نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۹۴-۲۷۷

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 277-294

مستندسازی فرآیند تولید و تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد ارقام اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.) به روش CPA در منطقه نکا

احمد گرجی‌زاد[۱]، افشین سلطانی[۲]، سلمان دستان[۳]* و حسن عجم نوروزی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۰

گرجی‌زاد، ا.، سلطانی، ا.، دستان، س.، و عجم نوروزی، ح. ۱۳۹۸. مستندسازی فرآیند تولید و تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد ارقام اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.) به روش CPA در منطقه نکا. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۲۹۴-۲۷۷.

چکیده

کمی‌سازی خلاء عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) برای دانستن امکان رسیدن به عملکرد بالاتر و برنامه‌ریزی‌های مناسب ضرورت دارد. بنابراین، این پژوهش با هدف مستندسازی فرآیند تولید و برآورد خلاء عملکرد برنج مرتبط با مدیریت زراعی ارقام اصلاح شده برنج در منطقه نکا واقع در استان مازندران انجام شد. به این منظور در این پژوهش کلیه عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت در ۱۰۰ مزرعه از طریق مطالعات میدانی طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ ثبت شد. نتایج نشان داد که از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با هشت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به‌ترتیب ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده در مزرعه نیز برابر ۷۱۷۸ و ۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیرهای تناوب زراعی و بذر گواهی شده به ترتیب برابر ۱۱۱ و ۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر کود سرک و پتاسیم مصرفی نیز به‌ترتیب برابر ۳۲۷ و ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۳۳ درصد از کل خلاء عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به‌ترتیب برابر ۳۲۴ و ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۱۰ درصد از کل خلاء عملکرد بود. میزان خسارت عملکرد ناشی از دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به‌ترتیب برابر دو و ۱۱ درصد از کل افزایش عملکرد (۳۴ و ۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود. بنابراین، بر اساس برازش رابطه بین عملکرد مشاهده شده و عملکرد پیش‌بینی شده می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلاء عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدود کننده عملکرد به‌کار گرفته شود. لذا، مدیریت زراعی هشت متغیر وارد شده در معادله تولید در مزارع کشاورزان می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کاهش خلاء عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل مقایسه کارکرد، تناوب زراعی، کود سرک، عملکرد دست‌یافتنی، محلول‌پاشی

مقدمه

ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان از طریق میزان زمین‌های مناسب و منابع آب در دسترس برای تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی محدود می‌شود (Van Ittersum et al., 2013). 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، راهکاری کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman et al., 2013). انتظار تأمین تقاضای شدید غذایی از طریق افزایش سطح زیر کشت قابل

۱و ۳- دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
۲- استاد گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- محقق دوره پسادکتری زراعت مولکولی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج
(*- نویسنده مسئول: (Email: dastan@abrii.ac.ir
DOI:10.22067/jag.v11i1.67430

توجیه نیست، زیرا در ابتدا زمین‌های مناسب برای کشاورزی کم بوده و سپس تقاضای زمین برای کاربری‌های غیرکشاورزی افزایش یافته است؛ لذا، در کشورهای در حال توسعه انتظار می‌رود که ۸۰ درصد رشد در تولید محصولات زراعی از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش فشرده‌سازی زراعی و ۲۰ درصد باقی‌مانده توسط افزایش سطح زیر کشت حاصل شود (Bruinsma, 2009).

یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور ایران، اختلاف زیاد بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل‌حصول است. آنالیز خلاء 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 (van Wart et al., 2013). خلاء عملکرد اختلاف بین عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی به‌دست آمده از مزرعه تحت شرایط مطلوب مدیریتی تعریف می‌شود (Lobell et al., 2009; van Ittersum et al., 2013). تحلیل مقایسه کارکرد (CPA[۲]) یکی از روش‌هایی است که برای کمی کردن خلاء عملکرد استفاده می‌شود. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلاء عملکرد تعیین می‌شود. در روش CPA با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام‌به‌گام (Soltani et al., 2016)، محدودیت‌های عملکرد و مدل تولید تعیین می‌شود. با استفاده از معادله تولید و مقادیر مؤلفه‌های مدل سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلاء عملکرد مشخص می‌شود (De Bie, 2000).

در زمینه آنالیز خلاء عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در جهان می‌توان به آنالیز خلاء عملکرد برنج در نظام‌های کاشت رایج و ارگانیک در مدیترانه (Delmotte et al., 2011)؛ تعیین عوامل مؤثر بر تنوع عملکرد برنج غرقابی در در جنوب مرکزی بنین (Tanaka et al., 2013)؛ تعیین عوامل رکود عملکرد برنج در نظام‌های کاشت غرقابی در دره رودخانه سنگال (Tanaka et al., 2015)؛ آنالیز خلاء عملکرد نظام‌های کاشت برنج در آمریکا (Espe et al., 2016a, b)؛ شبیه‌سازی خلاء عملکرد برنج در دنیا (Mueller et al., 2012)؛ تعیین خلاء عملکرد برنج غرقابی در کشور چین (Xu et al., 2016) و آنالیز خلاء عملکرد برنج با استفاده از مدل‌سازی در فیلیپین (Silva et al., 2017) اشاره کرد. همچنین، Kayiranga (2006) نیز خلاء عملکرد برنج را ۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد. دیگر محقق نیز نشان داد که به ترتیب کود با ۳۳ درصد، کمبود آب با ۲۶ درصد، برداشت دیرهنگام با ۱۸ درصد، وجین دستی در نوبت دوم با ۱۶ درصد و به تعویق افتادن نشاکاری با هفت درصد، مهم‌ترین عوامل ایجاد خلاء عملکرد در برنج به میزان ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بودند (Rajapakse, 2003).

در سال‌های اخیر به‌علت نگرانی‌های به‌وجود آمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات نیز در این زمینه در سطح جهان (Lobell et al., 2009; van Ittersum et al., 2013; Wang et al., 2015) و ایران (Habibi et al., 2019a; Haghshenas et al., 2018; Halalkhor et al., 2018; Kamkar et al., 2007; Nezamzadeh et al., 2019; Soltani et al., 2016; Yousefian et al., 2018) رو به افزایش است و نیاز است تا با روش‌های آماری مناسب اقدام به برآورد میزان خلاء عملکرد و دلایل آن و شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد پتانسیل کرد (Hajarpour et al., 2015). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اولین قدم برای کاهش خلاء عملکرد، مشخص کردن متغیرهای مهم محدودکننده عملکرد است. شناخت صفات محدودکننده عملکرد می‌تواند محققان را در تلاش برای کاهش خلاء عملکرد یاری دهد. کاهش خلاء عملکرد نه تنها به افزایش عملکرد و تولید کمک می‌کند، بلکه کارایی استفاده از زمین و نیروی انسانی را بهبود می‌بخشد که در نتیجه هزینه تولید را کاهش و پایداری عملکرد را افزایش می‌دهد. از این‌رو، کمی‌سازی خلاء عملکرد برای دانستن امکان رسیدن به عملکرد بالاتر و برنامه‌ریزی‌های مناسب ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه

این آزمایش در منطقه نکا واقع در شرق استان مازندران طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ انجام شد. شهرستان نکا در قسمت شمالی رشته‌کوه‌های البرز و جنوب دریای خزر و در شمال ایران در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۹ دقیقه غربی و در ۲۲ کیلومتری جنوب دریای خزر قرار دارد. آب‌و هوای قسمت جلگه‌ای نکا مطلوب و معتدل و آب‌وهوای قسمت کوهستانی آن سردسیری است. مساحت اراضی شالیزاری در شهرستان نکا حدود ۱۰ هزار هکتار بوده که معادل ۴/۳ درصد از کل اراضی شالیزاری در سطح استان مازندران است. کشت غالب ارقام اصلاح‌شده و پرمحصول در منطقه نکا شامل ارقام شیرودی، ندا و فجر هستند.

مهم‌ترین مؤلفه‌های آب‌وهوایی 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) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک دشت‌ناز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه

2- Comparative performance analysis

و ۴۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه با ارتفاع ۲۹ متر از سطح دریای آزاد جمع‌آوری شد (جدول ۱). برای محاسبه تابش خورشیدی (مگاژول در مترمربع در روز) از برنامه Srad_calc استفاده شد که از ضرایب انگستروم در برنامه استفاده شد (Soltani & Maddah, 2010). این برنامه از داده‌های ساعت آفتابی هر منطقه برای محاسبه تابش خورشیدی استفاده می‌کند. برای محاسبه طول روز از برنامه PP_calc استفاده شد (Soltani & Maddah, 2010).

جمع‌آوری داده‌ها

مستندسازی فرآیند 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 (Dastan et al., 2017; Habibi et al., 2019b, Torabi et al., 2019). به این منظور در این پژوهش کلیه عملیات‌های مدیریتی انجام شده از مرحله شخم اولیه و تهیه خزانه تا برداشت مربوط به ۱۰۰ مزرعه در منطقه نکا واقع در استان مازندران به‌صورت پیمایشی و از طریق مطالعات میدانی برای برآورد خلاء عملکرد ثبت شد. برای تعیین تعداد مزارع (نمونه) از فرمول کوکران استفاده شده است. تمامی مزارع مورد مطالعه متعلق به ارقام اصلاح شده یا پرمحصول بود. مشخصات ارقام در جدول زیر ارایه شده است (جدول ۲).

برای انجام این تحقیق ابتدا مزارع به‌طور تصادفی شناسایی و انتخاب شدند. شیوه شناسایی مزارع به شکلی بود که کلیه روش‌های عمده تولید را در منطقه پوشش داده و از لحاظ مدیریتی نیز دارای تنوع باشد. سپس، برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه، ابتدا کلیه اعمال زراعی تفکیک شدند. 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.

جدول ۱- میانگین مؤلفه‌های آب و هوایی در دوره آزمایش در مقایسه با میانگین آمار بلند مدت ۱۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۸۰)

Table 1- Description of climatic parameters in the experiment period (2015-2016) and mean term period (2001-2016)

ماه Month	دمای کمینه Min. temp. (°C)	دمای بیشینه Max. temp. (°C)	متوسط دما Mean. temp. (°C)	تبخیر و تعرق Evaporation (mm)	بارندگی Rain (mm)	رطوبت نسبی Mean humidity (%)	ساعت آفتابی کل Sunshine hours	تابش خورشیدی Solar radiation ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)
فروردین Apr.	9.5	19.5	14.5	71.8	98.7	76	157.7	14.7
اردیبهشت May	15.8	25.2	20.4	115.9	27.0	77	168.8	17.0
خرداد Jun.	19.2	28.6	23.9	154.4	23.7	76	252.2	22.2
تیر Jul.	22.2	31.4	26.8	169.4	59.4	75	238.0	21.3
مرداد Aug.	22.6	33.5	28.0	193.9	6.7	73	269.5	21.9
شهریور Sep.	21.2	32.0	26.6	156.6	99.3	71	240.5	18.6
دوره ۱۵ ساله Mean 15 years	18.3	25.2	22.8	147.6	89.0	73.5	208.8	19.5

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 رو در رو با ۱۰۰ کشاورز جمع‌آوری و تکمیل شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان ثبت شد.

جدول ۲- تشریح مشخصات ارقام برنج مورد بررسی در آزمایش

Table 2- Description of rice cultivars characteristics in the experiment

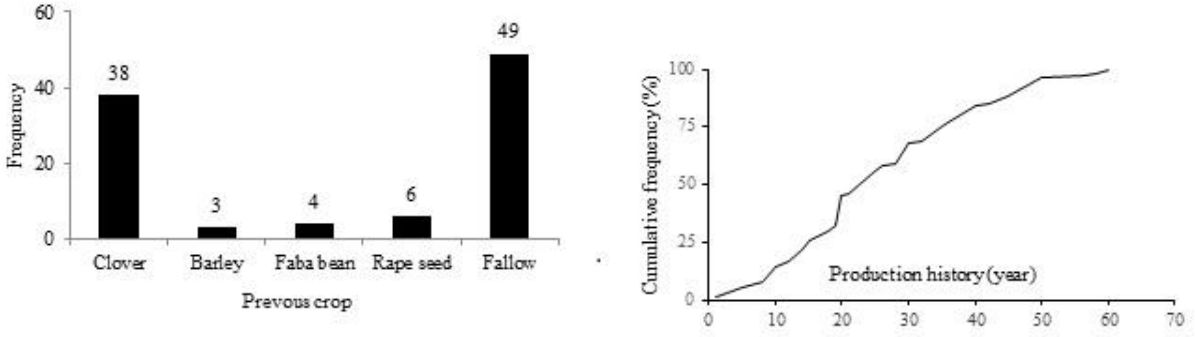
رقم Cultivar	وضعیت رشدی Growth condition	وضعیت رسیدگی Maturity condition	میزان عملکرد Paddy yield ($kg.ha^{-1}$)	کیفیت Quality condition	تحمل به تنش Tolerance to stress
شیرودی	نیمه‌پاکوتاه	دیررس	پرمحصول	پایین	متحمل
Shiroodi	Semi-dwarf	Late maturity	High yield	Low	Tolerant
ندا	نیمه‌پاکوتاه	دیررس	پرمحصول	متوسط	متحمل
Neda	Semi-dwarf	Late maturity	High yield	Medium	Tolerant
فجر	نیمه‌پاکوتاه	دیررس	پرمحصول	پایین	متحمل
Fajr	Semi-dwarf	Late maturity	High yield	Low	Tolerant
قائم	نیمه‌پاکوتاه	دیررس	پرمحصول	پایین	متحمل
Ghaem	Semi-dwarf	Late maturity	High yield	Low	Tolerant
نعمت	نیمه‌پاکوتاه	دیررس	پرمحصول	پایین	متحمل
Nemat	Semi-dwarf	Late maturity	High yield	Low	Tolerant

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پایان مشخصات متغیرها به‌صورت مقادیر متوسط و بهترین حالت که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد وارد مدل تولید پنج متغیره شدند. برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده و عملکرد از طریق روش رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین شد که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند. با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها (xها) در مدل، عملکرد متوسط محاسبه شد. سپس، با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد، حداکثر عملکرد قابل‌حصول محاسبه شده است. اختلاف این دو، به‌عنوان خلاء عملکرد در نظر گرفته شد. 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 الی ۶۰ سال) را دارا بودند (شکل ۱الف). در ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی از نظر محصول قبل از کاشت برنج، حدود ۳۸ کشاورز اقدام به کشت شبدر برسیم کردند. در ۴۹ مزرعه زیر کشت هیچ محصولی قرار نگرفته و نشان دهنده مقدار خلاء عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. نسبت خلاء عملکرد برای هر متغیر به کل خلاء عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن در ایجاد خلاء عملکرد است و به‌صورت درصد نشان داده شد. برای تجزیه و تحلیل از رویه‌های Freq، Nlin و Stepwise نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به یافته‌های شکل ۱الف مشاهده می‌شود که از نظر سابقه تولید کشاورزان در منطقه بین یک الی ۶۰ سال سابقه تولید داشتند. طبق یافته‌ها حدود ۴۵ درصد از کشاورزان سابقه تولید کمتر از ۲۰ سال داشتند. حدود ۳۹ درصد از کشاورزان سابقه تولید بین ۲۰ تا ۴۰ سال داشتند. تنها ۱۲ درصد از کشاورزان دارای سن ۴۰ الی ۵۰ سال بودند. همچنین، تنها چهار درصد از کشاورزان سابقه تولید بالای ۵۰ سال (۵۰ آیش (نکاشت) انجام شد. در سه مزرعه کشاورزان اقدام به کشت جو و در چهار مزرعه باقلا کشت کردند. همچنین، کشاورزان در شش مزرعه کلزا کشت کردند (شکل ۱ب).



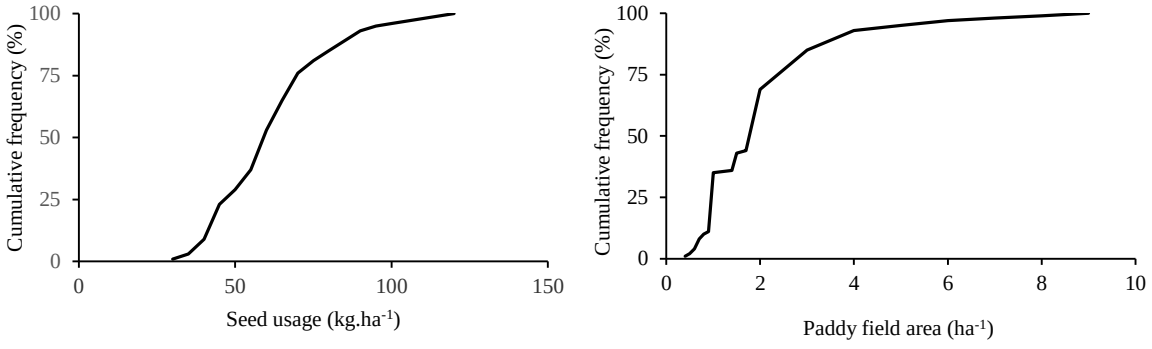
شکل ۱- احتمال توزیع تجمعی سابقه تولید (الف) و درصد فراوانی محصول قبلی (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 1- Probability of cumulative distribution of production history (a) and crop rotation (b) in paddy fields

اراضی شالیزاری انتخاب شده، دارای مساحت متفاوتی بوده و از این نظر دارای تنوع لازم بوده‌اند. مساحت ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی بین ۰/۴ الی ۹ هکتار بودند که نشان می‌دهد اراضی شالیزاری انتخاب شده، از نظر مساحت دارای تنوع لازم بوده‌اند (شکل ۲–الف). حدود ۳۵ درصد از مزارع دارای مساحت کمتر از یک هکتار بود. همچنین، ۳۴ درصد از مزارع مساحتی بین یک الی دو هکتار را دارا بودند (شکل ۲الف). با توجه به یافته‌های شکل ۲ب، میزان بذر مصرفی در ۱۰۰ مزرعه مورد مطالعه بین ۳۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. بر اساس یافته‌ها در ۲۹ درصد از مزارع مصرف بذر کمتر از ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. طبق یافته‌ها ۲۴ درصد از کشاورزان مصرف بذر بین ۵۰ الی ۶۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. همچنین، بذر مصرفی ۲۳ درصد از کشاورزان بین ۶۰ الی ۷۰ کیلوگرم در هکتار بود. بذر مصرفی حدود ۱۷ درصد از کشاورزان بین ۷۰ الی ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود. تنها سه درصد از کشاورزان مورد بررسی مصرف بذر بین ۹۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. تنها چهار درصد از کشاورزان بالای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بذر مصرف کردند که حداکثر بذر مصرفی نیز ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (شکل ۲–ب). 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 ۴-۳ برگی انجام می‌شود (Amiri Larijani, 2010; Amiri Larijani et al., 2010). 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 (Dastan et al., 2015).

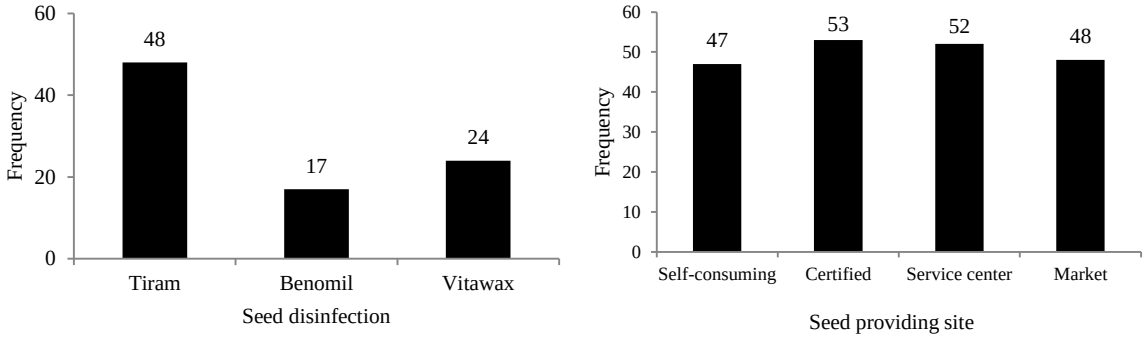
از نظر محل تهیه بذر در ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی مشاهده شد که در ۴۷ مزرعه کشاورزان از بذور خود مصرفی و ۵۳ کشاورز از بذور گواهی شده استفاده کردند. همچنین، ۵۲ کشاورز بذر مصرفی را از مراکز خدمات و ۴۸ کشاورز بذر مصرفی را از بازار تهیه کرده بودند (شکل ۳–الف). طبق یافته‌ها ضدعفونی بذور توسط کشاورزان منطقه توسط سه ماده انجام شد که شامل تیرام، بنومیل و ویتاتاکس بود. در ۴۵ مزرعه کشاورزان از تیرام و در ۱۷ مزرعه کشاورزان از بنومیل برای ضدعفونی بذور مصرفی استفاده کرده بودند. همچنین، ۲۴ کشاورز از ویتاواکس برای ضدعفونی بذور استفاده کردند. در هیچ مزرعه‌ای از نمک برای ضدعفونی بذور استفاده کردند (شکل ۳–ب).

بر اساس داده‌های مورد مطالعه در ۱۰۰ مزرعه مورد مطالعه کشاورزان از ارقام پرمحصول و اصلاح شده شیرودی، ندا، فجر، قائم و نعمت استفاده کردند. در ۶۵ مزرعه کشاورزان اقدام به کشت رقم شیرودی کردند. در ۱۶ مزرعه رقم ندا و در ۱۲ مزرعه رقم فجر کشت شد. همچنین در چهار مزرعه رقم قائم، و در دو مزرعه رقم نعمت کشت شده بود (شکل ۴–الف). طبق یافته‌ها مشاهده می‌شود که کشت غالب کشاورزان منطقه برای ارقام پرمحصول و اصلاح شده مربوط به رقم شیرودی است که محققان برای تولید ارقام اصلاحی جدید بهتر است از رقم شیرودی به‌عنوان والد استفاده کنند. از نظر نوع خزانه نیز دو وضعیت خزانه سنتی و جعبه نشا وجود داشت که در ۴۸ مزرعه کشاورزان از خزانه سنتی و در ۵۲ مزرعه از جعبه نشا استفاده کردند. همچنین، در ۴۸ مزرعه کشاورزان از نشاکاری دستی و در ۵۲ مزرعه نشاکاری مکانیزه انجام دادند (شکل ۴–ب).

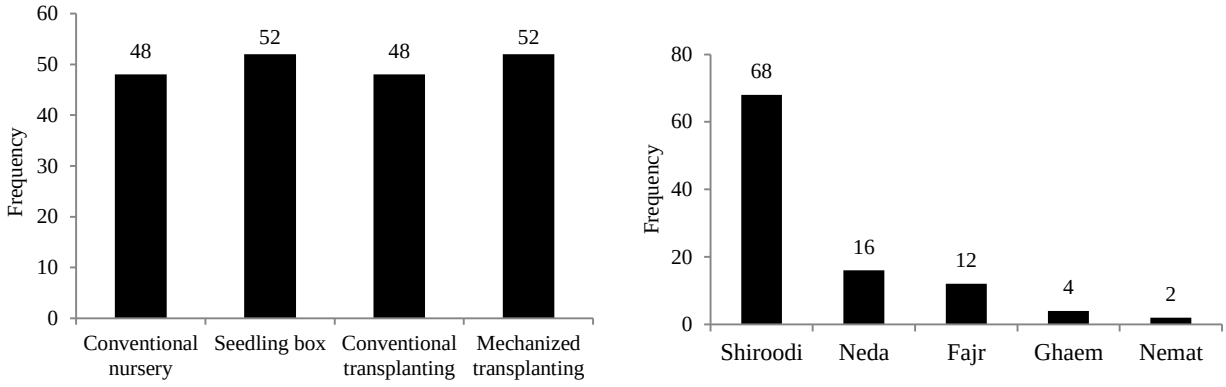


شکل ۲- احتمال توزیع تجمعی مساحت مزرعه (الف) و مقدار بذر (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 2- Probability of cumulative distribution of paddy fields area (a) and seed rate (b) in paddy fields



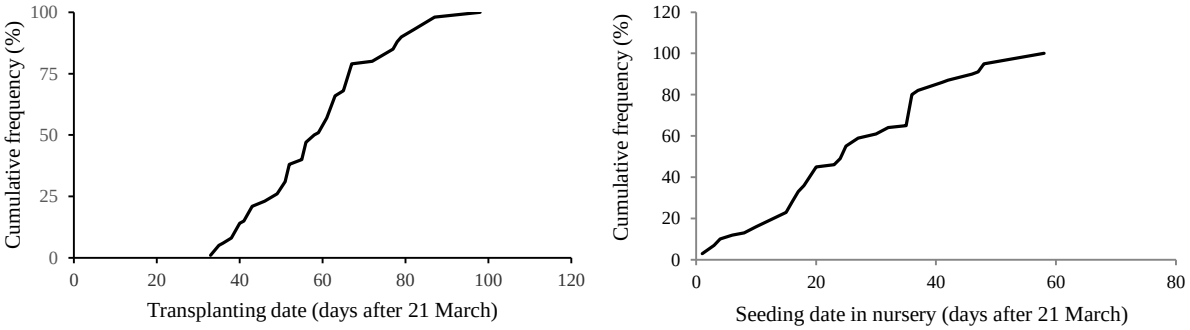
شکل ۳- درصد فراوانی محل تهیه بذر (الف) و ضدعفونی بذر (ب) در مزارع مورد بررسی برنج
Fig. 3- Frequency of seed providing site (a) and seed disinfection (b) in paddy fields



شکل ٤- درصد فراوانی رقم مورد استفاده (الف) و نوع خزانه (ب) در مزارع مورد بررسی برنج
Fig. 4- Frequency of cultivar (a) and nursery type (b) in paddy fields

برای مدیریت بهتر مزرعه، کاهش هزینه تولید و افزایش عملکرد محصول با توجه به شرایط آب و هوایی، 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. بذرپاشی در خزانه را به اتمام رساندند. حدود ۲۹ درصد از کشاورزان نیز در نیمه اول اردیبهشت ماه اقدام به بذرپاشی در خزانه کردند. تنها ۱۰ کشاورز در نیمه دوم اردیبهشت ماه بذرپاشی در خرانه را انجام داد (شکل ۵-الف). با توجه به یافته‌های شکل ۵ب مشاهده می‌شود که نشاکاری ارقام پرمحصول در منطقه از دوم اردیبهشت شروع شده و تا پنجم تیر ماه ادامه یافت. طبق یافته‌ها کشاورزان منطقه در فروردین ماه نشاکاری انجام ندادند. حدود ۲۳ درصد از کشاورزان در نیمه اول اردیبشهت ماه نشاکاری را در منطقه به اتمام رساندند. حدود ۲۳ درصد از کشاورزان در نیمه دوم اردیبهشت ماه نشاکاری کردند. در نیمه اول خرداد ماه نیز ۱۸ درصد از کشاورز اقدام به نشاکاری کرده بودند. تنها ۱۳ درصد از کشاورزان در نیمه دوم خرداد ماه نشاکاری کردند. همچنین، دو درصد همچنین، کاشت به روش رایج زودتر از کاشت نیمه‌مکانیزه در منطقه انجام می‌شود.

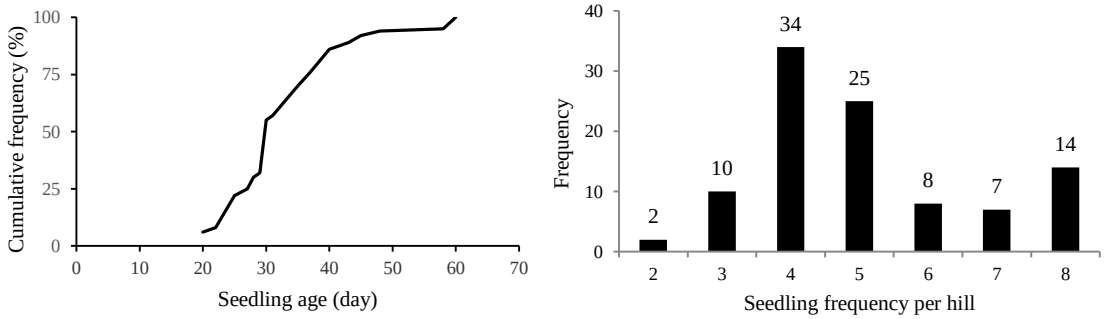
تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به متغیر تاریخ بذرپاشی در خزانه نشان داد که تاریخ بذرپاشی کشاورزان در منطقه ساری از اول فروردین ماه شروع و تا ۲۷ اردیبهشت ماه ادامه داشت (شکل ۵-الف). حدود ۲۳ درصد از کشاورزان در نیمه اول فروردین عملیات بذرپاشی در خزانه را انجام دادند. حدود ۳۸ درصد از کشاورزان در نیمه دوم فروردین ماه از کشاورزان در هفته اول تیرماه اقدام به نشاکاری کردند (شکل ۵-ب). به‌منظور مدیریت بهتر مزرعه، کاهش هزینه تولید و افزایش عملکرد محصول با توجه به شرایط آب و هوایی، 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. بنابراین، 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. علاوه بر این، کاشت به روش رایج زودتر از کاشت نیمه‌مکانیزه در منطقه انجام می‌شود.



شکل ۵- احتمال توزیع تجمعی تاریخ بذرپاشی در خزانه (الف) و تاریخ نشاکاری (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 5- Probability of cumulative distribution of seeding date (a) and transplanting date (b) in paddy fields

بر اساس یافته‌ها تعداد نشا در کپه بین دو الی هشت عدد متغیر بود که در دو مزرعه نشاکاری دو عدد در کپه گزارش شد. در ۱۰ مزرعه از تعداد سه نشا در کپه استفاده شده بود. در ۳۴ مزرعه از چهار نشا در کپه و در ۲۵ مزرعه از پنج نشا در کپه استفاده شد. همچنین، در هشت مزرعه از شش نشا در کپه و در هفت مزرعه از هفت نشا در کپه استفاده شده است. در ۱۴ مزرعه کشاورزان با هشت نشا در کپه نشاکاری کردند (شکل ۶-الف). تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به متغیر سن نشا نشان داد که دامنه تغییرات سن نشاهای مورد استفاده کشاورزان بین ۲۰ الی ۶۰ روز بود. طبق یافته‌ها در ۲۲ مزرعه، کشاورزان با استفاده از نشاهای ۲۵ روزه یا کمتر نشاکاری کردند. حدود ۴۰ درصد از کشاورزان از نشاهای با سن ۳۰ الی ۳۵ روز استفاده کردند که نشان می‌دهد اکثر کشاورزان از نشاهای بالغ برای نشاکاری استفاده می‌کنند. حدود ۴۲ درصد از مزارع مورد بررسی با نشاهای با سن ۳۰ الی۴۰ روز نشاکاری شده بودند. همچنین، ۲۲ درصد از کشاورزان منطقه از نشاهای با سن ۴۰ الی ۴۵ روز استفاده کردند. تنها هشت درصد از کشاورزان از نشاهای با سن بالاتر از ۴۵ روز اقدام به نشاکاری کردند که حداکثر سن نشا برابر ۶۰ روز بود (شکل ۶-ب). بر اساس یافته‌ها نشاهای کمتر از ۳۰ روز در نشاکاری مکانیزه و نشاهای بالاتر از ۳۰ روز در نشاکاری دستی استفاده شدند.

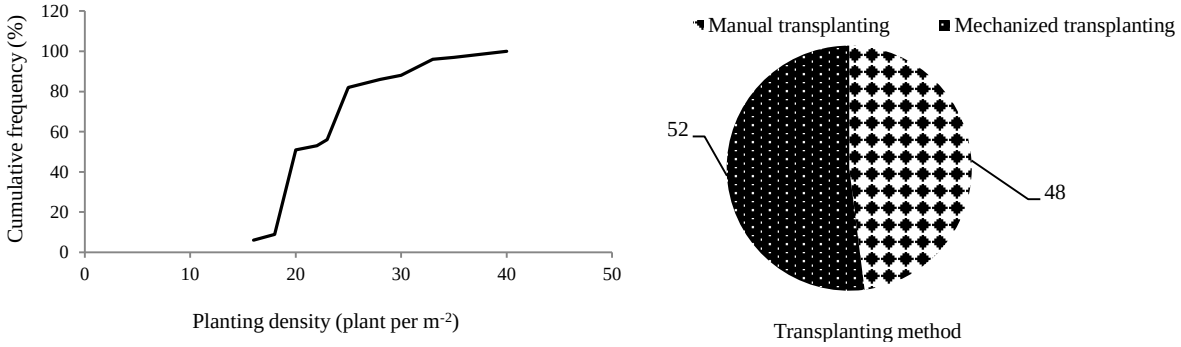


شکل ٦- درصد فراوانی تعداد نشا در کپه (الف) و احتمال توزیع تجمعی سن نشا (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 6- Frequency of paddy seedling per hill (a) and Probability of cumulative distribution seedling age (b)

بر اساس دستورالعمل فنی کاشت برنج باید شخم اول سه هفته قبل از نشاکاری انجام شود. شخم دوم همراه با تیلر یا تراکتور برای گل کردن 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 (Amiri Larijani, 2010; Amiri Larijani et al., 2010).

بر اساس یافته‌ها در ۵۲ درصد از مزارع نشاکاری به روش دستی و به صورت تصادفی انجام شد. همچنین، در ۴۸ درصد از مزارع نشاکاری مکانیزه و به روش خطی و منظم انجام شد (شکل ۷-الف). بر اساس یافته‌ها تراکم کاشت در ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی بین ۱۶ الی ۴۰ بوته در متر مربع بود. تراکم کاشت حدود ۵۱ درصد از مزارع کمتر از ۲۰ بوته در متر مربع بود. تراکم کاشت حدود ۳۷ درصد از مزارع بین ۲۰ الی ۳۰ بوته در متر مربع و تراکم کاشت تنها ۹ درصد از مزارع بین ۳۰ الی ۳۵ بوته در متر مربع گزارش شد. تنها سه درصد از مزارع (دو کشاورز) از تراکم کاشت ۴۰ بوته در متر مربع استفاده کردند (شکل ۷-ب).

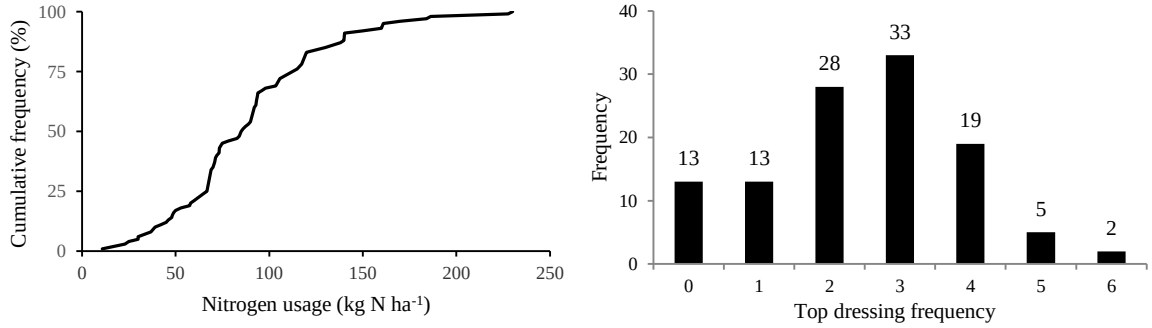


شکل ۷- درصد فراوانی شیوه نشاکاری (الف) و احتمال توزیع تجمعی تراکم کاشت (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 7- Probability of cumulative distribution of transplanting method (a) and planting density (b) in paddy fields

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 خوداتکایی برنج است که از طریق تجهیز و نوسازی اراضی و ساماندهی و ارتقای مکانیزاسیون امکان‌پذیر است (Aghagolzadeh, 2010; Amiri Larijani et al., 2010).

با توجه به یافته‌های شکل ۸-الف مشاهده می‌شود که در بین ۱۰۰ مزرعه مورد مطالعه، در ۱۳ مزرعه کود سرک مصرف نشد. در ۱۳ مزرعه تنها یک مرحله کود سرک مصرف شد و در ۲۸ مزرعه دو مرحله سرک استفاده شده بود. همچنین در ۳۳ مزرعه سه مرحله کود سرک و در ۱۹ مزرعه چهار مرحله کود سرک مصرف شد. در پنج مزرعه نیز پنج مرحله از کود سرک استفاده شد. تنها در دو مزرعه اقدام به مصرف کود سرک در شش مرحله شده بود (شکل ۸-الف). یافته‌های شکل ۸-ب مصرف کود نیتروژن در ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی را نشان می‌دهد. میزان کل کود نیتروژن مصرفی در منطقه بین ۱۰/۸ الی ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در بین مزارع مورد بررسی ۱۳ درصد از کشاورزان مصرف نیتروژن کمتر از ۴۶ کیلوگرم در هکتار داشتند. مصرف نیتروژن ۱۳ درصد از کشاورزان بین ۴۶ الی ۶۹ کیلوگرم کود نیتروژن بود. حدود ۲۶ درصد از کشاورزان نیز بین ۶۹ الی ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مصرف کردند. حدود ۱۶ درصد از کشاورزان بین ۹۲ الی ۱۱۵ کیلوگرم مصرف کود نیتروژن داشتند. مصرف کود نیتروژن حدود ۱۲ درصد از کشاورزان بین ۱۱۵ الی ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار بود. تنها پنج درصد از کشاورزان منطقه مصرف کود نیتروژن بین ۱۴۰ الی ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. همچنین، تنها سه درصد از کشاورزان بین ۱۶۰ الی ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار و تنها چهار درصد از کشاورزان مصرف نیتروژن بالاتر از ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار داشتند که حداکثر نیتروژن مصرفی برابر ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۸-ب).



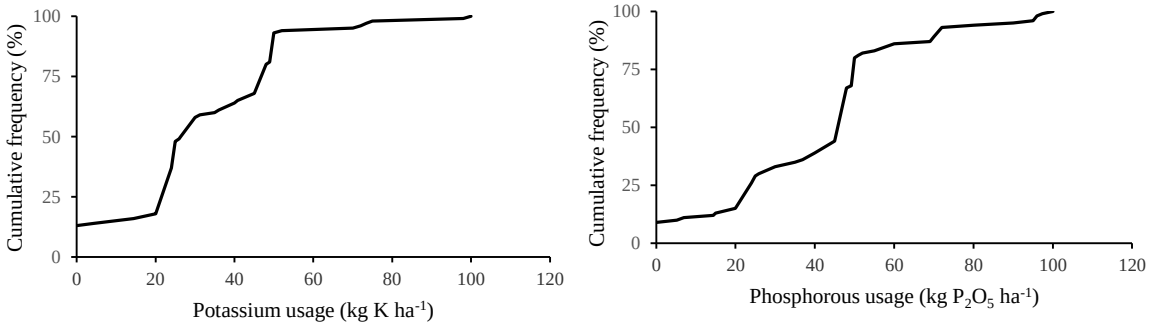
شکل ۸- درصد فراوانی تعداد کود سرک مصرفی (الف) و احتمال توزیع تجمعی مقدار نیتروژن (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 8- Frequency of top dressing (a) and probability of cumulative distribution N rate (b) in paddy fields

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. کشت‌وکار رایج 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 دراز مدت می‌گردد (Dastan et al., 2015). انجام عملیات مربوط به داشت در طی فصل رشد می‌تواند منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گردد. کوددهی، آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز و

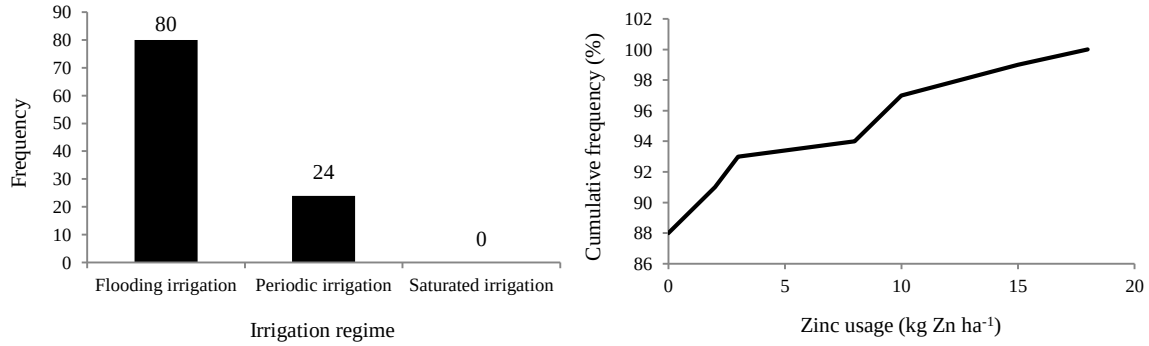
بیماری‌ها از عملیات مهم زراعی هستند که در طول فصل رشد مورد توجه اکثر کشاورزان قرار می‌گیرد (Torabi et al., 2012).

به‌طور کلی ارزیابی اراضی شالیزاری نشان می‌دهد که مصرف کود فسفر در منطقه بین صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. طبق یافته‌ها در ۱۵ درصد از مزارع مصرف فسفر کمتر از ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. برای حدود ۲۹ درصد از مزارع مصرف کود فسفر بین ۲۰ الی ۴۵ کیلوگرم در هکتار ثبت شده بود. در ۴۲ درصد از مزارع مصرف فسفر بین ۴۵ الی ۶۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد. کشاورزان تنها ۱۰ درصد از مزارع مصرف فسفر بین ۶۰ الی ۹۵ کیلوگرم در هکتار داشتند. تنها چهار درصد از کشاورزان مصرف فسفر بالاتر از ۹۵ کیلوگرم در هکتار داشتند که حداکثر فسفر مصرفی برابر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۹–الف). تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که مصرف کود پتاسیم در منطقه بین صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در ۱۳ درصد از مزارع عدم مصرف پتاسیم گزارش شد. در ۶۰ درصد از مزارع مورد بررسی مصرف پتاسیم کمتر از ۳۵ کیلوگرم در هکتار بود. مصرف پتاسیم در ۲۰ درصد از مزارع مورد مطالعه نیز بین ۳۵ الی ۴۸ کیلوگرم در هکتار بود. در ۱۵ درصد از مزارع کشاورزان بین ۴۸ الی ۷۰ کیلوگرم پتاسیم مصرف کردند. تنها در ۵ درصد از مزارع مصرف پتاسیم بالاتر از ۷۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد که حداکثر پتاسیم مصرفی برابر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۹–ب).



شکل ۹- احتمال توزیع تجمعی مقدار فسفر (الف) و پتاسیم (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 9- Probability of cumulative distribution of P rate (a) and K rate (b) in paddy fields



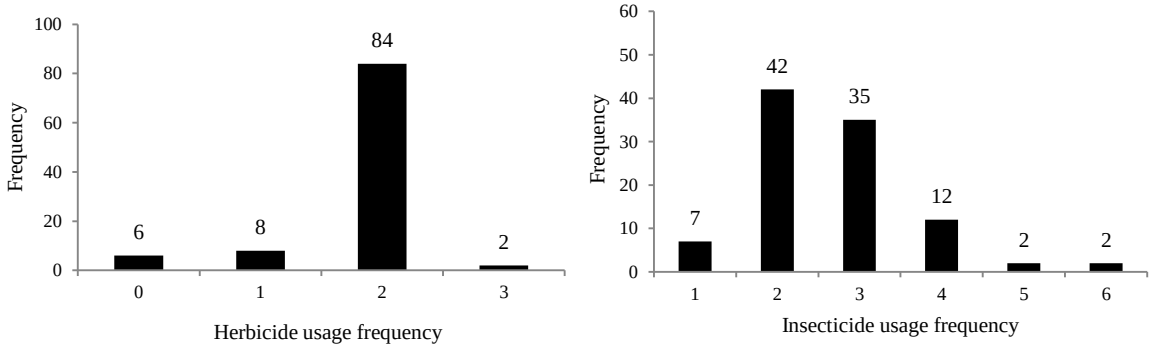
شکل ۱۰- احتمال توزیع تجمعی مقدار روی مصرفی (الف) و درصد فراوانی رژیم آبیاری (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 10- Probability of cumulative distribution of Zn rate (a) and frequency of irrigation regime (b) in paddy fields

به‌طور کلی ارزیابی اراضی شالیزاری نشان می‌دهد که مصرف کود روی در منطقه بین صفر تا ۱۸ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. طبق یافته‌ها در ۸۸ درصد از مزارع مصرف روی گزارش نشد. تنها در هشت درصد از مزارع مصرف روی بین دو الی ۱۵ کیلوگرم در هکتار و در دو درصد از مزارع مصرف روی بین ۱۵ الی ۱۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱۰–الف). از نظر نوع رژیم آبیاری در ۸۰ مزرعه از آبیاری غرقابی استفاده شد. در ۲۴ مزرعه آبیاری تناوبی و در هیچ کدام از مزارع آبیاری با رژیم آبی اشباع گزارش نشد (شکل ۱۰–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–

۴ روز بسته منطقه و نوع خاک مناسب است (Amiri Larijani, 2010; Amiri Larijani et al., 2010). همچنین، دیگر محققان دریافت 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 (Dastan et al., 2015).

تعداد دفعات مصرف حشره‌کش در ۱۰۰ مزرعه مورد بررسی بین صفر تا شش مرتبه متغیر بود. در هفت مزرعه یک مرحله و در ۴۲ مزرعه دو مرحله از حشره‌کش برای کنترل آفات استفاده شده بود. در ۳۵ مزرعه سه مرحله از حشره‌کش استفاده شد. در ۱۲ مزرعه چهار مرحله مبارزه با آفات انجام شد. تنها در دو مزرعه به ترتیب پنج و شش مرتبه مبارزه با آفات انجام شد (شکل ۱۱-الف). تعداد دفعات مصرف علف‌کش نیز بین صفر تا سه مرتبه متغیر بود که در شش مزرعه عدم مصرف علف‌کش، در هشت مزرعه یک مرحله، در ۸۴ مزرعه دو مرحله از علف‌کش و در دو مزرعه سه مرحله از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز استفاده شده بود (شکل ۱۱-ب).



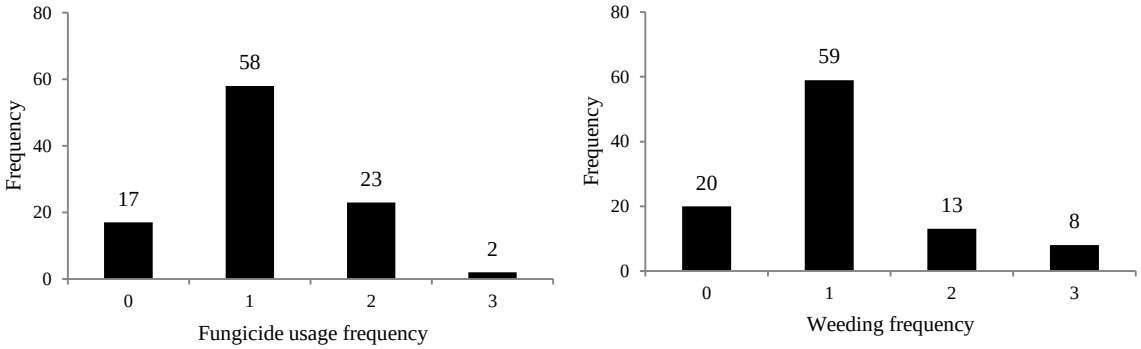
شکل ۱۱- درصد فراوانی حشره‌کش مصرفی (الف) و علف‌کش مصرفی (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 11- Frequency of insecticide (a) and herbicide (b) in paddy fields

از نظر کنترل مکانیکی علف‌های هرز نیز در ۲۰ مزرعه وجین انجام نشد. در ۵۹ مزرعه یکبار وجین دستی و در ۱۳ مزرعه دوبار وجین صورت گرفت. تنها در هشت مزرعه سه بار وجین دستی انجام شد (شکل ۱۲-الف). تعداد دفعات مصرف قارچ‌کش نیز در مزارع مورد مطالعه بین صفر تا سه مرحله متغیر بود که در ۱۷ مزرعه عدم مصرف قارچ‌کش، در ۵۸ مزرعه یک مرتبه مصرف قارچ‌کش و در ۲۳ مزرعه دو مرحله مصرف قارچ‌کش مشاهده شده بود. در دو مزرعه کشاورزان سه مرحله از قارچ‌کش استفاده کردند (شکل ۱۲-ب).

علف‌های هرز به‌علت استفاده از فضا، سایه‌اندازی، استفاده از آب، عناصر غذایی خاک، میزبان بودن برای آفات و بیماری‌ها، فراهم کردن محیط مناسب برای فعالیت عوامل بیماری‌زا و ایجاد مشکلات فراوان در هنگام برداشت دارای اهمیت هستند (Mirkamali, 2010). 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 هرز در مزارع برنج نشاکاری بین ۱۰ تا ۵۰ درصد است (Mirkamali, 2010). مرحله اول خسارت را نسل اول آفت به‌وجود می‌آورد. در این مرحله با رشد ساقه‌های جانبی گیاه در مقابل آفت عکس‌العمل نشان داده و حتی المقدور از کاهش محصول جلوگیری می‌شود. در مرحله دوم خسارت گیاه تقریباً در پایان مرحله رویشی است و امکان ترمیم خسارت از طریق رشد ساقه‌های جانبی دیگر وجود ندارد. ساقه‌های آلوده به آفت در این موقع در اثر وزش باد شکسته و باعث از بین رفتن ساقه‌های مجاور می‌گردد (Majidi & Padasht, 2010). کشاورزان در استان مازندران مبارزه با بیماری را در دو مرحله انجام می‌دهند که برای مبارزه با بلاست برگ و خوشه این عمل انجام می‌شود. مرحله اول مبارزه با بیماری برای کنترل بلاست برگ انجام می‌شود. آفات و بیماری‌های گیاهی هر سال مقادیر درخور توجهی از محصول برنج را از بین می‌برد. در میان محصولات کشاورزی، بیشترین میزان مصرف سموم شیمیایی مربوط به محصول برنج است. در میان آفات و بیماری‌هایی که به مزارع برنج آسیب می‌رساند، کرم ساقه‌خوار بیشترین سهم را دارد. امروزه با گسترش مشکلات ناشی از اجرای روش‌های مبارزه شیمیایی، روش‌های مدیریت آفات به‌ویژه مبارزه بیولوژیک کرم ساقه‌خوار برنج توسط زنبور تریکوگراما از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است. با توجه به زمان کاشت و وضعیت رویشی گیاه (مرحله پنجه‌زنی) با ظهور علایم بیماری روی برگ‌ها و مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای گسترش بیماری (هوای ابری و غیرآفتابی، بارندگی‌های مستمر، رطوبت نسبی بالا) با محلول قارچ‌کش علیه بیماری استفاده شود (Majidi & Padasht, 2010).

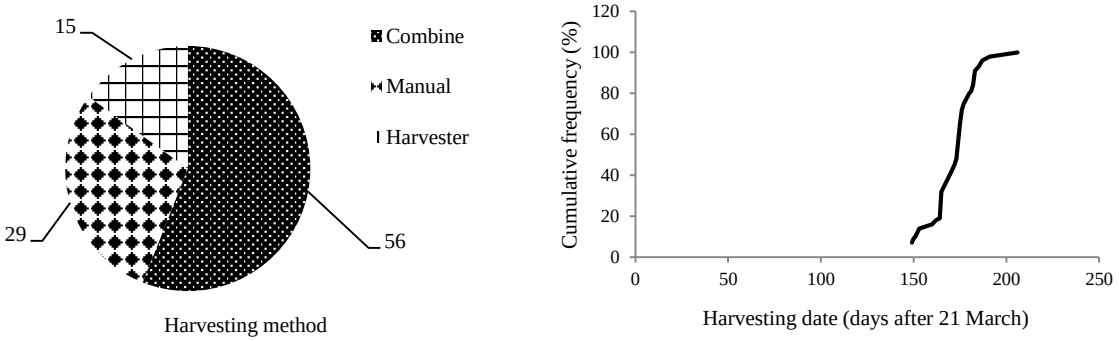
مبارزه زراعی با بیماری‌های مهم برنج نیز شامل: کاشت ارقام متحمل به آفات و بیماری‌ها، شخم عمیق بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول، رعایت اصول صحیح زراعت برنج مانند فاصله کاشت، زمان کاشت (کاشت زودهنگام برای فرار از بیماری بلاست توصیه می‌گردد)، آبیاری مناسب، مصرف بهینه کودها به‌ویژه مصرف تقسیطی کودهای نیتروژن‌دار، از بین بردن علف‌های هرز میزبان واسط، رعایت تناوب زراعی بین ارقام محلی و پرمحصول، زهکشی مناسب شالیزار و رعایت بهداشت زراعی است (Majidi & Padasht, 2010).



شکل ۱۲- درصد فراوانی دفعات وجین (الف) و قارچ‌کش مصرفی (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 12- Frequency of weeding (a) and fungicide (b) in paddy fields

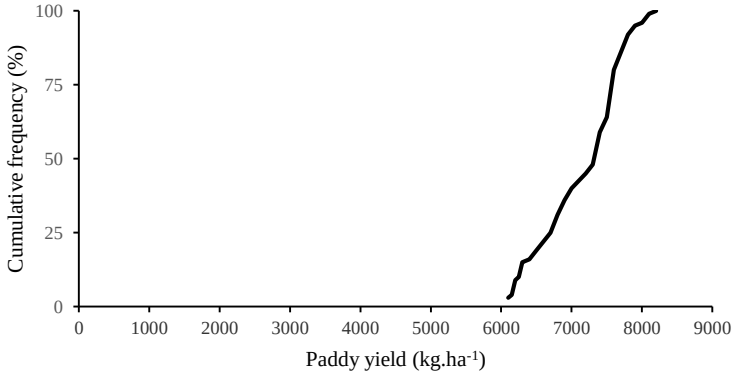
تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که برداشت محصول از ۱۴۹ الی ۲۰۶ روز بعد از اول فروردین انجام شده بود (شکل ۱۳-الف). در ۱۶ درصد از مزارع برداشت در ۱۶۰ روز بعد از اول فروردین انجام شد. در ۲۵ درصد از مزارع نیز برداشت از ۱۶۰ الی ۱۷۰ روز بعد از اول فروردین صورت گرفت. برداشت ۳۹ درصد مزارع در ۱۷۰ الی ۱۸۰ روز بعد از اول فروردین انجام شد. تنها در ۱۱ درصد از مزارع برداشت محصول بین ۱۸۰ الی ۱۸۳ روز بعد از اول فروردین انجام شد. تنها در نه درصد از مزارع برداشت محصول بین ۱۸۳ الی ۲۰۶ روز بعد از اول فروردین انجام شد (شکل ۱۳-الف). طبق یافته‌ها در ۵۶ مزرعه برداشت محصول با کمباین انجام شد و در ۲۹ مزرعه برداشت دستی صورت گرفت. تنها در ۱۵ مزرعه برداشت محصول با دروگر انجام شد (شکل ۱۳-ب).



شکل ۱۳- احتمال توزیع تجمعی تاریخ برداشت (الف) و شیوه برداشت محصول (ب) در مزارع مورد بررسی برنج

Fig. 13- Probability of cumulative distribution of harvesting date (a) and harvesting method (b) in paddy fields

با توجه به یافته‌های شکل ۱۴ مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات عملکرد شلتوک در ۱۰۰ مزرعه بین ۶۱۰۰ الی ۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در ۱۰ درصد از مزارع عملکرد کمتر از ۶۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. عملکرد شلتوک حدود ۳۰ درصد از مزارع مورد بررسی بین ۶۲۵۰ الی ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. همچنین، در ۴۰ درصد از مزارع مورد بررسی عملکرد شلتوک بین ۷۰۰۰ الی ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. عملکرد شلتوک ۱۵ درصد از مزارع مورد مطالعه بین ۷۶۰۰ الی ۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تنها در پنج درصد از مزارع عملکرد شلتوک بین ۷۹۰۰ الی ۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار ثبت شد (شکل ۱۴).



شکل ١٤- احتمال توزیع تجمعی عملکرد شلتوک در مزارع مورد بررسی برنج
Fig. 14- Probability of cumulative distribution of paddy yield

تخمین خلاء عملکرد بر اساس مدل‌های رگرسیونی (CPA)

روش تحلیل مقایسه کارکرد یا CPA یکی از روش‌هایی است که برای کمی کردن خلاء عملکرد استفاده می‌شود. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلاء عملکرد تعیین می‌شود. در واقع، در روش CPA با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام‌به‌گام (Soltani et al., 2016)، محدودیت‌های عملکرد و مدل تولید تعیین می‌شود. همچنین، با استفاده از معادله تولید و مقادیر مؤلفه‌های مدل سهم هر یک از عوامل محدود کننده در ایجاد خلاء عملکرد مشخص می‌شود (De Bie, 2000; Lobell et al., 2009).

مدل تولید

یافته‌های مربوط به رگرسیون گام به گام برای تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد و مدل عملکرد در جدول ۳ ارایه شده است. در این مدل رگرسیونی عملکرد شلتوک در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و سایر متغیرها از قبیل پیش‌کاشت کلزا، تناوب زراعی، استفاده از بذر گواهی‌شده، تاریخ بذرپاشی در خزانه، مصرف کود سرک، مصرف پتاسیم، مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها 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 ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل (معادله رگرسیون نهایی) با هشت متغیر مستقل انتخاب شد (جدول ۳). معادله نهایی عملکرد به‌صورت زیر بود:

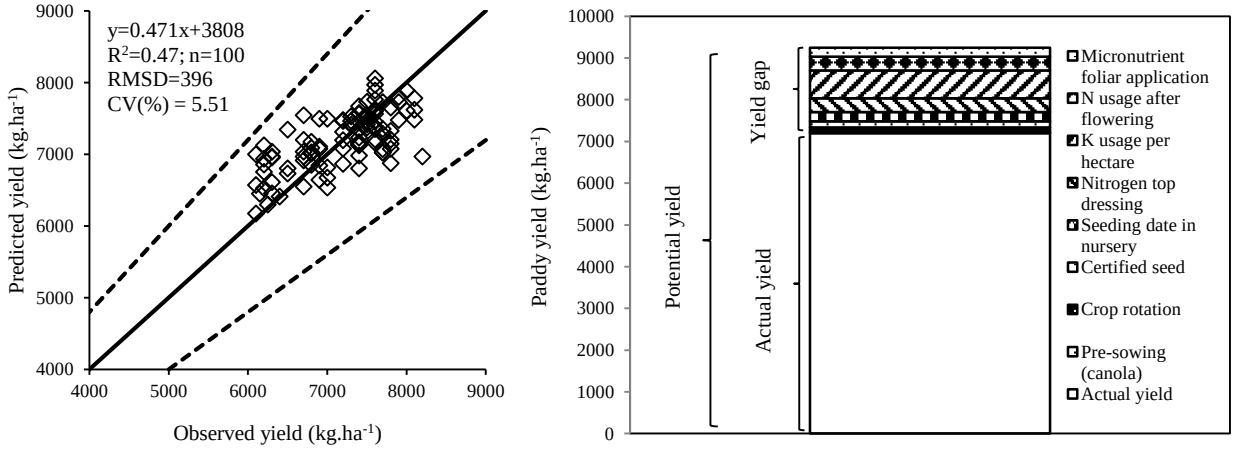
$$y\ (kg.ha^{-1}) = 6440 - 425\ X_1 + 307\ X_2 + 256\ X_3 - 9\ X_4 + 495\ X_5 + 10\ X_6 + 146\ X_7 + 314\ X_8$$

که در آن، y: عملکرد شلتوک بر حسب کیلوگرم در هکتار، X_1: پیش‌کاشت کلزا، X_2: تناوب زراعی، X_3: استفاده از بذور گواهی‌شده، X_4: تاریخ بذرپاشی در خزانه، X_5: مصرف کود سرک، X_6: مصرف کود پتاسیم، X_7: مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و X_8: محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها است.

عوامل محدودکننده عملکرد و تخمین خلاء عملکرد

در جدول ۳ متغیرهای وارد شده در معادله تولید به همراه میانگین، حداقل و حداکثر مقادیر مشاهده شده آن‌ها در مزارع ارایه شده است. مشخصات متغیرهای وارد شده در مدل به‌صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار بگیرد در جدول ۳ ارایه شد. میزان خلاء عملکرد مربوط به هشت متغیر وارد شده در معادله تولید برابر ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بهترین حالت برای متغیرهای تناوب زراعی، استفاده از بذر گواهی‌شده، مصرف کود سرک، مصرف کود پتاسیم، مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها با اثر مثبت، مقدار حداکثر آن‌ها انتخاب شد. متغیرهای پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به‌عنوان متغیر منفی بوده و مقادیر اندک آن‌ها انتخاب شد. بنابراین، مقدار بهینه معادل مقدار حداقل این دو متغیر بود (جدول ۳). میزان افزایش عملکرد ناشی از تفاضل عملکرد حالت بهترین و متوسط دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به‌ترتیب برابر ۳۴ و ۲۲۳ کیلوگرم در هکتار معادل دو و ۱۱ درصد بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به اثر متغیر تناوب زراعی برابر ۱۱۱ کیلوگرم در هکتار معادل پنج درصد از کل افزایش عملکرد بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر استفاده از بذور گواهی‌شده و مصرف کود سرک نیز به‌ترتیب برابر ۱۴۱ و ۳۲۷ کیلوگرم در هکتار معادل هفت و ۱۶ درصد از کل تغییر عملکرد بود. میزان افزایش عملکرد مربوط به اثر متغیر مصرف کود پتاسیم و نیتروژن بعد از گلدهی به‌ترتیب برابر ۶۷۴ و ۳۲۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۳۳ و ۱۶ درصد از کل افزایش عملکرد بود. میزان خلاء عملکرد مربوط به متغیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها برابر ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۰ درصد بود (جدول ۳). در بین هشت متغیر

وارد شده در مدل اثر متغیر مصرف کود سرک، پتاسیم و نیتروژن بعد از گلدهی قابل توجه بوده که می‌توان بخش قابل توجهی از خلاء عملکردی در مزارع کشاورزان را با مدیریت این سه متغیر جبران کرد. جدول ۳ کل خلاء عملکرد و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن را نشان می‌دهد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد (پتانسیل عملکرد) به‌ترتیب ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده (۷۱۷۸ و ۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار بود که در در منطقه ساری و بابل نیز میزان خلاء عملکرد ارقام محلی برنج به روش CPA به‌ترتیب برابر ۱۸۴۱ و ۱۹۷۷ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (Halalkhor et al., 2018; Yousefian et al., 2018). این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می‌توانند برداشت کنند ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف یا کاهش خواهد بود (جدول ۳). شکل ۱۵–الف سهم هر یک از صفات در خلاء عملکرد را به همراه عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد را نشان می‌دهد. بنابراین، عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۴۴۹۵ و ۶۳۳۷ کیلوگرم در هکتار و میزان خلاء عملکرد برابر ۱۸۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که این نتیجه نشان می‌دهد با می‌توان این خلاء عملکرد را جبران کرد (شکل ۱۵–الف). یافته‌های شکل ۱۶–ب رابطه بین عملکرد واقعی (مشاهده شده) و عملکرد پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد. این آماره نشان می‌دهد که RMSD برای عملکرد شلتوک برابر ۳۹۶ کیلوگرم در هکتار (۵/۵۱ درصد میانگین عملکرد مشاهده شد) و RMSE برابر ۳۹/۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین ضریب تبیین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده برابر ۰/۴۷ بود. لذا، بر اساس برازش رابطه بین عملکرد مشاهده شده و عملکرد پیش‌بینی شده می‌توان بیان کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلاء عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده تولید به کار گرفته شود (شکل ۱۵–ب).



شکل ۱۵- مقدار محدودیت‌های اصلی خلاء عملکرد (الف) و رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده. (ب)

در شکل ۱۶–ب دامنه ۲۰ درصد از اختلاف بین پیش‌بینی شده و مشاهده شده توسط خطوط منقطع نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

Fig. 15- The amount of the main limitations of yield gap (a); the relationship between observed and predicted yields (b)
Twenty percent of the differences between predicted and observed yields are shown by segmented lines.

طبق یافته‌های این پژوهش، میزان بالای خلاء عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل توجهی از این خلاء 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 (Lobell et al., 2009).

شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد به‌صورت جداگانه، نقش مهمی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین برای رسیدن به حداکثر عملکرد دارد. در مطالعه پرادهان (Pradhan, 2004) بررسی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد ذرت پرداخته شد که خاک دارای بافت سبک، مساحت مزارع، تعداد بذر کاشته شده در هر کپه و عدم انجام عملیات تنک به

ترتیب با ۲۷، ۳۰، ۳۰ و ۱۳ درصد، مهم‌ترین عوامل ایجاد کاهش عملکرد در ذرت بودند. دست‌یابی به عملکرد بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل اگرچه امکان‌پذیر است، اما شاید با توجه به قیمت ادوات، کود، سم و همچنین هم‌پوشانی فصل کاشت، از نظر اقتصادی برای کشاورزان منطقه مقرون به صرفه نباشد. علاوه بر این، مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد که مهم‌ترین مشکل خلاء عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌های مدیریتی ناکارآمد در مزارع کشاورزان است (Torbati et al., 2013). اگرچه هدف از این پژوهش برآورد میزان خلاء عملکرد برنج بوده و عوامل به‌وجود آمدن این میزان خلاء عملکرد نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر است، اما محتمل‌ترین راه‌کار که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و کاهش خلاء عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است.

جدول ۳- کمی کردن خلاء عملکرد برنج و سهم هر یک از متغیرهای وارد شده در معادله تولید

Table 3- Quenching the rice yield gap and the contribution of each variable entered in the production equation

متغیر Variable	ضریب در مدل Coefficients	شکل متغیر در مدل Variable in model			عملکرد محاسبه شده با مدل Predicted yield by model			خلاء عملکرد Yield gap ($kg.ha^{-1}$)	درصد خلاء عملکرد Yield gap share
		حداقل Min.	متوسط Mean	حداکثر Max.	بهترین Best	متوسط Mean	بهینه Optimum		
عرض از مبدأ Intercept	6440	-	-	-	-	6440	6440	-	-
پیش‌کاشت کلزا Canola pre-sowing (X_1)	-425	0	0.08	1	0	-34	0	34	2
تناوب زراعی Crop rotation (X_2)	307	0	0.64	1	1	197	307	111	5
بذر گواهی‌شده Certified seed (X_3)	256	0	0.45	1	1	115	256	141	7
تاریخ بذرپاشی در خزانه Seeding in nursery (X_4)	-9	0	26.11	58	1	-232	-9	223	11
مصرف کود سرک N top dressing (X_5)	495	0	0.34	1	1	168	495	327	16
پتاسیم خالص در هکتار K usage (X_6)	10	0	32.60	100	100	326	1000	674	33
نیتروژن بعد از گلدهی N after flowering (X_7)	146	0	0.78	3	3	114	438	324	16
محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها Foliar application (X_8)	314	0	0.32	1	1	100	314	214	10
عملکرد شلتوک Paddy yield ($kg.ha^{-1}$)	-	6100	7178	8200	-	7194	9241	2047	100

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در مدل رگرسیونی، متغیرهایی مثل پیش‌کاشت کلزا، تناوب زراعی، بذر گواهی شده، تاریخ بذرپاشی، مصرف کود سرک، مصرف پتاسیم، مصرف نیتروژن بعد از گلدهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد معادله نهایی تولید شدند و به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد در منطقه بودند. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۲۰۴۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر تناوب زراعی و بذر گواهی شده به‌ترتیب برابر ۱۱۱ و ۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر کود سرک، مصرف پتاسیم و مصرف نیتروژن بعد از گلدهی به‌ترتیب برابر ۳۲۷، ۶۷۴ و ۳۲۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶، ۳۳ و ۱۶ درصد از کل افزایش عملکرد بود. علاوه بر این، سهم خلاء عملکرد مربوط به متغیر محلول‌پاشی ریزمغذی برابر ۲۱۴ کیلوگرم معادل ۱۰ درصد از کل بود. سهم خلاء عملکرد مربوط به دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی به‌ترتیب برابر دو و ۱۱ درصد از کل افزایش عملکرد (دو و ۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود. بنابراین، بر اساس یافته‌ها می‌توان اعلام کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلاء عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده تولید برنج در شرایط آب و هوایی مشابه با منطقه نکا به کار گرفته شود.

منابع

Aghagolzadeh, H. 2010. Rice guide (Harvesting and Post-harvest). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher 220 pp. (In Persian)

Amiri Larijani, B. 2010. Rice guide (Land Preparation and Planting). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher 1: 179. (In Persian)

Amiri Larijani, B., Aghagolzadeh, H., and Ramzanpour, Y. 2010. Rice guide (Land Preparation and Planting). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher 2: 170. (In Persian)

Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: by how much do lamd, water and crop yields meed to increase by 2050? FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Rome.

Dastan, S., Noormohamadi, G., Madani, H., and Soltani, A. 2015. Analysis of Energy Indices in Rice Production Systems in the Neka Region. Journal of Environmental Sciences 13(1): 53-66. (In Persian with English Summary)

Dastan, S., Soltani, A., and Alimagham, M. 2017. Documenting the process of local rice cultivars production in two conventional and semi-mechanized planting methods in Mazandaran province. Cereal Research 7(4): 485-502. (In Persian with English summary)

De Bie, C.A.J.M. 2000. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands, 234 p.

Delmotte, S., Tittonell, P., Moureta, J.C., Hammonda, R., and Lopez-Ridaura, S. 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.

Espe, M.B., Yang, H., Cassman, K.G., Guilpart, N., Sharifi, H., and Linquist, B.A. 2016a. Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. Field Crops Research 193: 123-132.

Espe, M.B., Cassman, 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., and Linquist, B.A. 2016b. Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunitiesfor improvementMatthew. Field Crops Research 196: 276-283.

Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., and Barari, D. 2019a. Estimation of yield gap of rice by comparative performance analysis (CPA) in the Amol and Rasht regions. Journal of Plant Production. In Pess (In Persian with English Summary)

Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., and Barari, D. 2019b. Life cycle assessment of rice production systems in different paddy field size levels in north of Iran. Environmental Monitoring and Assessment 191:202.

Haghshenas, H., Soltani, A., Ghanbari, A., Ajamnoroozi, H., and Dastan, S. 2018. Identification of effective agronomic traits on yield of local rice cultivars using multiple regression models. Journal of Agroecology 8(2): 13-28. (In Persian with English Summary)

Hajarpoor, A., SoltanI, A., and Torabi, B. 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 8(4): 183-201. (In Persian with English Summary)

Halalkhor, S., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 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). Agricultural Crop Management 19(3): 397-414. (In Persian with English summary)

Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, K.N., and 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.

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.

Kamkar, B., Koochaki, A., Nasiri Mahalati, M., and Rezvani Moghaddam P. 2007. Yield gap analysis of cumin in nine regions of Khorasan province using modeling approach. Iranian Journal of Field Crops Research 5(2): 333-341. (In Persian with English Summary)

Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environment and Resources 34: 179-204.

Majidi, F., and Padasht, F. 2010. Rice guide (Pests and Diseases). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher 150p. (In Persian)

Mirkamali, H. 2010. Guide to weeds in rice fields and the control methods. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Staff Training Office (STO), Agricultural Education Publisher 214p. (In Persian)

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature 490: 254-257.

Nezamzadeh, E., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed production using comparative performance analysis (CPA) and boundary-line analysis (BLA) methods in Neka region. Applied Field Crops Research. In Press. (In Persian with English Summary)

Rajapakse, D.C., 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC).The Netherlands. 80 p.

Silva, J.V., Reidsma, P., Laborte, A.G., and van Ittersum, M.K. 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.

Soltani, A., and Maddah, V. 2010. Simple applications for agriculture education and research. Agroecology Association, University of Shahid Beheshti, Tehan, Iran 80 p. (In Persian)

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.

Tanaka, A., Diagne, 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.

Tanaka, A., Saito, K., Azoma, 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.

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Soltani, E. 2012. Documenting the process of wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production 19(4): 19-42. (In Persian with English Summary)

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., and Kazemi Korgehei, M, 2013. Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 6(1): 171-189. (In Persian with English Summary)

Torabi, M.H., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H. 2019. Assessment of energy flow, carbon saving, and greenhouse gas emission in rice production scenarios. Environmental Sciences 16(4): 187-212. (In Persian with English Summary)

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research 143: 4-17.

Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M., and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research 143: 34-43.

Xu, X., He, P., Zhaoa, S., Qiua, S., Johnstond, A.M., and Zhou, W. 2016. Quantification of yield gap and nutrient use efficiency of irrigated rice in China. Field Crops Research 186: 58-65.

Yousefian, M., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2018. Estimation of yield gap in local rice cultivars by using CPA and BLF Methods (case study: Mazandaran province, Sari region). Journal of Crop Management 10(3): 265-288. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 277-294

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۹۴-۲۷۷

Evaluation of Potential Yield and Yield Gap Associated with Crop Management in Improved Rice Cultivars in Neka Region

A. Gorjizad[1], A. Soltani[2], S. Dastan[3*] and H. Ajamnoroozi[4]

Submitted: 16-09-2017
Accepted: 31-12-2017

Gorgizad, A., Soltani, A., Dastan, S., and Ajamnoroozi, H. 2019. Evaluation of potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. Journal of Agroecology 11(1):277-294.

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is the staple food of more than half of the world's population and has an obvious effect in feeding, income and job creation of people in the world especially, Iran. The rice cultivation area in the world during the past years has been from 145 million hectares to over 160 million hectares. The last global statistics showed that paddy yield and white rice production were 742 and 492.2 million tons respectively in 2014. The same amount is predicted for 2016. Yield gap analysis is providing a little estimation of increased production capacity which is one important component in designing food providing strategy in regional, national scale and world-wide surface. Due to the existing anxiety about discussions of food security, studies are also increasing globally and in Iran is necessary to estimate the quantity of yield gap and the reasons behind it by appropriate statistical methods, or in other words, detecting the restricting parameters of potential yield. As it was mentioned several factors prevent farmers to reach attainable yield in many crops. It seemed that by defining the effectiveness of each management parameters on the amount of presented yield gap and consequently farmer's knowledge on that matter, the distance between actual yield and attainable yield can be reduced. In this research estimation of potential yield, yield gap and determining yield restricting factors and each of their portions in creating yield gap is investigated.

Material and Methods

The research was done in 100 paddy fields between the Alborz Mountains range and the Caspian Sea in 2016. In this research, all managerial operations from nursery preparation to harvest for modified rice cultivars were recorded through field studies in Neka, Mazandaran, Iran from 2015-2016. All farm cases are pertaining to improved cultivars. The improved rice cultivars were Shiroodi, Neda, Fajr, Ghaem, Khazar, and Nemat, respectively.

Field identifications were done in a way that includes all main production procedure in a specific region with variation in management viewpoint. For defining the yield model (production model), the relationship between all measured variables and the final model was designed by controlled trial and error method. The final model was obtained through the controlled trial and error method, which can quantify the effect of yield limitations. The average paddy yield was calculated by the model by placing the observed average variables (Xs) in the fields under study in the yield model. Thereafter, by putting the best-observed value of the variables in the yield model, the maximum obtainable yield was calculated. The difference between these two has been considered as yield gap. Different procedures of the software SAS version 9.1 were used for analysis.

Results and Discussion

Data analysis revealed that seed consumption was varied from 30 to 120 kg.ha^{-1}. The range of seedling age variable was from 20 to 60 days old. In 100 paddy fields planting density were 16 to 40 plants per m^2. Nitrogen usage by 26% of farmers was among 69 to 92 kg.ha^{-1} and 16% of the farmers consumed 92 to 115 kg N per hectare.

1and 3- PhD Student and Assistant professor Department of Agronomy, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan
2- Professor, Department of Plant Production, Gorgan Agricultural and Natural Science University, Gorgan
4- Postdoctoral Research Scholar, Department of Genetic Engineering, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Iran
(*- Corresponding Author Email: dastan@abrii.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.67430

Potassium application was varied from 0 to 100 kg K ha^{-1} which within 60% of the field's potassium usage was less than 35 kg K ha^{-1}. The range of paddy yield in 100 paddy fields was varied from 6100 to 8200 $kg.ha^{-1}$ that in 40% of the studied fields, the paddy yield was from 7000 to 7600 $kg.ha^{-1}$. In the CPA model, the paddy yield increasing related to the effect of N top dressing, K usage and N usage after flowering was 327, 674 and 324 $kg.ha^{-1}$.

Conclusion

Therefore, the actual yield and yield potential were estimated to be 7194 and 9241 $kg.ha^{-1}$, respectively and the yield gap was 2047 $kg.ha^{-1}$. Therefore, regarding the fact that calculated potential yield was reached through actual data in each paddy field, it has been stated that this yield potential is attainable.

Keywords: Attainable yield, CPA, Documentation, Management factors, Rice