعیین عوامل رکود عملکرد برنج در نظام‌های کاشت غرقابی در دره رودخانه سنگال [۲۵]؛ آنالیز خلأ عملکرد نظام‌های کاشت برنج در آمریکا [۱۳ و ۱٤]؛ شبیه‌سازی خلأ عملکرد برنج در دنیا [۱۹]؛ تعیین خلأ عملکرد برنج غرقابی در کشور چین [۲۹] و آنالیز خلأ عملکرد برنج با استفاده از مدل‌سازی در فیلیپین [۲۲] اشاره کرد. در مطالعه دیگر نیز خلأ عملکرد برنج را ۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد [۱٦]. در تحقیق دیگر نیز مشاهده شد که به‌ترتیب کود با ۳۳ درصد، کمبود آب با ۲٦ درصد، برداشت دیرهنگام با ۱۸ درصد، وجین دستی در نوبت دوم با ۱٦ درصد و به تعویق افتادن نشاکاری با درصد، مهم‌ترین عوامل ایجاد خلأ عملکرد در برنج به میزان ۲۳٦۵ کیلوگرم در هکتار بودند [۲۰]. لذا، با توجه به اینکه برنج یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیاست و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد و استان مازندران نیز بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید برنج در کشور را دارا است، مستندسازی فرایند تولید و برآورد خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی این محصول ضروری است. بنابراین، در این مطالعه مستندسازی فرایند تولید و برآورد خلأ عملکرد برنج در منطقه بابل واقع در استان مازندران انجام شد تا امکان بهره‌گیری از این ابزار در بهبود فرایندهای تولید این محصول راهبردی مورد بحث قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۱. ۲. موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه

شهرستان بابل در استان مازندران واقع شده که در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۷ دقیقه تا ۳٦ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳٤ دقیقه تا ۵٤ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی قرار دارد. این منطقه بر اساس ویژگی‌های دما، بارش و توپوگرافی منطقه به دو نوع آب‌وهوای معتدل خزری و آب‌وهوای کوهستانی تقسیم می‌شود. مساحت اراضی شالیزاری در شهرستان بابل حدود ٤۵ هزار هکتار بوده که معادل ۱۹ درصد از کل اراضی شالیزاری در سطح استان مازندران است. کشت غالب ارقام محلی در منطقه بابل شامل طارم هاشمی، طارم محلی، طارم امرالهی، سنگ طارم و طارم فریدونکنار است.

مهم‌ترین مؤلفه‌های آب و هوایی در طی دوره نمو و رشد گیاه برنج در منطقه نیز در جدول ۱ ارایه شده است. داده‌های هواشناسی شامل دمای متوسط، دمای کمینه و بیشینه (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، ساعت آفتابی، تبخیر و تعرق (میلی‌متر) و بارندگی (میلی‌متر) به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک آمل با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ٤۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤۷ دقیقه با ارتفاع ۲۹ متر از سطح دریای آزاد جمع‌آوری شد (جدول ۱). این ایستگاه در سال ۱۳۷۹ تأسیس شد. برای محاسبه تابش خورشیدی (مگاژول در مترمربع در روز) از برنامه (Srad_calc) استفاده شد که از ضرایب انگستروم در برنامه استفاده شد [۸]. این برنامه از داده‌های ساعت آفتابی هر منطقه برای محاسبه تابش خورشیدی استفاده می‌نماید. برای محاسبه طول روز نیز از برنامه (PP_calc) استفاده شد [۸].

۲. ۲. جمع‌آوری داده‌ها

مستندسازی فرایند تولید در کشاورزی شامل تهیه کلیه

اطلاعات و فعالیت‌هایی است که سیر تولید یک محصول از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت را نشان می‌دهد [۵]. به این منظور در این پژوهش کلیه عملیات‌های مدیریتی انجام‌شده از مرحله شخم اولیه و تهیه خزانه تا برداشت مربوط به ۱۱۰ مزرعه در منطقه بابل واقع در استان مازندران به‌صورت پیمایشی و از طریق مطالعات میدانی برای برآورد خلأ عملکرد ثبت شد. تمامی مزارع مورد مطالعه متعلق به ارقام محلی بود (جدول ۲).

در این بررسی‌ها شیوه انجام هر عملیات مدیریتی در هر یک از مراحل کاشت، داشت و برداشت و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کردند، مشخص شد. کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه بستر بذر (نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و غیره)، رقم مورد استفاده و محل تهیه بذر آن، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری) و مسایل مربوط به برداشت (زمان برداشت و میزان عملکرد) جمع‌آوری شد. این اطلاعات در قالب پرسش‌نامه و از طریق مصاحبه رودررو با ۱۱۰ کشاورز جمع‌آوری و تکمیل شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان ثبت شد.

جدول ۱. میانگین مؤلفه‌های آب و هوایی در دوره آزمایش در مقایسه با آمار بلند مدت ۱۵ ساله (۹۵-۱۳۸۰) در منطقه بابل

منطقه	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	متوسط دما (°C)	تبخیر و تعرق (mm)	بارندگی کل (mm)	رطوبت نسبی (٪)	ساعت آفتابی کل	تابش خورشیدی ($mg\ m^{-2}\ d^{-1}$)
فروردین	۱۰/۸	۱۸/٦	۱٤/۷	٦۳/۲	۹۹/۳	۷۷	۱۲۳/٦	۱۳/۵
اردیبهشت	۱٦/٤	۲٤/۸	۲۰/٦	۸۵/۹	٤۱/٤	۷۸	۱٤۰/۹	۱۵/۹
خرداد	۱۹/۹	۲۷/۸	۲۳/۸	۱۲۱/۸	۲٤/٦	۸۰	۲۳۲/۸	۲۱/۱
تیر	۲۲/۳	۳۰/۷	۲٦/۵	۱۳۰/۲	۳۹/٦	۷۹	۲۰۳/۰	۱۹/۷
مرداد	۲۲/۵	۳۳/۱	۲۷/۸	۱٤۲/۳	۱۱/٤	۷٦	۲۳۲/۵	۲۰/۲
شهریور	۲۱/٦	۳۱/۰	۲٦/۳	۱۱۳/۹	۸۸/۵	٦۵	۱۹۳/۰	۱٦/۵
دوره ۱۵ ساله	۱۸/۵	۲٦/۹	۳۲/۲	۱۲۰/۸	۹۳/٤	۷۷/۵	۱۸۲/۷	۱۷/۹

جدول ۲. تشریح مشخصات ارقام مورد بررسی در آزمایش

رقم	ارتفاع بوته	وضعیت رسیدگی	طول دوره رشد (بذرپاشی در خزانه تا برداشت)	میزان عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کیفیت	تحمل به تنش	مبدأ رویش
طارم هاشمی	پابلند	زودرس	۱۱۸ روز	٤۱۰۰	بالا	کمی حساس	گیلان
طارم محلی	پابلند	زودرس	۱۲۳ روز	۳٦۰۰	بالا	حساس	مازندران
طارم امرالهی	پابلند	زودرس	۱۱۸ روز	٤۳۰۰	بالا	حساس	مازندران
سنگ طارم	پابلند	زودرس	۱۲۰ روز	٤۱۰۰	بالا	حساس	مازندران
طارم فریدونکنار	پابلند	زودرس	۱۲۰ روز	۳۹۰۰	بالا	حساس	مازندران

برای انجام این تحقیق ابتدا ۱۱۰ مزرعه در منطقه به‌طور تصادفی شناسایی و انتخاب شد. نحوه شناسایی مزارع به شکلی بود که کلیه روش‌های عمده تولید را در منطقه موردنظر پوشش داده و از لحاظ مدیریتی نیز دارای تنوع بودند. سپس، اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه جمع‌آوری شدند. برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه، ابتدا کلیه اعمال زراعی تفکیک شدند. سپس، با شروع هر عملیات، با توجه به نوسانات دمایی، تنوع روش‌های تولید و مقادیر مختلف کاربرد نهاده‌ها (ورودی‌ها) توسط کشاورزان منطقه و به‌منظور تهیه اطلاعات جامع‌تر، اطلاعات بارز عملیات زراعی از قبیل تاریخ شروع هر عملیات و میزان ورودی‌ها در هر مرحله از اجرا (کاشت تا برداشت) از مزارع جمع‌آوری و ثبت شد.

۳. ۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (کمی و کیفی؛ متغیرهای کیفی به‌صورت صفر و یک کدگذاری شد) و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام به گام مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل‌شده تعیین شد که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند. با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها (x ها) در مزارع مورد بررسی در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه شد. سپس، با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده‌شده متغیرها در مدل عملکرد، حداکثر عملکرد قابل‌حصول محاسبه گردید که اختلاف این دو، برابر خلأ عملکرد بود. اختلاف حاصل‌ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل‌ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر نشان‌دهنده مقدار خلأ عملکرد ایجادشده برای آن متغیر است. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن در ایجاد خلأ عملکرد بوده و به‌صورت درصد نشان داده شد. برای تجزیه‌وتحلیل از رویه‌های freq، nlin و stepwise در نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

ارزیابی داده‌های مزرعه‌ای در زمینه سابقه تولید کشاورز نشان داد که کشاورزان مورد بررسی در منطقه بین یک الی ٦۰ سال سابقه تولید داشتند (جدول ۳). طبق یافته‌ها حدود شش درصد از کشاورزان سابقه تولید کمتر از ۱۰ سال و حدود ۲۰ درصد از کشاورزان سابقه تولید بین ۱۰ تا ۲۰ سال داشتند. بخش قابل‌توجهی از کشاورزان مورد بررسی در منطقه (حدود ٤٦ درصد) سابقه تولید بین ۲۰ الی ٤۰ سال را دارا بودند. تنها ۱۷ درصد از کشاورزان سابقه تولید بالای ٤۰ سال (٤۰ الی ٦۰ سال) دارند (جدول ۳).

اراضی شالیزاری انتخاب‌شده، دارای مساحت متفاوتی بوده و از این نظر دارای تنوع لازم بوده‌اند. مساحت ۱۱۰ مزرعه مورد بررسی بین ۰/۱۲۵ الی ٦ هکتار بود (جدول ۳). حدود ۸۰ درصد از مزارع دارای مساحت کمتر از یک هکتار بودند. همچنین، ۲۰ درصد از مزارع باقی‌مانده دارای مساحتی بین یک الی شش هکتار داشتند. حدود ۱۵/۵ درصد از کشاورزان (۱۷ کشاورز) مزارع با مساحت یک هکتار و حدود ۱۰/۹ درصد از کشاورزان دارای مزارع با مساحت ۰/۳ هکتار بودند (جدول ۳).

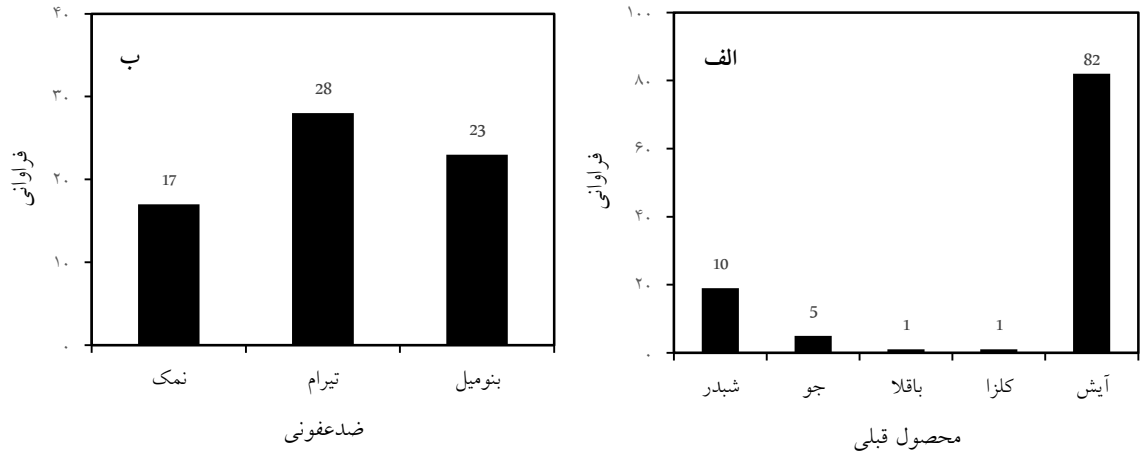
از نظر محصول قبل از کاشت برنج در ۱۱۰ مزرعه مورد مطالعه، ۸۲ مزرعه زیر کشت هیچ محصولی قرار نگرفته و شرایط آیش (نکاشت) را داشت. تنها ۱۹ مزرعه به زیر کشت شبدر برسیم رفته و به‌ترتیب پنج، یک و یک مزرعه به زیر کشت جو، باقلا و کلزا رفته بودند (شکل

۱-الف). طبق بررسی‌ها ضدعفونی بذور توسط کشاورزان منطقه توسط سه ماده انجام شد که شامل نمک، تیرام و بنومیل بود که استفاده از تیرام و بنومیل برای ضدعفونی بذر مطلوب‌تر است. تنها ۱۷ کشاورز از نمک برای ضدعفونی بذور استفاده کردند. ۲۸ کشاورز از تیرام و ۲۳ کشاورز نیز از بنومیل برای ضدعفونی بذور مصرفی استفاده کردند (شکل ۱-ب).

با توجه به یافته‌های جدول ۳، مصرف بذر توسط کشاورزان منطقه بین ۳۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که حد ایده‌آل مصرف بذر ۵۰-۴۰ کیلوگرم در هکتار است. بر اساس یافته‌ها در ۲۰ درصد از مزارع مصرف بذر کمتر از ٤٧ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. همچنین، ۳۰ درصد از کشاورزان بین ٤٧ الی ۵۸ کیلوگرم بذر برای یک هکتار مصرف کردند. همچنین، بذر مصرفی ٤٠ درصد از کشاورزان بین ۵۸ الی ۷۳ کیلوگرم در هکتار بود. تنها ۱۰ درصد از کشاورزان مورد بررسی مصرف بذر بالای ۷۳ کیلوگرم در هکتار داشتند که حداکثر بذر مصرفی نیز ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. میانگین، حداقل، حداکثر، اشتباه استاندارد و ضریب تغییرات متغیرهای مورد بررسی در اراضی شالیزاری منطقه بابل

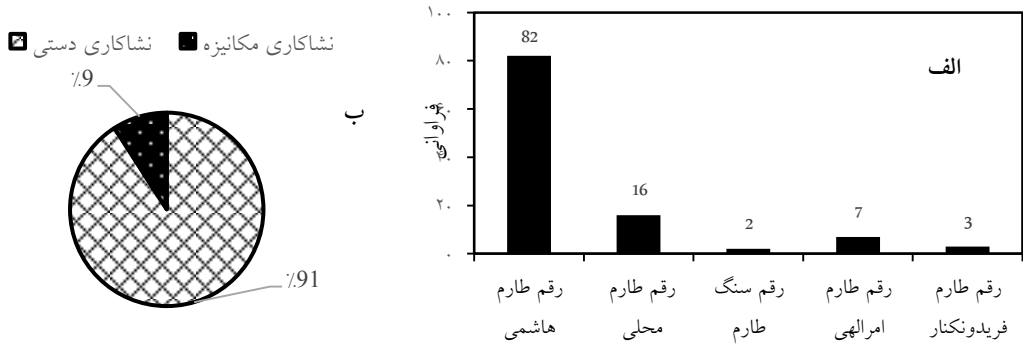
متغیر	واحد	میانگین	حداقل	حداکثر	اشتباه استاندارد (SE)	ضریب تغییرات (٪)
سابقه تولید	سال	۳۰/۱٤	۱	٦۰	۱/۱۷	٤۰/٦۰
مساحت مزرعه	هکتار	۰/۸٤	۰/۱۲۵	٦	۰/۰۷	۸۹/۷۸
میزان بذر	کیلوگرم در هکتار	۵٦/۸۵	۳۰	۱۲۰	۱/۲۲	۲۲/۵۲
تاریخ نشاکاری	روز از اول فروردین	٤۲/۱۹	۲۳	٦۷	۰/۷٤	۱۸/٤۹
سن گیاهچه	روز	٤۰/۵۳	۲۳	۵۸	۰/۷۵	۱۹/٤۲
تعداد گیاهچه	عدد	۵	۳	۱۰	۰/۱۲	۲٤/۲۰
تراکم کاشت	بوته در متر مربع	۲۵	۱۷	٤۰	۰/۵۰	۲۰/۷۰
تعداد کود سرک	عدد	۰/٦۹	۰	۲	۰/۰٦	۹۱/٤۲
مقدار نیتروژن خالص	کیلوگرم N در هکتار	۸۰/٤۸	۰	۱۸٤	۳/٤۹	٤۳/٦٤
مقدار فسفر خالص	کیلوگرم P_2O_5 در هکتار	۳۹/۹۲	۰	۱۲۰	۲/۵٤	٦٦/۷۲
مقدار پتاسیم خالص	کیلوگرم K در هکتار	۲۳/۱٤	۰	۹۵	۲/٦٤	۱۱۹/۷۸
نیتروژن قبل از نشاکاری	کیلوگرم N در هکتار	٤۱/۷۸	۰	۱۳۸	۳/۳۵	۸٤/۰۷
نیتروژن در دوره رویشی	کیلوگرم N در هکتار	۳۲/۰۳	۰	۱۲٤/٦	۳/۳٤	۱۰۹/۵٤
نیتروژن بعد از گلدهی	کیلوگرم N در هکتار	۲/۳۳	۰	٤۲	۰/۷۱	۳۲۰/۷٤
تعداد آبیاری	عدد	٤۱	۳۵	۵۵	۰/٤۰	۱۰/۲۸
مصرف حشره‌کش	تعداد دفعات	۱/۳۱	۰	۳	۰/۰۸	٦۲/۷۲
مصرف علف‌کش	تعداد دفعات	۱/۸۰	۰	۳	۰/۰۵	۲۸/۹۵
مصرف قارچ‌کش	تعداد دفعات	۰/۷۷	۰	۲	۰/۰٦	۸۳/٤٤
وجین	تعداد دفعات	۱/۲۲	۰	۲	۰/۰۵	۳۹/۱۳
تاریخ برداشت	روز از اول فروردین	۱۳۵	۱۱۸	۱۵۲	۰/٦۰	٤/٦۹
عملکرد شلتوک	کیلوگرم در هکتار	٤۵۱۲	۳۲۰۰	٦۱۰۰	۵۱/۹٤	۱۲/۰۷



شکل ۱. درصد فراوانی محصول قبلی (الف) و ماده ضدعفونی‌کننده (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

استفاده از مکانیزاسیون برای تهیه خزانه، بذر مصرفی و سطح خزانه‌گیری را در کاشت نیمه‌مکانیزه کاهش می‌دهد. همچنین، نشاکاری به روش رایج زودتر از روش نیمه‌مکانیزه شروع می‌شود. این در حالی است که در روش سنتی و هنگام کندن و انتقال نشاها به زمین اصلی ریشه، ساقه و برگ‌ها خسارت دیده و هنگام نشا نیز ریشه‌ها حالت انحنا پیدا می‌کند که موجب پوسیدگی از محل انحنا و وارد شدن خسارت به گیاهچه برنج می‌شود، ولی این مشکلات در روش مکانیزه وجود ندارد. در کاشت نیمه‌مکانیزه شیوه خزانه‌گیری تغییریافته و از خزانه نشای جعبه‌ای و پرورش و کاشت نشاهای جوان ٤-٣ برگی انجام می‌شود [۲ و ۳]. شالیکاران در کاشت رایج منطقه به‌طور معمول نشاهای مسن و بالغ گیاه برنج را با تراکم‌های بالا، به‌صورت دسته‌ای و با تعداد بسیار زیاد نشا در کپه نشاکاری می‌کنند که باعث افزایش مصرف بذر و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه گیاه برنج در اثر افزایش رقابت درون بوته‌ای می‌شود [٦].

طبق یافته‌ها در ۱۱۰ مزرعه مورد مطالعه کشاورزان از ارقام محلی طارم هاشمی، طارم محلی، سنگ طارم، طارم امرالهی و طارم فریدونکنار استفاده کردند. از کل مزارع مورد مطالعه ۸۲ مزرعه متعلق به رقم طارم هاشمی بود و ١٦ مزرعه نیز به زیر کشت رقم طارم محلی رفته بود. تنها دو مزرعه مربوط به رقم سنگ طارم، هفت مزرعه مربوط به رقم طارم امرالهی و سه مزرعه متعلق به رقم طارم فریدونکنار بود (شکل ۲-الف). بر اساس یافته‌ها در ۹۱ درصد از مزارع (۱۰۰ مزرعه) نشاکاری به روش دستی و به‌صورت تصادفی انجام شد و در نه درصد از مزارع (۱۰ مزرعه) نیز نشاکاری مکانیزه و خطی و منظم انجام شد (شکل ۲-ب). مدیریت استفاده از ادوات و ماشین‌آلات یکی از قسمت‌های مهم مدیریت مزرعه است. استمرار و تداوم در امر توسعه مکانیزاسیون مستلزم این است که شناخت کافی از نحوه کاربرد ادوات و ماشین‌آلات، سطح توجیه‌کننده مالکیت و میزان سازگاری آن‌ها با توجه به سطوح مالکیت اراضی، وجود داشته باشد. ارتقای مکانیزاسیون از عوامل مهم و تأثیرگذار برای رسیدن خودکفایی یا خوداتکایی برنج است که از طریق تجهیز و نوسازی اراضی و ساماندهی و ارتقای مکانیزاسیون امکان‌پذیر است [۱ و ۳].



شکل ۲. درصد فراوانی رقم مورد استفاده (الف) و احتمال توزیع تجمعی شیوه نشاکاری (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

با توجه به یافته‌های جدول ۳ مشاهده می‌شود که حدود شش درصد از کشاورزان منطقه در فروردین ماه نشاکاری انجام دادند. حدود ۹۳ درصد از کشاورزان نیز در اردیبهشت‌ماه نشاکاری را در منطقه به اتمام رساندند و در خردادماه تنها یک کشاورز اقدام به نشاکاری کرده در در هفته اول خرداد ماه این عملیات را انجام داد. بر اساس یافته‌ها ٥٦ درصد از کشاورزان منطقه در نیمه اول اردیبشهت و حدود ۳۷ درصد از کشاورزان منطقه در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه نشاکاری انجام داده‌اند (جدول ۳). بهترین تاریخ نشاکاری در منطقه اواسط اردیبهشت‌ماه است. برای مدیریت بهتر مزرعه، کاهش هزینه تولید و افزایش عملکرد محصول با توجه به شرایط آب‌وهوایی، نوع رقم و طول دوره رشد گیاه برنج تهیه تقویم زراعی ضروری است. کشت متوالی و تک‌کشتی محصول برنج بدون آیش‌گذاری در اراضی شالیزاری استان مازندران متداول است، لذا زمان کافی برای تهیه بستر بذر از این نظر وجود دارد. در منطقه مورد مطالعه شخم اولیه مزرعه برای آماده‌سازی بستر بذر و زمین اصلی از دهه سوم اسفند تا دهه سوم فروردین انجام می‌شود. همچنین، کاشت به روش رایج زودتر از کاشت نیمه‌مکانیزه در منطقه انجام می‌شود.

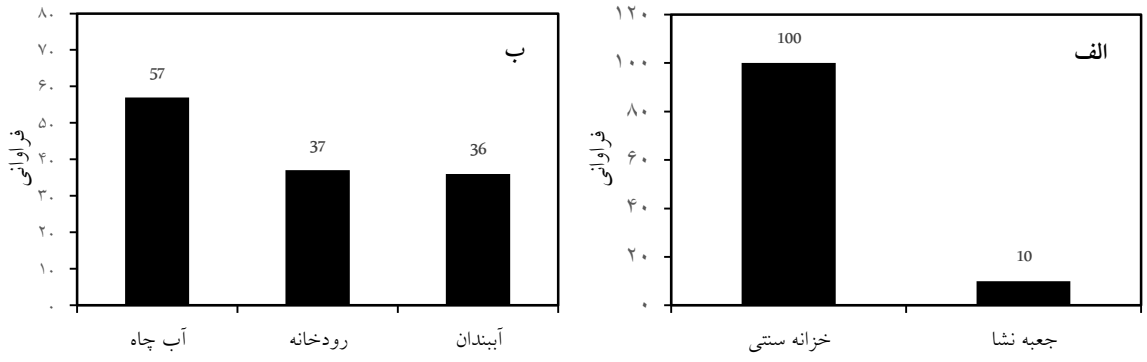
تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به متغیر سن گیاهچه نشان داد که دامنه تغییرات سن گیاهچه‌های مورد استفاده بین ۲۳ الی ۵۸ روز بود (جدول ۳). حدود ده درصد از کشاورزان از گیاهچه‌های با سن کمتر از ۳۰ روز استفاده کردند. حدود ٤٠ درصد از مزارع مورد بررسی توسط گیاهچه‌های با سن ۳۰ الی٤٠ روز نشاکاری شده بودند. همچنین، ۳۰ درصد از کشاورزان منطقه از گیاهچه‌های با سن ٤٠ الی ٤٧ روز استفاده کردند. تنها ۱۲ درصد از کشاورزان در منطقه با گیاهچه‌های بالاتر از ٤٨ روز اقدام به نشاکاری کردند که حداکثر سن گیاهچه مورد استفاده ۵۸ روز بود (جدول ۳). بر اساس یافته‌ها گیاهچه‌های کمتر از ۳۰ روز از طریق نشاکاری مکانیزه و نشاهای بالاتر از ۳۰ روز برای نشاکاری دستی استفاده شده بودند. بهترین سن گیاهچه برای نشاکاری حدود ۳۰-۲۰ روز است. از نظر نوع خزانه نیز دو وضعیت خزانه سنتی و جعبه نشا وجود داشت که کشاورزان در ۱۰۰ مزرعه از خزانه سنتی استفاده کرده بودند و تنها در ۱۰ مزرعه نشاکاری با استفاده از جعبه نشا انجام شد (شکل ۳-الف). بر اساس یافته‌ها تعداد گیاهچه در کپه بین سه الی ده عدد متغیر بود که در هفت مزرعه از تعداد سه گیاهچه در کپه استفاده شده بود. در ۳۳ مزرعه از چهار گیاهچه در کپه و در ٤١ مزرعه از پنج گیاهچه در کپه استفاده شد. همچنین، در ۱۸ مزرعه از شش گیاهچه در کپه و در هفت مزرعه از هفت گیاهچه در کپه استفاده شد. تنها در سه مزرعه از

هشت گیاهچه در کپه و در یک مزرعه از ده گیاهچه در کپه استفاده کردند (جدول ۳).

ارزیابی داده‌های مزرعه‌ای نشان می‌دهد که تعداد دفعات آبیاری بین ۳۵ الی ۵۵ مرتبه متغیر بود (جدول ۳). تعداد دفعات آبیاری در ۲۰ درصد از مزارع کمتر از ۳۷ مرتبه بود. تعداد دفعات آبیاری ۷۰ درصد از مزارع بین ۳۷ الی ٤٥ مرتبه گزارش شد. تنها ده درصد از مزارع تعداد آبیاری بیشتر از ٤٥ مرتبه (بین ٤٥ الی ٥٥ مرتبه) بود. در ٤٠ مزرعه ٤٠ مرتبه آبیاری انجام شد و در ١٦ مزرعه ٤٥ مرتبه آبیاری گزارش شد (جدول ۳). از نظر منبع تهیه آب آبیاری نیز برای ٥٧ مزرعه از آب چاه، در ۳۷ مزرعه از رودخانه و در ٣٦ مزرعه نیز از آببندان استفاده شده بود (شکل ۳-ب). با توجه به این‌که افزایش آب مصرفی بیش از حد لازم نقشی در افزایش عملکرد ندارد، صرفه‌جویی ناشی از این روش در مواقع خشک‌سالی و کمبود آب می‌تواند مؤثر باشد. بنابراین، لازم است روش‌های صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری آب برای تولید برنج مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس دستورالعمل فنی کاشت برنج باید یک ماه اول آبیاری غرقابی و بقیه دوره رشد به‌صورت آبیاری تناوبی انجام شود. در یک ماه اول وجود آب دایم در پایه بوته‌ها در کنترل رشد علف‌های هرز مؤثر است. هم‌چنین، با تغییرات احتمالی دمای محیط سبب مقابله می‌شود. بنابراین، آبیاری تناوبی به فاصله ۷-٤ روز بسته منطقه و نوع خاک مناسب است [۲ و ۳].

محققان دریافتند که آبیاری تناوبی و ایجاد زه‌کش در اراضی شالیزاری به صرفه‌جویی در مصرف آب منجر می‌شود که نتیجه آن افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف آب خواهد بود. همچنین، شرایط غرقابی دایم سبب پوسیدن ریشه، کاهش پنجه‌زنی و رشد گیاه برنج شده و در نهایت سبب کاهش پتانسیل تولید و افزایش مصرف آب می‌گردد [٦].

بر اساس دستورالعمل فنی کاشت برنج باید شخم اول سه هفته قبل از نشاکاری انجام شود. شخم دوم همراه با تیلر یا تراکتور برای گل‌کردن نیز دو هفته قبل از نشاکاری و شخم سوم همراه با پادلینگ و تسطیح زمین انجام گردد. هم‌چنین، در کاشت مکانیزه برنج باید عملیات آماده‌سازی زمین که شامل شخم برگردان، شخم دوم و شخم سوم تسطیح و آماده‌سازی (باید حدود ۲۰ روز قبل از نشا انجام شود) است به‌ترتیب در زمستان، فروردین و اردیبهشت انجام می‌شود [۲ و ۳].



شکل ۳. درصد فراوانی نوع خزانه (سنتی و جعبه نشا) (الف) و منبع تأمین آب آبیاری (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

بر اساس یافته‌ها تراکم کاشت در ۱۱۰ مزرعه مورد بررسی بین ۱۷ الی ٤۰ بوته در متر مربع بود که حد مطلوب تراکم کاشت ارقام محلی ۲۵-۲۰ بوته در متر مربع است. تراکم کاشت حدود ده درصد از مزارع کمتر از ۲۰ بوته در متر مربع بود. تراکم کاشت حدود ۸۰ درصد از مزارع بین ۲۰ الی ۳۰ بوته در متر مربع و تراکم کاشت تنها ده درصد از مزارع بین ۳۰ الی ٤۰ بوته در متر مربع گزارش شد. حدود ٤۲ درصد از مزارع (٤٦ مزرعه) دارای تراکم کاشت ۲۲ بوته در متر مربع و ۲۸ درصد از مزارع (۳۱ مزرعه) دارای تراکم کاشت ۳۰ بوته در مزرعه بودند (جدول ۳). از نظر تعداد دفعات مصرف کود سرک در ٤٤ مزرعه کود سرک مصرف نشد. در ٥٦ مزرعه تنها یک مرحله کود سرک مصرف شد و تنها در ده مزرعه دو مرحله سرک استفاده شده بود (جدول ۳). مصرف کود سرک توسط کشاورزان در دو مرحله انجام می‌شود که بیش‌تر کشاورزان در مراحل شروع پنجه‌دهی و ظهور خوشه آغازین انجام می‌دهند و برخی از کشاورزان نیز در مرحله خوشه‌دهی کامل کود سرک مصرف می‌کنند.

یافته‌های جدول ۳ مصرف نیتروژن خالص در ۱۱۰ مزرعه مورد بررسی را در منطقه بابل نشان می‌دهد. میزان کل کود نیتروژن مصرفی در منطقه بین صفر الی ۱۸٤ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که حد مطلوب مصرف نیتروژن خالص برای ارقام محلی برنج حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در بین مزارع مورد بررسی پنج کشاورز از کود نیتروژن استفاده نکردند. حدود ۱۹ درصد از کشاورزان کمتر از ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن استفاده کرده بودند. حدود ۵۰ درصد از کشاورزان نیز بین ۵۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مصرف کردند. حدود ۳۰ درصد از کشاورزان بین ۱۰۰ الی ۱۵۰ کیلوگرم مصرف کود نیتروژن داشتند و تنها در یک مزرعه مصرف نیتروژن برابر ۱۸٤ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۳). به‌طورکلی ارزیابی اراضی شالیزاری در منطقه بابل نشان می‌دهد که مصرف کود فسفر در منطقه بین صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (جدول ۳). طبق یافته‌ها در ۲۰ مزرعه (۱۸/۱۸ درصد از مزارع) عدم مصرف فسفر گزارش شد. برای حدود ۷۰ درصد از مزارع مصرف کود فسفر کمتر از ۵۰ کیلوگرم در هکتار ثبت شده بود. در ۲۵ درصد از مزارع مصرف کود فسفر بین ۵۰ الی ۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد و تنها پنج درصد از مزارع مصرف فسفر بالای ۸۰ کیلوگرم در هکتار (۸۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) داشتند. تنها در یک مزرعه مصرف کود فسفر برابر ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). کشت و کار رایج برنج در منطقه به‌علّت عدم درک صحیح از نیازمندی‌های گیاه برنج، با مشکلات زیادی روبه‌رو است. به‌طوری‌که مصرف بی‌رویه آب، کودها و سموم شیمیایی نه تنها به افزایش هزینه تولید منجر شده، بلکه موجب کاهش عملکرد شده و باعث تخریب منابع و محیط زیست در درازمدت می‌گردد [٦]. انجام عملیات مربوط به داشت در طی فصل رشد می‌تواند منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گردد. کوددهی، آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز و بیماری‌ها از عملیات مهم زراعی هستند که در طول فصل رشد مورد توجه اکثر کشاورزان قرار می‌گیرد [۵].

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که مصرف کود پتاسیم در منطقه بین صفر تا ۹۵ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. طبق یافته‌ها در ۵۸ مزرعه (۵۲/۷۳ درصد) عدم مصرف پتاسیم گزارش شد. در ۷۰ درصد از مزارع مورد بررسی مصرف کود پتاسیم کمتر از ٤۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. مصرف کود پتاسیم در ده درصد از مزارع مورد مطالعه نیز بین ٤۰ الی ۵۳ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، در ده درصد از مزارع مصرف پتاسیم بین ۵۳ الی ٦٤ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. طبق یافته‌ها در ده

درصد از مزارع مصرف کود پتاسیم بین ٦٤ الی ٩٥ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٣).

بر اساس یافته‌های جدول ٣ مصرف کود نیتروژن قبل از نشاکاری در ١١٠ مزرعه مورد بررسی در منطقه بین صفر الی ١٣٨ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. کشاورزان در ٣١ مزرعه (٢٨/١٨ درصد) در مرحله قبل از نشاکاری کود نیتروژن مصرف نداشتند. حدود ٣٠ درصد از مزارع مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری برابر ٢٩ کیلوگرم در هکتار و ده درصد از مزارع مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری بین ٢٩ الی ٣٨ کیلوگرم در هکتار بود. در ٢٠ درصد از مزارع مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری بین ٣٨ الی ٦١ کیلوگرم در هکتار و در ده درصد از مزارع مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری بین ٦١ الی ٧٤ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، ١٥ درصد از مزارع مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری بین ٧٤ الی ١٠٠ کیلوگرم در هکتار بود و تنها پنج درصد از مزارع مصرف نیتروژن بالاتر از ١٠٠ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (جدول ٣).

ارزیابی اطلاعات ١١٠ مزرعه مورد بررسی نشان می‌دهد که مصرف کود نیتروژن در مرحله رویشی بین صفر الی ١٢٤/٦ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٣). از بین ١١٠ مزرعه در ٤٠ مزرعه (٣٦/٣٦ درصد) در مرحله رشد رویشی مصرف نیتروژن گزارش نشد. ٥٠ درصد از مزارع مورد مطالعه مصرف نیتروژن مرحله رشد رویشی کمتر از ٢٣ کیلوگرم در هکتار بود. ٣٠ درصد از مزارع مورد مطالعه مصرف نیتروزن مرحله رشد رویشی بین ٢٣ الی ٦٠ کیلوگرم در هکتار بود. در ده درصد از مزارع مصرف نیتروژن بین ٦٠ الی ٨٧ کیلوگرم در هکتار و در ده درصد باقی مانده نیز مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری بین ٨٧ الی ١٢٤/٦ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٣). طبق یافته‌های جدول ٣ دامنه تغییرات مصرف کود نیتروژن بعد از مرحله گلدهی بین صفر الی ٤٢ کیلوگرم در هکتار بود. در ٩٠ درصد از مزارع مورد مطالعه در این مرحله مصرف کود نیتروژن گزارش نشد و تنها ده درصد از مزارع دارای مصرف کود نیتروژن در این مرحله بودند که مقدار کود مصرفی بین ٦/٩ الی ٤٢ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (جدول ٣). این نتایج نشان می‌دهد که کشاورزان منطقه از اهمیت تقسیط کود نیتروژن و سهم قابل توجه نیتروژن مصرفی در این مرحله آگاهی ندارند و نیاز به ترویج و انتقال یافته‌های علمی دارد.

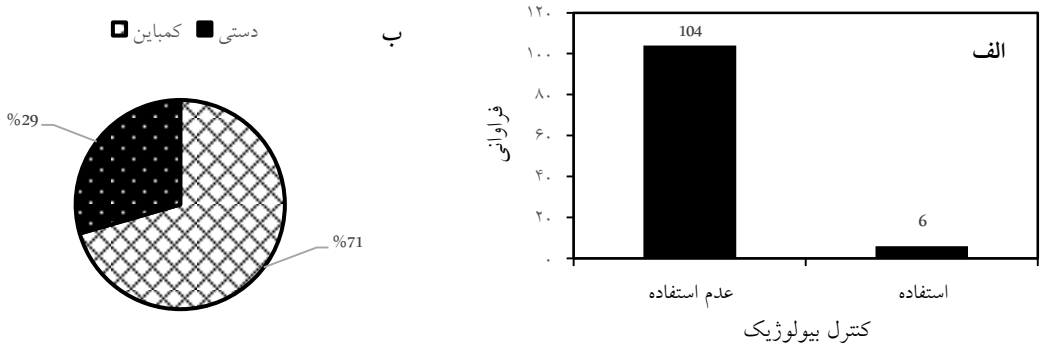
تعداد دفعات مصرف حشره‌کش در ١١٠ مزرعه مورد بررسی بین صفر تا سه مرتبه متغیر بود. در ٢٠ مزرعه حشره‌کش مصرف نشد. در ٤١ مزرعه یک مرحله و در ٤٤ مزرعه در مرحله از حشره‌کش برای کنترل آفات استفاده شده بود که مصرف دو الی سه مرتبه حشره‌کش با توجه به شرایط منطقه مطلوب است. تنها در پنج مزرعه سه مرحله از حشره‌کش استفاده شد (جدول ٣). تعداد دفعات مصرف علف‌کش نیز بین صفر تا سه مرتبه متغیر بود که در پنج مزرعه عدم مصرف علف‌کش، در ١٣ مزرعه یک مرحله، در ٩١ مزرعه دو مرحله و در یک مزرعه سه مرحله از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز استفاده شده بود که مصرف یک الی دو مرحله علف‌کش مناسب است (جدول ٣). تعداد دفعات مصرف قارچ‌کش نیز در مزارع مورد مطالعه بین صفر تا دو مرحله متغیر بود که در ٣٨ مزرعه عدم مصرف، در ٥٩ مزرعه یک مرتبه مصرف و در ١٣ مزرعه دو مرحله مصرف قارچ‌کش مشاهده شد (جدول ٣). طبق یافته‌ها در ١١٠ مزرعه مورد مطالعه تنها در شش مزرعه از سموم بیولوژیک برای کنترل آفات استفاده شده بود و در ١٠٤ مزرعه از سموم بیولوژیک برای کنترل آفات استفاده نشد که برای کاهش آلودگی زیست محیطی کنترل بیولوژیک توصیه می‌شود (شکل ٤-الف).

علف‌های هرز به‌علت استفاده از فضا، سایه‌اندازی،

استفاده از آب و عناصر غـذایی خـاک، میزبان بودن برای آفات و بیماری‌ها، فراهم نمودن محیط مناسب برای فعالیت عوامل بیماری‌زا و ایجـاد مشکلات فراوان در هنگام برداشت دارای اهمیت هستند. کنترل علف‌های هرز در زراعت برنج نیز برای جلوگیری از خسارت کمی و کیفی محصول، کاهش هزینه تولید و خسارت آفات و بیماری است. کاهش عملکرد ناشی از خسارت علف‌های هـرز در مزارع برنج نشاکاری بین ده تا ۵۰ درصد گزارش شد [۱۰]. در بین آفات و بیماری‌هایی که به مزارع برنج آسیب می‌رساند، کرم ساقه‌خوار بیشترین سهم را دارد. با توجه به زمان کاشت و وضعیت رویشی گیاه (مرحله پنجه‌زنی) با ظهور علایم بیماری روی برگ‌ها و مساعد بودن شرایط آب‌وهوایی برای گسترش بیماری (هوای ابری و غیرآفتابی، بارندگی‌های مستمر، رطوبت نسبی بالا) با محلول قارچ‌کش علیه بیماری استفاده شود [۹]. مبارزه زراعی با بیماری‌های مهم برنج نیز شامل: کاشت ارقام متحمل به آفات و بیماری‌ها، شخم عمیق بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول، رعایت اصول صحیح زراعت برنج مانند فاصله کاشت، زمان کاشت (کاشت زود هنگام برای فرار از بیماری بلاست توصیه می‌گردد)، آبیاری مناسب، مصرف بهینه کودها به‌ویژه مصرف تقسیطی کودهای نیتروژن‌دار، از بین بردن علف‌های هرز میزبان واسط، رعایت تناوب زراعی بین ارقام محلی و پرمحصول، زهکشی مناسب شالیزار و رعایت بهداشت زراعی است [۹]. از نظر وجین علف‌های هرز نیز در ۸۰ مزرعه تنها یک مرتبه وجین دستی و در ۲۷ مزرعه نیز تنها دو مرتبه اقدام به وجین دستی برای کنترل علف‌های هرز شده بود. در سه مزرعه نیز وجین انجام نشد (جدول ۳). علی‌رغم اینکه مصرف سموم شیمیایی در بین شالیکارانی که از کنترل بیولوژیک بهره می‌گیرند به‌طور کامل حذف نشده است، اما کاهش چشم‌گیری در مقاسیه با عدم کنترل بیولوژیک مشاهده شد. با توجه به این‌که طرح کاهش سموم شیمیایی و به‌کارگیری روش‌های مبارزه بیولوژیک به‌ویژه زنبور تریکوگراما، نسبتاً موفقیت‌آمیز بوده است [۹]، و کاهش مصرف سموم شیمیایی را در برداشته است، به‌نظر می‌رسد که حمایت بیش‌تر در این زمینه مؤثر باشد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که برداشت محصول از ۱۱۸ الی ۱۵۲ روز بعد از اول فروردین انجام شده بود (جدول ۳). در ۲۰ درصد از مزارع برداشت در ۱۳۰ روز بعد از اول فروردین انجام شد. در ٦۰ درصد از مزارع نیز برداشت از ۱۳۰ الی ۱٤۰ روز بعد از اول فروردین صورت گرفت. برداشت تنها ۲۰ درصد مزارع در ۱٤۰ الی ۱۵۲ روز بعد از اول فروردین انجام شد (جدول ۳).

طبق یافته‌ها در ۷۱ درصد از مزارع مورد مطالعه (۷۹ مزرعه) برداشت محصول با کمباین و در ۲۹ درصد از مزارع مورد مطالعه (۳۳ مزرعه) برداشت با دست انجام شد که برای کاهش هزینه تولید برداشت با کمباین توصیه می‌شود (شکل ٤-ب). با توجه به یافته‌های جدول ۳ مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات عملکرد شلتوک در ۱۱۰ مزرعه بین ۳۲۰۰ الی ٦۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. حدود ۱۰ درصد از مزارع عملکرد کمتر از ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. عملکرد شلتوک حدود ۲۰ درصد از مزارع مورد بررسی بین ۳۸۰۰ الی ٤۲۲۵ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. همچنین، در ۳۰ درصد از مزارع مورد بررسی عملکرد شلتوک بین ٤۲۲۵ الی ٤٦۹۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. عملکرد شلتوک ۳۰ درصد از مزارع مورد مطالعه بین ٤٦۹۰ الی ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و تنها در ۱۰ درصد از مزارع عملکرد شلتوک بین ۵۲۰۰ الی ٦۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ثبت شد (جدول ۳).



شکل ٤. درصد فراوانی کنترل بیولوژیک (الف) و شیوه برداشت (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

یافته‌های مربوط به رگرسیون گام به گام برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد و معادله تولید در جدول ٤ ارایه شده است. در این مدل رگرسیونی، عملکرد شلتوک در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و سایر متغیرها از قبیل آیش (نکاشت)، رقم طارم امرالهی، تراکم کاشت، نیتروژن قبل از نشا، نیتروژن بعد از گلدهی، خسارت آفات و خسارت علف‌های هرز به‌عنوان متغیرهای مستقل لحاظ شدند که نتیجه آن در معادله نهایی ارایه شد. در نهایت با استفاده از این معادله تولید، میزان عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول و سهم هر کدام از متغیرها بر کاهش عملکرد تعیین شد. بنابراین، از حدود ۱۵۵ متغیر مورد بررسی، مدل (معادله رگرسیون نهایی) با شش متغیر مستقل انتخاب شد (جدول ٤). معادله نهایی عملکرد به‌صورت زیر بود:

$$Y\ (kg\ h^{-1}) = 3673 + 242\ X_1 + 401\ X_2 + 25\ X_3 + 4\ X_4 + 16\ X_5 - 244\ X_6 - 105\ X_7$$

که در آن Y: عملکرد شلتوک برحسب کیلوگرم در هکتار، X_1: آیش (نکاشت)، X_2: رقم طارم امرالهی، X_3: تراکم کاشت، X_4: نیتروژن قبل از نشاکاری، X_5: نیتروژن بعد از گلدهی، X_6: خسارت آفات و X_7: خسارت علف‌های هرز است، که در ادامه به بررسی تک‌تک عوامل مؤثر بر عملکرد پرداخته شده است. مشخصات متغیرهای واردشده در مدل به‌صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول ٤ ارایه شد. بهترین حالت برای متغیرهای آیش (نکاشت)، رقم طارم امرالهی، تراکم کاشت، نیتروژن قبل از نشاکاری و نیتروژن قبل از گلدهی با اثر مثبت، مقدار حداکثر آنها انتخاب شده و انتخاب شد. متغیرهای خسارت آفات و خسارت علف‌های هرز به‌عنوان متغیر منفی بوده و مقادیر اندک آنها انتخاب شد. بنابراین، مقدار بهینه معادل مقدار حداقل این دو متغیر بود (جدول ٤).

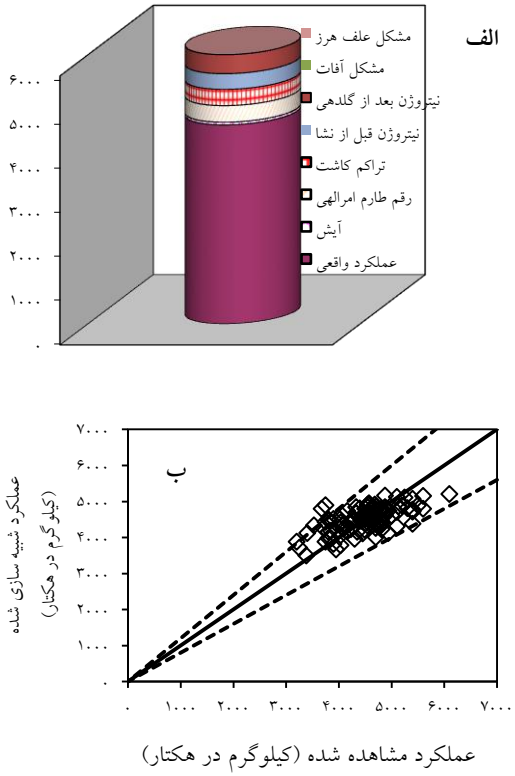
میزان افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط دو متغیر خسارت آفات و خسارت علف هرز به‌ترتیب برابر هفت و سه درصد از کل افزایش عملکرد معادل ۱٤۰ و ۵۹ کیلوگرم در هکتار بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر آیش برابر ٦۲ کیلوگرم در هکتار معادل سه درصد از کل افزایش عملکرد بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر رقم طارم امرالهی و تراکم کاشت نیز به‌ترتیب برابر ۳۷۵ و ۳٦۷ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۹ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری و بعد از گلدهی به‌ترتیب برابر ۳۵۵ و ٦۱۹

کیلوگرم در هکتار معادل ۱۸ و ۳۱ درصد از کل افزایش عملکرد بود (جدول ٤). در بین هفت متغیر وارد شده در مدل اثر متغیر مصرف نیتروژن بعد از گلدهی قابل توجه بوده و با مصرف نیتروژن در این مرحله می‌توان بخش قابل توجهی از خلأ عملکردی در مزارع کشاورزان را جبران کرد. جدول ٤ کل خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن را نشان می‌دهد. مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ٤٥٧٢ و ٦٤٨٩ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده (٤٥١٢ و ٦١٠٠ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلأ عملکرد تخمین زده شده برابر ۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می‌توانند برداشت کنند ۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف یا کاهش خواهد بود (جدول ٤؛ شکل ٥-الف). یافته‌های شکل ٥-ب رابطه بین عملکرد واقعی (مشاهده‌شده) و عملکرد پیش‌بینی‌شده (شبیه‌سازی‌شده) را نشان می‌دهد. این آماره نشان می‌دهد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودیت‌کننده عملکرد به‌کار گرفته شود. طبق یافته‌های این پژوهش، میزان بالای خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل‌توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دست‌یابی به پتانسیل عملکرد به ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود.

هدف بسیاری از محققان نیز افزایش عملکرد تا حد قابل قبولی 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 دهد. به‌نظر می‌رسد عملکردی معادل ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل یک آستانه تقریبی مطلوب از نظر اقتصادی در بیشتر نظام‌های کاشت گیاهان زراعی باشد [۱۸]. 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 محصولات، از نظر اقتصادی برای کشاورزان منطقه مقرون به‌صرفه نباشد. علاوه بر این، مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل خلأ عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌های مدیریتی ناکارآمد در مزارع کشاورزان است [٤].

جدول ٤. کمی کردن خلأ عملکرد برنج و سهم هر یک از متغیرهای واردشده در معادله تولید

متغیر	ضریب	شکل متغیر در مدل		عملکرد محاسبه شده با مدل		خلأ عملکرد	
		میانگین	مقدار انتخاب‌شده	میانگین	مقدار انتخاب‌شده	مقدار (کیلوگرم در هکتار)	درصد
عرض از مبدا	۳٦۷۳	۱		۳٦۷۳	۳٦۷۳	–	–
آیش (X_1)	۲٤۲	۰/۷٥	۱	۱۸۰	۲٤۲	٦۲	۳
رقم طارم امرالهی (X_2)	٤۰۱	۰/۰٦	۱	۲٦	٤۰۱	۳۷٥	۱۹
تراکم کاشت (X_3)	۲٥	۲٥/٤٦	٤۰	٦٤۲	۱۰۰۹	۳٦۷	۱۹
نیتروژن قبل از نشا (X_4)	٤	٤۱/۷۸	۱۳۸	۱٥٤	٥۱۰	۳٥٥	۱۸
نیتروژن بعد از گلدهی (X_5)	۱٦	۲/۳۳	٤۲	۳٦	٦٥٦	٦۱۹	۳۱
مشکل آفات (X_6)	-۲٤٤	۰/٥۷	۰	-۱٤۰	۰	۱٤۰	۷
مشکل علف هرز (X_7)	-۱۰٥	۰/٥٦	۰	-٥۹	۰	٥۹	۳
میانگین عملکرد ($kg\ ha^{-1}$)	–	–	–	٤٥۷۲	٦٤۸۹	۱۹۷۷	۱۰۰



شکل ۵. مقدار محدودیت‌های اصلی خلأ عملکرد (الف) و رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی‌شده. (ب).
در شکل ۵-ب دامنه ۲۰ درصد از اختلاف بین شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده توسط خطوط منقطع نشان داده شده است.
خط ممتد خط ۱:۱ است.

٤. نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در مدل رگرسیونی، متغیرهایی از قبیل آیش (نکاشت)، رقم طارم امرالهی، تراکم کاشت، نیتروژن قبل از نشاکاری، نیتروژن بعد از گلدهی، مشکل آفات و مشکل علف‌های هرز به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد معادله نهایی تولید شدند و به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد در منطقه بودند. کل خلأ عملکرد تخمین‌زده‌شده برابر ۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار بود. سهم خلأ عملکرد مربوط به دو متغیر خسارت آفات و علف‌های هرز به‌ترتیب برابر هفت و سه درصد از کل افزایش عملکرد (۱٤۰ و ۵۹ کیلوگرم در هکتار) بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر تراکم کاشت نیز به‌ترتیب برابر ۳٦۷ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۹ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن قبل از نشاکاری و بعد از گلدهی به‌ترتیب برابر ۳۵۵ و ٦۱۹ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۸ و ۳۱ درصد از کل افزایش عملکرد بود. بنابراین، بر اساس یافته‌ها می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودیت‌کننده عملکرد به‌کار گرفته شود.

پیشنهادات

۱) بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان بیان کرد که برای مدیریت بهتر مزرعه، کاهش هزینه تولید و افزایش عملکرد محصول با توجه به شرایط آب‌وهوایی، نوع رقم و طول دوره رشد گیاه برنج تهیه تقویم زراعی ضروری است. یافته‌ها نشان می‌دهد که کشاورزان منطقه از اهمیت تقسیط کود نیتروژن و سهم قابل توجه نیتروژن مصرفی در مرحله بعد از گلدهی آگاهی ندارند که نیاز به ترویج و انتقال یافته‌های علمی دارد.

۲) با توجه به این‌که افزایش آب مصرفی بیش از حد لازم نقشی در افزایش عملکرد ندارد، صرفه‌جویی ناشی از این روش در مواقع خشک‌سالی و کمبود آب می‌تواند مؤثر باشد. بنابراین، لازم است روش‌های صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری آب برای تولید برنج مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳) ارزیابی اراضی شالیزاری در منطقه بابل نشان می‌دهد که توسعه مکانیزاسیون، انتخاب ماشین‌های مناسب و کاربرد صحیح آن‌ها با رعایت ملاحظات اقتصادی و سایر اصول توسعه پایدار ضرورت دارد.

استمرار و تداوم در امر توسعه مکانیزاسیون مستلزم این است که شناخت کافی از نحوه کاربرد ماشین‌ها وجود داشته باشد و ماشین‌های ویژه شالیکاری معرفی گردد. با توجه به پایین‌بودن متوسط مالکیت شالیزارهای استان، لزوم بهبود نظام بهره‌برداری از زمین و ماشین‌آلات و تعیین سطح توجیه‌کننده مالکیت ادوات و ماشین‌آلات مورد نیاز است.

٤) کشت و کار مرسوم و رایج به‌علّت عدم درک صحیح از نیازمندی‌های گیاه برنج، با مشکلات زیادی مواجه است. به‌طوری‌که مصرف بی‌رویه آب، کودها و سموم شیمیایی نه تنها به افزایش هزینه تولید منجر شده، بلکه موجب کاهش درآمد و بهره‌وری می‌شود و باعث تخریب منابع و محیط زیست در درازمدت می‌گردد. بنابراین، با توجه به موارد مذکور می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کاهش بهره‌وری ناشی از مصرف بیش از حد نهاده‌ها است که در صورت بی‌توجهی در بلندمدت کشت این محصول راهبردی با خطر جدی مواجه خواهد شد.

٥) معمولاً در روش کاشت رایج منطقه، استفاده از گیاهچه‌های مسن و بالغ، به‌صورت دسته‌ای و با تعداد زیاد گیاهچه در کپه باعث افزایش مصرف بذر و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه در اثر افزایش رقابت درون‌بوته‌ای می‌شود. لذا، به‌نظر می‌رسد انتقال گیاهچه جوان (٤-٣ برگی) با آرایش کاشت ردیفی، روشی مطلوب برای بهره‌برداری از قدرت جوانی گیاه است.

٦) طبق یافته‌ها، میزان بالای خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل‌توجهی از این خلأ را جبران کرد و به پتانسیل عملکرد رسید. دست‌یابی به پتانسیل عملکرد به ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود. اگرچه هدف از این پژوهش برآورد میزان خلأ عملکرد برنج در استان مازندران بوده و دلایل به‌وجود آمدن این میزان خلأ عملکرد، نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر است، اما محتمل‌ترین راه‌کار که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کاهش خلأ عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است.

منابع

۱. آقاگل‌زاده ح (۱۳۸۹) راهنمای برداشت و پس از برداشت برنج. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر آموزش کشاورزی. ۲۲۰ ص.

۲. امیری لاریجانی ب (۱۳۸۹) راهنمای برنج (آماده‌سازی و کاشت)، جلد ۱. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر آموزش کشاورزی. ۱۷۹ ص.

۳. امیری لاریجانی ب، آقاگل‌زاده ح و رمضانپور ی (۱۳۸۹) راهنمای برنج (آماده‌سازی و کاشت)، جلد ۲. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر آموزش کشاورزی. ۱۷۰ ص.

۴. ترابی ب، سلطانی ا، گالشی س، زینلی ا و کاظمی کرگهی م (۱۳۹۲) الویت‌بندی عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد گندم در منطقه گرگان. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۱): ۱۷۱-۱۸۹.

۵. ترابی ب، سلطانی ا، گالشی س و زینلی ا (۱۳۹۱) مستندسازی فرایند تولید گندم در گرگان. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹: ۱۹-۴۲.

۶. دستان س، نورمحمدی ق، مدنی ح، سلطانی ا و یدی ر (۱۳۹۴) تجزیه و تحلیل شاخص‌های انرژی در نظام‌های تولید برنج در منطقه نکا. مجله علوم محیطی. ۱۳(۱): ۵۳-۶۶.

۷. زارعی ب و زارعی ا (۱۳۸۳) گسترش فرایند مستندسازی در بخش دولتی: تهیه استراتژی. مجله مهندسی معدن. ۸: ۱۵-۳۰.

۸. سلطانی ا و مداح و (۱۳۸۹) برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پژوهش در زراعت. انتشارات انجمن علمی بوم‌شناختی دانشگاه شهید بهشتی. ۸۰ ص.

۹. مجیدی ف و پاداشت ف (۱۳۸۹) راهنمای آفات و بیماری‌های برنج. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر آموزش کشاورزی. ۱۵۰ ص.

۱۰. میرکمالی ح (۱۳۸۹) راهنمای علف‌های هرز مزارع برنج و روش‌های مبارزه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر آموزش کشاورزی. ۲۱۴ ص.

11. Beza E, Vasco Silva, J, Kooistra L and Reidsma P (2017) Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. European Journal of Agronomy. 82: 206-222.
12. Delmottea S, Tittonell P, Moureta JC, Hammonda R and Lopez-Ridaura L (2011) On-farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. European Journal of Agronomy. 35: 223-236.
13. Espe MB, Yang H, Cassman KG, Guilpart N, Sharifi H and Linquist BA (2016a) Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. Field Crops Research. 193: 123-132.
14. Espe MB, Cassman KG, Yang H, Guilpart N, Grassini P, Van Wart J, Anders M, Beighley D, Harrell D, Linscombe S, McKenzie K, Mutters R, Wilson LT and Linquist BA (2016b) Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. Field Crops Research. 196: 276-283.
15. Hochman Z, Gobbett D, Holzworth D, McClelland T, van Rees H, Marinoni O, Garcia JN, Horan H (2013) Reprint of Quantifying yield gaps in rain-fed cropping systems: A case study of wheat in Australia. Field Crops Research. 143: 65-75.
16. Kayiranga D (2006) The effects of land factors and management practices on rice yields. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enscheda (ITC). The Netherlands.72 p.
17. Liu Z, Yang X, Lin X, Hubbard KG, Lv S and Wang J (2016) Narrowing the Agronomic Yield Gaps of Maize by Improved Soil, Cultivar, and Agricultural Management Practices in Different Climate Zones of Northeast China. Earth Interactions. 20(12): 1-18.
18. Lobell DB, Cassman KG and Field CB (2009) Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual* Review of *Environment* and *Resources*. 34: 179-204.
19. Mueller ND, Gerber JS, Johnston M, Ray DK, Ramankutty N and Foley JA (2012) Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature. 490: 254-257.
20. Rajapakse DC (2003) Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC).The Netherlands.80 p.
21. Reidsma P and Jeuffroy H (2017) Farming systems analysis and design for sustainable intensification: new methods and assessments. European Journal of Agronomy. 82: 203-205.
22. Silvaa JV, Reidsmaa P, Laborteb AG and van Ittersum MK (2017) Explaining rice yields and yield gaps in Central Luzon, Philippines: An application of stochastic frontier analysis and crop modeling. European Journal of Agronomy. 82: 223-241.
23. Soltani A, Hajjarpoor A and Vadez V (2016) Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Research. 185: 21-30.
24. Tanakaa A, Saitob K, Azomab K and Kobayashi K (2013) Factors affecting variation in farm yields of irrigated lowland rice in southern-central Benin. European Journal of Agronomy. 44: 46-53.
25. Tanakaa A, Diagneb M and Saito K (2015) Causes of yield stagnation in irrigated lowland rice systems in the Senegal River Valley: Application of dichotomous decision tree analysis. Field Crops Research. 176: 99-107.
26. Turner AR and Detoro IJ (2000) Process Redesign, PH.PTR, USA.
27. van Ittersum MK, Cassman KG, Grassini P, Wolf J, Tittonell P and Hochman Z (2013) Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research. 143: 4-17.
28. van Wart J, Kersebaum KC, Peng S, Milner M and Cassman KG (2013) Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research. 143: 34-43.
29. Xua X, He P, Zhaoa S, Qiua S, Johnstond AM and Zhou W (2016) Quantification of yield gap and nutrient use efficiency of irrigated rice in China. Field Crops Research. 186: 58-65.

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Documenting the process of rice production and yield gap associated with crop management in local cultivars of rice production (Case study: Mazandaran Province, Babol Region)

Seyfollah Halalkhor[1], Salman Dastan[2*], Afshin Soltani[3], Hossein Ajam Norouzi[4]

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.
2. Postdoctoral Researcher, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran.
3. Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

Received: July 14, 2017 Accepted: September 23, 2017

Abstract

Documentation in agricultural production involves giving all pieces of information as well as activities that show the production route of a crop, ranging from providing the stage for sowing the seeds to harvest the crop, itself. As a result, the present research recorded all these managing operations for local cultivars of rice through field study in Mazandaran, Babol, between 2015 and 2016. Results show that from the 155 variables under research, the final model with six independent variables has been chosen, in which maximum and average yields have been 6489 and 4572 kg ha^{-1}, respectively, as compared to observed average and maximum yields (i.e., 4572 and 6489 kg ha^{-1}). The entire estimated yield gap has been equivalent to 1977 kg ha^{-1}. The amount of yield increase from yield difference of two variables of the best and average pest and weed problems has been equal to 7% and 3% of the total yield increase (i.e., 140 and 59 kg ha^{-1}), respectively. This increase is related to fallow variable, which has been 62 kg ha^{-1} or 3% of total yield increase. The quantity of yield increase is also related to the effect of Amrollahi cultivar, with plant density being 375 and 367 kg ha^{-1} respectively, equal to 19% of total yield variation. Moreover, the amount of yield increase is related to nitrogen consumption variable, before transplanting and after flowering stages, being equal to 355 and 619 kg ha^{-1}, i.e., 18% and 31% of total yield increase, respectively. Therefore, based on this study's findings, it can be stated that the model precision has been appropriate and applicable for not only evaluation of the amount of yield gap but also determining the portion of each restricting yield variable.

Keywords: Comparative performance analysis, field management, multiple regression, potential yield, production model.

Corresponding author: dastan@abrii.ac.ir