



کاربرد علف‌کش در مزارع برنج تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*)

اکبر شیرزاد چناری¹، هاشم امین پناه^{2*} و پیمان شریفی²

تاریخ پذیرش: 1396/2/9

تاریخ بازنگری: 1395/7/25

تاریخ دریافت: 1395/5/10

چکیده

به منظور بررسی امکان کاربرد علف‌کش در مزارع برنج (رقم بومی هاشمی) تلقیح شده با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در رشت در سال 1393 انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد باکتری ازتوباکتر کروکوکوم در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز در شش سطح (کاربرد علف‌کش پرتیلاکتر + یک‌بار وجین تکمیلی، کاربرد علف‌کش بن‌سولفورون‌متیل + یک‌بار وجین تکمیلی، کاربرد مخلوط علف‌کش پرتیلاکتر و بن‌سولفورون‌متیل + یک‌بار وجین تکمیلی، وجین کامل + عدم مصرف علف‌کش، عدم وجین + عدم مصرف علف‌کش) بودند. نتایج نشان داد کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک به میزان 16 درصد گردید. عدم کنترل علف‌های هرز نیز منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک نسبت به تیمارهای وجین‌دستی و شیمیایی شد. معنی‌دار نبودن اثر متقابل بین عامل‌های مورد بررسی بر عملکرد شلتوک و زیست‌توده برنج نشان داد که کاربرد علف‌کش‌های مورد بررسی در این آزمایش اثر بازدارندگی و یا تحریک‌کنندگی بر فعالیت ازتوباکتر کروکوکوم در بهبود رشد و عملکرد شلتوک برنج نداشتند. وزن خشک علف‌های هرز در تیمار وجین دستی، مصرف پرتیلاکتر، بن‌سولفورون‌متیل و مخلوط پرتیلاکتر، بن‌سولفورون‌متیل در مقایسه با شاهد عدم وجین به ترتیب به میزان 88، 91، 92 و 94 درصد کاهش یافت. کاربرد باکتری ازتوباکتر کروکوکوم اثر معنی‌داری بر وزن خشک علف‌های هرز نداشت. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که امکان کنترل شیمیایی علف‌های هرز در مزارع برنج تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم وجود دارد.

واژگان کلیدی: باکتری‌های محرک رشد برنج، بن‌سولفورون‌متیل، پرتیلاکتر، علف‌هرز، کاهش عملکرد.

1- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

aminpanah@iaurasht.ac.ir & haminpanah@yahoo.com

(* نگارنده‌ی مسئول)

مقدمه

برنج، پس از گندم مهم‌ترین محصول کشاورزی در جهان است و نقش بسیار مهمی در تغذیه‌ی بیش از نیمی از جمعیت جهان دارد. سطح زیر کشت برنج در ایران 500 هزار هکتار و میزان تولید آن 2540000 تن برآورد شده است. استان‌های مازندران، گیلان و گلستان از مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده برنج کشور می‌باشند (Anonymous, 2013).

علف‌های هرز یکی از عوامل اصلی کاهش دهنده عملکرد محسوب می‌شوند، به طوری که، عدم کنترل آنها در مزارع برنج می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه عملکرد شلتوک گردد (Kim and Ha, 2005). معاذی کجیل و همکاران (MaaziKajal et al., 2012) میزان خسارت علف‌های هرز در مزارع برنج را در صورت عدم کنترل آنها، 79 درصد گزارش کردند. اگرچه در سال‌های اخیر نگرانی‌های مربوط به افزایش بروز مقاومت در علف‌های هرز و مخاطرات زیست محیطی سبب شده است که مصرف علف‌کش‌ها با نگرانی‌های جدی مواجه شود، اما کمبود و گرانی کارگر جهت وجین دستی علف‌های هرز در شالیزار، رضایت شالیکاران از کارآیی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز و کاهش هزینه‌های تولید سبب شده است تا همچنان مهم‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در مزارع برنج ایران استفاده از علف‌کش‌های انتخابی مزارع برنج به همراه یک بار وجین دستی باشد. گزارش شده است که در حال حاضر 99 درصد شالیکاران حداقل از یک علف‌کش جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز مزارع خود بهره می‌جویند (Yaghoubi et al., 2010). مهم‌ترین علف‌کش‌های مصرفی مزارع برنج کشور شامل بوتاکلر، پرتیلاکلر، تیوبنکارب،

اکسادیارژیل و بن‌سولفورون‌متیل هستند. پرتیلاکلر علف‌کشی از گروه استانیلیدها هستند که عمدتاً جهت کنترل سوروف در مزارع برنج مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی که بن‌سولفورون‌متیل یک علف‌کش انتخابی از گروه سولفونیل‌اوره (بازدارنده سنتز آنزیم ALS) است که جهت کنترل پهن برگ‌ها و جگن‌ها در مزارع برنج به کار می‌رود (Okamoto et al., 1998). در نتیجه، مصرف مخلوط این دو علف‌کش قادر است طیف وسیعی از علف‌های هرز مزارع برنج را کنترل نماید. به همین دلیل، در حال حاضر بیش از 90 درصد علف‌کش‌های شالیزار به مصرف مخلوط پرتیلاکلر (یا بوتاکلر) و بن‌سولفورون‌متیل منحصر شده است (Yaghoubi et al., 2010).

در سال‌های اخیر، تمایل کشاورزان به مصرف کودهای زیستی جهت افزایش عملکرد محصولات زراعی و پایداری نظام‌های زراعی رو به افزایش است. کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادی می‌باشند که توانایی تثبیت نیتروژن و یا تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای زیستی را دارند (Saharan and Nehra, 2011). همچنین، این میکروارگانیسم‌ها از طریق کنترل زیستی و تولید مواد شبه هورمونی (Saharan and Nehra, 2011)، افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای گیاهی (Maksimov et al., 2011) سبب بهبود رشد گیاه می‌گردند. ازتوباکتر از میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی هستند که در همبازی با ریشه‌ی گیاهان، رشد آنها را تقویت می‌کنند. اثر مثبت ازتوباکتر بر رشد و عملکرد برنج (Panahi et al., 2015) و سایر محصولات زراعی (Jalilian et al., 2012)،

موجود در خاک گردید، در حالی که زای و همکاران (Xie et al., 2004) گزارش کردند که مصرف این علفکش سبب کاهش فعالیت آنزیمی در خاک شالیزار گردید. همچنین، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که اثر کاربرد مخلوط علفکش‌ها بر باکتری‌ها، ممکن است متفاوت با اثر کاربرد جداگانه هر یک از علفکش‌ها بر آنها باشد (Patnaik et al., 1995). بنابراین، با توجه به مطالب بالا، این احتمال وجود دارد که اثرات مثبت ازتوباکتر بر رشد و عملکرد برنج تحت تأثیر علفکش‌های مصرف شده در مزارع برنج قرار گیرد.

اگرچه تاکنون اطلاعاتی در خصوص اثر ازتوباکتر در رشد و عملکرد برنج و نیز اثر علفکش‌ها بر فعالیت باکتری‌های موجود در خاک مزارع برنج منتشر شده است، اما تاکنون تأثیر کاربرد علفکش‌های مزارع برنج بر کارایی ازتوباکتر در بهبود رشد و عملکرد برنج مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی امکان کاربرد علفکش‌ها جهت کنترل علف‌های هرز در مزارع برنج تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی شالیکاری شرکت کشاورزی و دامپروری سفیدرود با مشخصات جغرافیایی 37 درجه و 12 دقیقه عرض شمالی و 49 درجه 38 دقیقه طول شرقی و ارتفاع چهار متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال 1393 انجام شد. پیش از اجرای آزمایش، جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، نمونه خاک از

گزارش (Soleymanifard and Naseri, 2014) شده است. به‌طور کلی، پژوهشگران معتقدند آفت‌کش‌هایی که برای حفاظت از محصولات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر موجودات غیر هدف نیز تأثیر گذاشته و سبب تغییر در تعداد (Pampulha and Oliveira, 2006)، تنوع و ساختار جامعه میکروبی خاک می‌گردند (Ingram et al., 2005; Littlefield-Wyer et al., 2008). علاوه، آفت‌کش‌ها بر فرآیندهای بیوشیمیایی خاک که منشا میکروبی و آنزیمی دارند نیز تأثیر می‌گذارند. تجزیه میکروبی مواد آلی، حرکت عناصر غذایی در خاک و فراهمی زیستی آنها نیز کم و بیش تحت تأثیر منفی آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند (Mahi'a et al., 2008). البته این امکان وجود دارد که گروه خاصی از میکروب‌ها از یک آفت‌کش به‌عنوان منبع انرژی و غذایی در تکثیر خود بهره برده، درحالی‌که همین آفت‌کش برای سایر گروه‌های میکروبی سمی باشد (Johnsen et al., 2001). همچنین، گزارش شده است که مرگ برخی از گروه‌های میکروبی خاک در اثر استفاده از آفت‌کش‌ها منجر به افزایش جمعیت سایر گروه‌های میکروبی خاک گردیده است (Lopez et al., 2006). ساهو و همکاران (Sahoo et al., 2016) گزارش کردند که مصرف پرتیلاکلر به مقدار توصیه شده تأثیر معنی‌داری بر فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در خاک نداشت. مین و همکاران (Min et al., 2001) گزارش کردند که مصرف بوتاکلر (علفکش هم خانواده پرتیلاکلر) در ابتدا سبب افزایش تثبیت نیتروژن گردید، ولی در ادامه تثبیت نیتروژن را کاهش داد. ال-گمری و همکاران (El-Ghamry et al., 2001) گزارش کردند که کاربرد بن‌سولفورون متیل منجر به افزایش زیست‌توده میکروب‌های

لیتر در هکتار) و بن سولفورون متیل (75 گرم در هکتار) در کرت‌های مربوطه به‌صورت جداگانه و نیز به‌صورت مخلوط (پرتیلاکسر + بن‌سولفورون متیل) بر طبق دستورالعمل مصرف شدند. جهت جلوگیری از نفوذ علف‌کش‌ها به کرت‌های مجاور، کرت‌ها دارای دریچه مستقل ورودی آب بودند و مرزهای خاکی بین کرت‌ها با پوشش پلاستیکی مخصوص به عمق حدود 30 سانتی‌متر پوشانده شدند.

نیمی از کود شیمیایی نیتروژن (50 کیلوگرم اوره در هکتار)، تمامی مقدار فسفر (100 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (100 کیلوگرم سولفات پتاسیم) بلافاصله قبل از نشاکاری و باقیمانده نیتروژن (50 کیلوگرم اوره در هکتار)، در زمان تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف به صورت سرک به خاک داده شد. با توجه به عدم آلودگی مزرعه آزمایشی به بیماری‌ها و آفات، خصوصاً بلاست و کرم ساقه‌خوار برنج، از هیچ‌گونه سم شیمیایی استفاده نگردید. در ضمن، آبیاری نیز بر طبق عرف رایج منطقه صورت گرفت.

در پایان فصل رشد، عملکرد شلتوک (بر مبنای رطوبت 14 درصد)، اجزای عملکرد (تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه)، درصد باروری خوشه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، مساحت برگ پرچم اندازه‌گیری شد (Javadi and Aminpanah, 2016). درصد نیتروژن برگ پرچم و دانه با استفاده از روش کج‌لدال اندازه‌گیری و سپس میزان نیتروژن جذب شده در دانه (Grain N Uptake) با حاصل‌ضرب درصد نیتروژن دانه در وزن خشک دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

عمق صفر تا 30 سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه فرستاده شد که نتایج آن در جدول 1 آمده است. فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد باکتری ازتوباکتر کروکوکوم (تلقیح و عدم تلقیح) و روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز (کاربرد علف‌کش پرتیلاکسر به همراه یک‌بار وجین تکمیلی، کاربرد علف‌کش بن‌سولفورون متیل به همراه یک‌بار وجین تکمیلی، کاربرد مخلوط علف‌کش پرتیلاکسر و بن‌سولفورون متیل به همراه یک‌بار وجین تکمیلی، وجین کامل + عدم مصرف علف‌کش، عدم وجین + عدم مصرف علف‌کش) بودند. وجین دستی علف‌های هرز در کرت شاهد تمام وجین در دو مرحله، دو و چهار هفته پس از نشاکاری، و در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها در یک مرحله، دو هفته پس از نشاکاری، انجام شد. باکتری ازتوباکتر از موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، کرج تهیه شد. مصرف باکتری ازتوباکتر کروکوکوم به‌صورت بذرمال و همچنین در هنگام نشاکاری بر روی ریشه نشاها بود. بذور هاشمی پس از جوانه‌دار شدن بر طبق دستورالعمل مربوطه آغشته به صمغ عربی شدند و پس از آن به ازای هر کیلوگرم بذر شلتوک رقم هاشمی، هفت گرم از پیت حاوی باکتری (10^8 cell/g) به‌طور یکنواخت روی بذره‌های جوانه‌دار شده پاشیده و پس از خشک شدن در سایه، در خزانه از قبل آماده شده به‌صورت دستی پاشیده شدند. در هنگام انتقال نشاء از خزانه به زمین اصلی ابتدا نشاها در محلول محتوای ازتوباکتر کروکوکوم قرار داده شدند و سپس نشاها با فاصله 20×25 در داخل کرت‌هایی به ابعاد 3×4 متری در تاریخ دوم خرداد کاشته شدند.

یک هفته پس از نشاکاری جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز، علف‌کش پرتیلاکسر (1/5)

کرت‌های تیمار شده با ازتوباکتر کروکوکوم بیانگر عدم تأثیر مثبت یا منفی ازتوباکتر بر رشد علف‌های هرز می‌باشد. گزارش شده است که در شرایط رقابت، علف‌های هرز و گیاه زراعی رفتار متفاوتی نسبت به میکروارگانیسم‌های خاک دارند و به نظر می‌رسد که علف‌های هرز جهت بهبود رشد خود وابستگی بیشتری به این میکروارگانیسم‌ها داشته باشند (Massenssini et al., 2014).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک علف‌های هرز تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 2). وجین دستی و تیمارهای کنترل شیمیایی به همراه یک‌بار وجین تکمیلی تأثیر قابل توجهی بر کاهش زیست توده علف‌های هرز داشت (شکل 1). وزن خشک علف‌های هرز در تیمار وجین دستی، مصرف پرتیلاکلر، بن‌سولفورون‌متیل و مخلوط پرتیلاکلر + بن‌سولفورون‌متیل در مقایسه با شاهد عدم وجین به ترتیب به میزان 91، 88، 92 و 94 درصد کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین تیمار وجین دستی و تیمارهای کنترل شیمیایی از لحاظ وزن خشک علف‌های هرز وجود نداشت. این نتایج نشان‌دهنده کنترل مطلوب علف‌های هرز مزارع برنج به‌وسیله علف‌کش‌ها به همراه یک‌بار وجین دستی تکمیلی می‌باشد.

اجزای عملکرد و عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه پر در خوشه تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت، در حالی که وزن هزار دانه فقط تحت تأثیر ($P \leq 0.01$) ازتوباکتر کروکوکوم قرار گرفت (جدول 2). همچنین، اثر

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. رسم شکل‌ها نیز در نرم‌افزار Excel 2003 صورت گرفت.

نتایج و بحث

جامعه و زیست توده علف‌های هرز

در این آزمایش، سوروف (*Echinochloa crus-galli*)، پی‌زور (*Schoenoplectus maritimus*)، اویارسلام بـذری (*Cyperus difformis*)، قاشق‌واش (*Alisma-sagittari trifolia*)، تیرکمان آبی (*Monochoria vaginalis*) از مهم‌ترین علف‌های هرزی بودند که در کرت‌های آزمایشی مشاهده شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد باکتری ازتوباکتر کروکوکوم بر زیست توده پی‌زور معنی‌دار نبود (جدول 2)، در نتیجه اختلاف معنی‌داری بین کرت‌های تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم و شاهد (عدم تلقیح) از لحاظ زیست توده علف‌های هرز مشاهده نگردید (جدول 3). به نظر می‌رسد زیست توده علف‌های هرز در مزارع تلقیح شده با ازتوباکتر می‌تواند به دو طریق کاملاً متضاد تحت تأثیر این باکتری‌ها قرار گیرد: الف- تلقیح بذور برنج با ازتوباکتر سبب تولید نشاهایی با بنیه قوی‌تر می‌شود، در نتیجه توانایی رقابتی بوته‌های حاصل از نشاهای مذکور در برابر علف‌های هرز افزایش می‌یابد. این امر در نهایت می‌تواند منجر به کاهش زیست توده و میزان بذر تولید شده در علف‌های هرز گردد. ب- همزیستی احتمالی بین ازتوباکتر با ریشه علف‌های هرز در کرت‌های تلقیح شده با این باکتری‌ها می‌تواند منجر به تحریک رشد علف‌های هرز و در نتیجه افزایش زیست توده علف‌های هرز گردد. عدم افزایش یا کاهش معنی‌دار علف‌های هرز در

شد، درحالی که، حداقل آن در صورت عدم وجین علف‌های هرز به دست آمد (جدول 4). نتایج نشان داد که عدم وجین علف‌های هرز منجر به کاهش شش درصدی تعداد دانه پر در خوشه در مقایسه با شاهد تمام وجین گردید. میزان پنجه‌زنی ارقام هر چند که یک صفت ژنتیکی است، اما به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرد (Nour Mohammadi et al., 1997). تراکم یکی از مهم‌ترین عواملی است که بر پنجه‌زنی ارقام تأثیر می‌گذارد، به طوری که، با افزایش تراکم تولید پنجه‌های ثانویه کاهش می‌یابد (Wu et al., 1998). در شرایط رقابت با علف‌های هرز، افزایش تراکم کل در واحد سطح (تعداد بوته برنج و علف‌های هرز) سبب کاهش فضای در دسترس برای هر بوته برنج می‌گردد، که این امر منجر به کاهش پنجه‌زنی می‌گردد. یکی دیگر از عوامل کاهش دهنده پنجه‌زنی در شرایط رقابت با علف‌های هرز، محدودیت بوته‌های برنج در دسترسی به عناصر غذایی به خصوص نیتروژن می‌باشد، به خصوص که برخی از علف‌های هرز برنج مانند سوروف (C₄) در مقایسه با برنج (C₃) توانایی بالایی در جذب نیتروژن خاک دارند (Ampong-Nyarko and De Detta, 1991). گزارش شده است که در صورت آلودگی شدید، سوروف قادر است 60 تا 80 درصد نیتروژن خاک (Holm et al., 1977) و بسیاری از ریز مغذی‌ها (Maun and Barrett, 1986) را جذب نماید. همچنین سوروف در مقایسه با برنج نسبت به مصرف کودهای نیتروژنه عکس‌العمل بهتری نشان می‌دهد (Holm et al., 1977). گزارش شده است که در اثر رقابت برنج و سوروف، مقدار نیتروژن در دسترس گیاه برنج کاهش و در نتیجه مقدار نیتروژن در برگ‌های برنج و مقدار ماده خشک

متقابل بین ازتوباکتر و مدیریت علف‌های هرز بر هیچکدام از اجزای عملکرد معنی‌دار نبود. کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم منجر به افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به ترتیب به میزان 10، 11 و پنج درصد گردید (جدول 3). مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که کاربرد کود زیستی حاوی باکتری ازتوباکتر سبب افزایش معنی‌دار کلیه اجزای عملکرد در برنج گردید (Mukhopadhyay et al., 2013). همچنین، پناهی و همکاران (Panahi et al., 2015) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپریلوم منجر به افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه گردید، در حالی که وزن هزار دانه تحت تأثیر قرار نگرفت. افزایش اجزای عملکرد برنج در شرایط کاربرد ازتوباکتر به دسترسی مداوم بوته‌های برنج به نیتروژن و فسفر در طول دوره رشد و تأثیر مثبت این عناصر در بهبود اجزای عملکرد نسبت داده شده است (Mukhopadhyay et al., 2013). علی و همکاران (Ali et al., 2002) نیز گزارش کردند که جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود.

تعداد خوشه در متر مربع در کرت عدم وجین در مقایسه با کرت شاهد وجین دستی، کرت‌های تیمار شده با مخلوط پرتیلاکلر و بن سولفورون متیل، بن سولفورون متیل و پرتیلاکلر به ترتیب به میزان 16، 17، 18 و 18 درصد کاهش یافت (جدول 4). حداکثر تعداد دانه پر در خوشه در کرت‌های تیمار شده با علفکش پرتیلاکلر و مخلوط پرتیلاکلر و بن سولفورون متیل مشاهده

برگ‌ها نیز کاهش یافت (Keeley and Thullen, 1989). با توجه به رابطه مثبت بین میزان نیتروژن برگ و سرعت فتوسنتز برگ (Garnier et al., 1999)، کاهش مقدار نیتروژن برگ برنج در شرایط رقابت می‌تواند منجر به کاهش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گردد. همچنین، کاهش احتمالی دسترسی بوته‌های برنج به سایر عناصر از جمله فسفر در اثر رقابت با سوروف، منجر به کاهش تعداد پنجه بارور در متر مربع می‌شود (Nour Mohammadi et al., 1997). به علاوه، محدودیت عناصر غذایی در شرایط رقابت سبب می‌شود که تعدادی از پنجه‌های تولید شده به خوشه نروند. نور عامل محیطی دیگری است که سبب تحریک پنجه‌زنی در غلات و از جمله برنج می‌گردد (Nour Mohammadi et al., 1997). مشاهده شده است که بلندتر بودن برخی از علف‌های هرز مانند سوروف نسبت به برنج می‌تواند سبب کاهش دسترسی بوته‌های برنج به نور و در نتیجه کاهش پنجه‌زنی در برنج گردد (Ntanos and Koutroubas, 2002). با توجه به فراوانی آب در مزارع برنج نشایی، تصور می‌شود که کاهش اجزای عملکرد بر اثر رقابت بین برنج و علف‌های هرز بر سر آب بسیار ناچیز باشد. کاهش تعداد خوشه در متر مربع و تعداد دانه در خوشه در اثر رقابت برنج با علف‌های هرز قبلاً نیز گزارش شده است (Aminpanah et al., 2014).

اختلاف معنی‌داری در بین کرت عدم وجین، شاهد تمام وجین و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها از لحاظ وزن هزار دانه مشاهده نشد (جدول 4). وزن هزار دانه صفتی است که بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Heafele et al., 2004, Zhao et al., 2006). برخلاف نتایج این آزمایش، گزارش شده است که کاهش دسترسی بوته‌های برنج به نور در شرایط رقابت منجر به کاهش مقدار فتوسنتز در طی دوره پر شدن دانه‌ها گردیده که این موضوع در نهایت منجر به کاهش وزن هزار دانه گردید (Ntanos and Koutroubas, 2002).

عملکرد شلتوک به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 2). کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش عملکرد شلتوک به میزان 16 درصد گردید (جدول 3). افزایش تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک در این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد (عدم تلقیح) گردید. افزایش عملکرد در صورت کاربرد ازتوباکتر به توانایی این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن و در نتیجه بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین و بهبود جوانه‌زنی بذور تلقیح شده و افزایش بنیه گیاهچه‌های حاصل از آن نسبت داده شده است (Saharan and Nehra, 2011). ضمن اینکه تغییرات ریخت‌شناسی ایجاد شده در بوته‌های تلقیح شده با ازتوباکتر از قبیل افزایش تعداد، طول و ضخامت ریشه (Biswas et al., 2000) می‌تواند منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت عملکرد شلتوک گردد.

عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک گردید (جدول 4). به عبارت دیگر، عملکرد شلتوک در کرت وجین دستی و کرت‌های تیمار شده با بن‌سولفورون

شاهد تمام وجین و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها از لحاظ وزن هزار دانه مشاهده نشد (جدول 4). وزن هزار دانه صفتی است که بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Heafele et al., 2004, Zhao et al., 2006). برخلاف نتایج این

عقیم بمانند و در نتیجه درصد باروری خوشه‌ها در شرایط تلقیح کاهش یافت. تفاوت معنی‌داری در درصد باروری خوشه در کرت‌های کنترل شیمیایی، وچین دستی و شاهد عدم وچین مشاهده نشد (جدول 4). مطابق با نتایج این آزمایش، ژائو و همکاران (Zhao et al., 2006) نیز گزارش کردند که درصد باروری خوشه تحت تأثیر رقابت با علف‌های هرز قرار نگرفت.

زیست توده برنج و شاخص برداشت

اثر اصلی ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز بر زیست توده برنج در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی که شاخص برداشت فقط تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.05$) مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 2). با کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم، زیست توده برنج به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از 8739/7 به 9533/9 کیلوگرم در هکتار رسید (جدول 3). زیست توده برنج در کرت عدم وچین علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن در کرت وچین دستی و کرت تیمار شده با مخلوط پرتیلاکلر و بن‌سولفورون‌متیل بود (جدول 4). اگرچه با کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم، شاخص برداشت نیز افزایش یافت اما مقدار این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول 3). عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسه با کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های شیمیایی گردید. همچنین، مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری در شاخص برداشت کرت وچین دستی و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های شیمیایی وجود نداشت (جدول 4). مطابق با نتایج این آزمایش، برخی از محققان گزارش کرده‌اند که شاخص برداشت برنج در اثر رقابت با علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری

متیل، پرتیلاکلر و مخلوط پرتیلاکلر و بن‌سولفورون‌متیل به‌ترتیب به میزان 30، 34، 33 و 35 درصد نسبت به شاهد عدم وچین افزایش یافت (جدول 4). نتایج نشان داد که علف‌های هرز بیشتر از طریق کاهش تعداد خوشه در متر مربع و سپس کاهش تعداد دانه در خوشه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک گردیدند. در این ارتباط ژائو و همکاران (Zhao et al., 2006) گزارش کرده‌اند که افت عملکرد شلتوک در ارقام برنج آپلند در اثر رقابت با علف‌های هرز سوروف عمدتاً به علت کاهش زیست توده برنج، کاهش تعداد پنجه بارور و کاهش اندازه خوشه بود، در حالی که شاخص برداشت، نسبت دانه پر و وزن هزار دانه تحت تأثیر رقابت با علف‌های هرز قرار نگرفت. معنی‌دار نبودن اثر متقابل بین ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز نشان داد که در هر سطح مدیریت علف‌های هرز، واکنش عملکرد شلتوک به کاربرد یا عدم کاربرد ازتوباکتر مشابه بود. به عبارتی دیگر می‌توان نتیجه گرفت که کلیه علف‌کش‌های مصرفی در این آزمایش اثر سویی بر کارایی ازتوباکتر کروکوکوم در بهبود رشد و عملکرد شلتوک برنج نداشتند.

درصد باروری خوشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد باروری خوشه فقط تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) تلقیح با ازتوباکتر کروکوکوم قرار گرفت (جدول 2). کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم منجر به کاهش معنی‌دار درصد باروری خوشه به میزان پنج درصد گردید (جدول 3). دلیل این امر، افزایش قابل توجه تعداد کل دانه در خوشه‌های حاصل از بوته‌های تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم بود (داده‌ها نشان داده نشده است) که این موضوع سبب شد تا تعداد بیشتری از دانه‌ها

توانایی ازتوباکتر در تثبیت نیتروژن، تصور می‌شود که بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه منجر به افزایش سطح برگ پرچم گردید. وجین علف‌های هرز منجر به افزایش معنی‌دار مساحت برگ پرچم در بوته به میزان هشت درصد گردید (جدول 4). نتایج نشان داد که مساحت برگ پرچم در تیمارهای کنترل شیمیایی علف‌های هرز نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد عدم وجین بود. حذف علف‌های هرز در فرآیند وجین دستی یا کنترل شیمیایی آنها منجر به فراهمی بیشتر آب، عناصر غذایی و نور برای گیاهان زراعی می‌گردد که یکی از آثار این امر گسترش سطح برگ گیاهان زراعی می‌باشد. افزایش سطح برگ در این حالت منجر به دریافت بیشتر نور گردیده و میزان مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه افزایش می‌یابد. افزایش میزان مواد فتوسنتزی نیز به نوبه خود منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و شلتوک می‌گردد. این موضوع خصوصاً در مورد برگ پرچم که جوان‌ترین برگ و منبع اصلی مواد فتوسنتزی در طی دوره پر شدن دانه در غلات می‌باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین، با توجه به موقعیت مکانی برگ پرچم در غلات در ارتباط با جذب نور و نیز نزدیکی آن به خوشه، انتظار می‌رود که افزایش مساحت برگ پرچم منجر به افزایش عملکرد غلات گردد.

درصد نیتروژن دانه و میزان نیتروژن

جذب شده در دانه

اثر اصلی کاربرد باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز بر درصد نیتروژن دانه و میزان نیتروژن جذب شده در دانه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود، در حالی که اثر متقابل بین فاکتورها بر صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول 2). کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش معنی‌دار درصد

کاهش یافت (Heafele et al., 2004). در مقابل، ژائو و همکاران (Zhao et al., 2006) اعلام کردند که شاخص برداشت تحت تأثیر معنی‌دار رقابت با علف‌های هرز قرار نگرفت. با توجه به فرمول شاخص برداشت، نسبت عملکرد شلتوک به زیست توده برنج، رقابت علف‌های هرز با برنج اثر سوء بیشتری بر عملکرد شلتوک نسبت به تجمع زیست‌توده در برنج دارد. در ضمن، نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بین فاکتورهای مورد بررسی بر زیست توده برنج و شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول 2). این امر نشان می‌دهد که تأثیر مثبت ازتوباکتر کروکوکوم بر تجمع ماده خشک تحت تأثیر معنی‌دار کاربرد علف‌کش‌های مصرف شده در این آزمایش قرار نگرفت. به عبارت دیگر، علف‌کش‌های مصرف شده در این آزمایش اثر سوء یا اثر تحریک‌کنندگی معنی‌داری بر فعالیت باکتری ازتوباکتر کروکوکوم در زمینه رشد و تجمع ماده خشک برنج نداشتند. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که مصرف علف‌کش‌ها مورد بررسی در مزارع برنج هیچ گونه اثر بازدارندگی یا هم‌افزایی بر فعالیت ازتوباکتر کروکوکوم در بهبود رشد و تجمع ماده خشک برنج ندارد.

مساحت برگ پرچم

مساحت برگ پرچم در بوته تحت تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت (جدول 2). کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش معنی‌دار مساحت برگ پرچم در بوته به میزان 19 درصد گردید (جدول 3). افزایش مساحت برگ پرچم در بوته‌های تلقیح شده ناشی از افزایش تعداد پنجه در هر بوته بر اثر تلقیح و هم‌ناشی از افزایش سطح برگ پرچم در هر پنجه می‌باشد. با توجه به

نیتروژن دانه و میزان نیتروژن جذب شده در دانه به ترتیب به میزان 13 و 32 درصد گردید (جدول 3). افزایش قابل توجه میزان نیتروژن جذب شده در دانه ناشی از افزایش همزمان درصد نیتروژن دانه و عملکرد شلتوک بر اثر تلقیح می‌باشد. به نظر می‌رسد که با توجه به توانایی ازتوباکتر در تثبیت نیتروژن، تلقیح بوته‌های برنج با باکتری مذکور سبب بهبود وضعیت نیتروژن در گیاه و در نهایت افزایش درصد نیتروژن دانه گردید. بیسواز و همکاران (Biswas et al., 2000) افزایش جذب نیتروژن در بوته‌های برنج تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم را به تغییرات ریخت‌شناسی در این بوته‌ها از قبیل افزایش تعداد، طول و ضخامت ریشه نسبت دادند. علی و همکاران (Ali et al., 2002) نیز گزارش کردند که انتقال نیتروژن اتمسفری به گیاهان به وسیله باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و نیز تولید مواد محرک رشد توسط باکتری‌های اطراف ریشه سبب بهبود رشد و توسعه ریشه و در نهایت منجر به افزایش جذب عناصر غذایی در گیاهان تلقیح شده با این باکتری‌ها (ازتوباکتر کروکوکوم) گردید. آنها همچنین گزارش کردند که جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر، پتاسیم و کلسیم در گیاهان تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود. مطابق با نتایج این آزمایش، گزارش شده است که مصرف کود زیستی حاوی ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش درصد نیتروژن دانه و میزان نیتروژن جذب شده در دانه برنج گردید (Panahi et al., 2015).

میزان غلظت نیتروژن دانه در کرت وجین و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در کرت عدم وجین بود (جدول 4). کاهش معنی‌دار میزان غلظت

نیتروژن دانه در کرت عدم وجین را می‌توان به رقابت بین بوته‌های برنج و علف‌های هرز بر سر نیتروژن نسبت داد، خصوصاً که برخی از علف‌های هرز مزارع برنج از قبیل سوروف توانایی بالایی در جذب نیتروژن دارند. کاهش درصد نیتروژن دانه در کرت‌های عدم وجین از یک طرف، و کاهش قابل توجه عملکرد شلتوک در این کرت‌ها از طرف دیگر سبب شد که میزان نیتروژن جذب شده در دانه در کرت‌های عدم وجین به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر کرت‌ها باشد. حداکثر میزان نیتروژن جذب شده در دانه (67/95 کیلوگرم در هکتار) در کرت تیمار شده با مخلوط علف‌کش پرتیلاکلر و بن‌سولفورون متیل مشاهده شد، هر چند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین این کرت و کرت‌های تیمار شده با پرتیلاکلر (64/45 کیلوگرم در هکتار) و بن‌سولفورون متیل (64/53 کیلوگرم در هکتار) مشاهده نشد. این امر می‌تواند ناشی از بالاتر بودن عملکرد شلتوک و نیز کنترل مطلوب علف‌های هرز و در نتیجه رقابت کمتر بین برنج و علف‌های هرز در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌ها به همراه یک‌بار وجین تکمیلی باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد ازتوباکتر کروکوکوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک گردید. همچنین، کاربرد علف‌کش‌های پرتیلاکلر، بوتاکلر و مخلوط آنها جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز در مزارع برنج اثر بازدارندگی یا تحریک‌کنندگی بر فعالیت ازتوباکتر کروکوکوم در جهت بهبود رشد و عملکرد شلتوک نداشت. در نتیجه، امکان مصرف علف‌کش‌های مذکور در مزارع برنج تلقیح شده با ازتوباکتر کروکوکوم وجود دارد.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش (0-30 cm)
Table 1- Some soil physico-chemical characteristics (0-30 cm depth) at the research location

هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	فسفر قابل جذب Available Phosphorous (mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available Potassium (mg kg ⁻¹)	نیترژن کل Total N (%)	ماده آلی Organic Matter (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
1.44	7.12	13.2	146.0	0.138	2.2	14.0	38.0	48.0

جدول 2- میانگین مربعات اثر باکتری ازتوباکتر کروکوکوم و مدیریت علف‌های هرز بر صفات اندازه‌گیری شده در برنج
Table 2- Mean squares for the effect of Azotobacter chroococcum inoculation and weed management regime on measured traits in rice

منابع تغییرات (Source of Variance)	df	وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight	عملکرد شلتوک (paddy yield)	تعداد خوشه در متر مربع (Panicle number per m ²)	تعداد دانه پر در خوشه (filled grain number per panicle)	باروری خوشه (Panicle fertility)
تکرار (Repeat)	2	2445 **	181278 ns	202 ns	0.7 ns	0.3 ns
ازتوباکتر Azotobacter (A)	1	26 ns	2541012**	8847 **	1293.6**	164.3**
مدیریت علف‌های هرز weed management regime (W)	4	72692**	1419161**	4838**	96.8**	2.3 ns
A × W	4	50 ns	43303 ns	148 ns	23.5 ns	1.5 ns
خطا (Error)	18	356	41268	108	24.5	1.4
ضریب تغییرات (%) CV (%)		25.6	5.3	9.2	3.8	2.1

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.
 ns, * and ** represent non-significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

ادامه جدول 2
Table 2- Continued

منابع تغییرات (Source of Variance)	df	وزن هزار دانه (Thousand grain weight)	زیست‌توده برنج (Biological yield)	شاخص برداشت (Harvest index)	مساحت برگ پرچم (Flag leaf Area)	غلظت نیترژن دانه (Grain N Concentration)	نیترژن جذب شده در دانه (Grain N Uptake)
تکرار (Repeat)	2	0.2 ns	213318 ns	30.4 ns	384 ns	0.049**	86*
ازتوباکتر Azotobacter (A)	1	12.1**	4729858 *	50.7 ns	294426**	0.354**	2086**
مدیریت علف‌های هرز weed anagement regime (W)	4	0.1 ns	2053930 *	75.7 *	14002**	0.075**	683**
A × W	4	0.3 ns	465684 ns	4.8 ns	936 ns	0.004 ns	23 ns
خطا (Error)	18	0.2	805745	15.1	2452	0.005	14
ضریب تغییرات CV (%)		1.7	9.8	8.8	4.3	4.5	6.3

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.
 ns, * and ** represent non-significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

جدول 3- مقایسه میانگین اثر باکتری ازتوباکتر بر صفات اندازه‌گیری شده در برنج
Table 3- Mean comparison for the effect of *Azotobacter chroococcum* inoculation on measured traits in rice

ازتوباکتر (<i>Azotobacter</i>)	وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight (g m ⁻²)	عملکرد شلتوک paddy yield (kg ha ⁻¹)	تعداد خوشه در متر مربع Panicle number per m ²	تعداد دانه پر در خوشه Grain number per panicle	درصد باروری خوشه Panicle fertility (%)
تلقیح (Inoculation)	72.0a	4327.3 a	369.7 a	134.6 a	93.8 b
عدم تلقیح (Un-inoculation)	70.1a	3745.2 b	335.3 b	121.5 b	98.4 a

در هر ستون، میانگین‌های داری حروف مشابه از لحاظ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($Duncan \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
 Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range tests ($Duncan \leq 0.05$).

ادامه جدول 3-
Table 3- Continued

ازتوباکتر (<i>Azotobacter</i>)	وزن هزار دانه Thousand grain weight (g)	زیست توده برنج Biological yield (kg ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)	مساحت برگ پرچم Flagleaf area (Cm ² hill ⁻¹)	غلظت نیتروژن دانه Grain N concentration (%)	نیتروژن جذب شده در دانه Grain N uptake (kg ha ⁻¹)
تلقیح (Inoculation)	28.1 a	9533.9a	45.5 a	1244.4 a	1.75a	68.6a
عدم تلقیح (Un-inoculation)	26.8 b	8739.7b	42.9 a	1046.3 b	1.53b	51.9b

در هر ستون، میانگین‌های داری حروف مشابه از لحاظ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($Duncan \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
 Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range tests ($Duncan \leq 0.05$).

جدول 4- مقایسه میانگین اثر مدیریت علف‌های هرز بر صفات اندازه‌گیری شده در برنج
Table 4- Mean comparison for the effect of weed management regime on measured traits in rice

مدیریت علف‌های هرز (Weed management regime)	عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha ⁻¹)	تعداد خوشه در متر مربع Panicle number per m ²	تعداد دانه پر در خوشه Filled grain number per panicle	درصد باروری خوشه Panicle fertility (%)	وزن هزار دانه Thousand grain weight (g)
وجین (Weeding)	4132.0a	362.6a	127.5 ab	96.1a	27.5a
عدم وجین (No- weeding)	3180.2b	301.8b	120.1 b	96.0 a	27.3a
پرتیلاکلر (Pretilachlor)	4262.7a	367.4a	133.6 a	96.8 a	27.5a
بن‌سولفورون متیل (Bensulfuron methyl)	4232.2a	366.9a	127.5 ab	96.5 a	27.6a
پرتیلاکلر + بن‌سولفورون- متیل (Pretilachlor + Bensulfuron methyl)	4374.5a	363.7a	129.3 a	95.1 a	27.5a

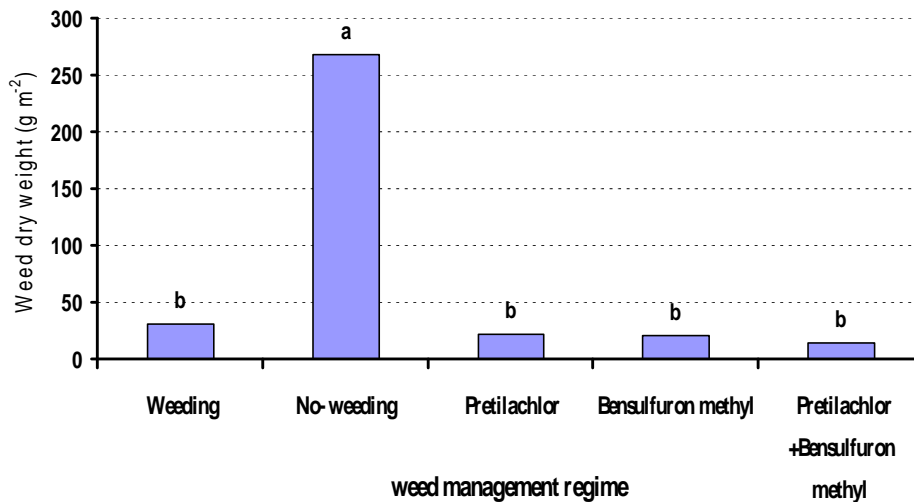
در هر ستون، میانگین‌های داری حروف مشابه از لحاظ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($Duncan \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
 Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range tests ($Duncan \leq 0.05$).

ادامه جدول 4 -
Table 4- Continued

مدیریت علف‌های هرز (Weed management regime)	زیست توده برنج (Biological yield (kg ha ⁻¹))	شاخص برداشت (Harvest index (%))	مساحت برگ پرچم (Flag leaf area (Cm ² hill ⁻¹))	غلظت نیتروژن دانه (Grain N concentration (%))	نیتروژن جذب شده در دانه (Grain N uptake (kg ha ⁻¹))
وجین (Weeding)	9682.2 a	43.0ab	1148.8a	1.69a	63.15a
عدم وجین (No- weeding)	8199.2 b	38.8b	1061.5b	1.44b	41.48b
پرتیلاکلر (Pretilachlor)	8996.5 ab	47.4a	1180.0a	1.67a	64.45a
بن سولفورون متیل (Bensulfuron methyl)	9278.2ab	44.6a	1164.1a	1.68a	64.53a
پرتیلاکلر + بن - سولفورون متیل (Pretilachlor + Bensulfuron methyl)	9528.0 a	47.2a	1172.5a	1.70a	67.95a

در هر ستون، میانگین‌های داری حروف مشابه از لحاظ آزمون چند دامنه ای دانکن ($Duncan \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range tests ($Duncan \leq 0.05$).



شکل 1- وزن خشک علف‌های هرز در سطوح مختلف مدیریت علف‌های هرز در برنج

Figure 1- Weed dry weight in different levels of weed management regime in rice

References

منابع مورد استفاده

- Ali, N.A., S.D. Darwish, and S.M. Mansour. 2002. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation an anhydrous ammonia on root colonization, plant growth and yield of wheat plant under saline alkaline cognition. *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*. 27: 5575–5591.
- Aminpanah, H., P. Sharifi, A. Mohaddesi, A. Abbasian, and M. Javadi. 2014. Rice grain yield and weed growth as affected by plant density and pretilachlor rate. *Philippine Agricultural Scientist*. 97(3): 266–272.
- Ampong-Nyarko, K., and S. K. De Detta. 1991. A Handbook for weed control in rice. IRRI, Manila, Pp. 113.
- Anonymous.. 2013. FAO (Food and Agricultural Organization). FAOSTAT statistics database [Online]. Available at <http://faostat.fao.org>
- Biswas, J.C., J.K. Ladha, F.B. Dazzo, Y.G. Yanni, and B.G. Rolfe. 2000. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agronomy Journal*. 92: 880–886.
- El-Ghamry, A.M., C.Y. Huang, and J.M. Xu. 2001. Combined effects of two sulfonylurea herbicides on soil microbial biomass and N-mineralization. *Journal of Environmental Science*. 13: 311–317.
- Garnier, E., J.L. Salager, G. Laurent, and A.L. Sonie. 1999. Relationships between photosynthesis, nitrogen and leaf structure in 14 grass species and their dependence on the basis of expression. *New Phytologist*. 143: 119–129.
- Heafele, S.M., D.E. Johnson, D. M'Bodj, M.C.S. Wopereis, and K.M. Miezán. 2004. Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. *Field Crops Research*. 88: 39–56.
- Holm, L.G., J.V. Pancho, J.P. Herberger, and D.L. Plucknett. 1977. The world's worst weeds. University Press of Hawaii, Honolulu.
- Ingram, C.W., M.S. Coyne, and D.W. Williams. 2005. Effects of commercial diazinon and imidacloprid on microbial urease activity in soil. *Journal of Environmental Quality*. 34: 1573–1580.
- Jalilian, J., S.A.M. Modarres-Sanavya, S.F. Saberalia, and K. Sadat-Asilan. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. *Field Crops Research*. 127: 26–34.
- Javadi M., and H. Aminpanah. 2016. Effect of *Azospirillum lipoferum* inoculation, previous crop, and usage nitrogen on rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(2): 311–326. (In Persian)
- Johnsen, K., C.S. Jacobsen, and V. Torsvik. 2001. Pesticides effects on bacterial diversity in agricultural soils, A review. *Biology and Fertility of Soils*. 33: 443–453.

- Keeley P.E., and R.L.J. Thullen. 1989. Influence of planting date on growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*. 37: 557–561.
- Kim, S.C., and W.G. Ha. 2005. Direct seeding and weed management in Korea. In: *Rice is life: Scientific Perspectives for the 21st Century*. Proceeding of the World Rice Research Conference. 4–7 November, Tsukuba, Japan, pp. 181–184.
- Littlefield-Wyer, J.G., P. Brooks, and M. Katouli. 2008. Application of biochemical fingerprinting and fatty acid methyl ester profiling to assess the effect of the pesticide atradex on aquatic microbial communities. *Environmental Pollution*. 153: 393–400.
- Lo´pez, L., C. Pozo, B. Rodelas, C. Calvo, and J. Gonza´lez-Lo´pez. 2006. Influence of pesticides and herbicides presence on phosphatase activity and selected bacterial microbiota of a natural lake system. *Ecotoxicology*. 15: 487–493.
- MaaziKajal, V., B. Yaghoubi, A. Farahpour, M. Mehrpouyan, and A. Vahedi. 2012. Comparison of the efficacy of penoxsulam with some common paddy riceherbicides. *Cereal Research*. 2(3): 223–235. (In Persian)
- Mahi´a, J., A. Cabaneiro, T. Carballas, and M. Di´az-Ravin. 2008. Microbial biomass and C mineralization in agricultural soils as affected by atrazine addition. *Biology and Fertility of Soils*. 45: 99–105.
- Maksimov, I., R. Abizgil´dina, and L. Pusenkova. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 47(4): 333–345.
- Massenssini, A.M., V.H.A. Bonduki, C.D.A. Melo, M.R. Totala, F.A. Ferreira, and M.D. Costa. 2014. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. *Planta Daninha*. 32(4): 873–884.
- Maun, M.A., and S.C.H. Barrett. 1986. The biology of Canadian weeds. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science*. 66: 739–759.
- Min, H., Y.F. Ye, Z.Y. Chen, W.X. Wu, and D. Yufeng. 2001. Effects of butachlor on microbial populations and enzymes activities in paddy soil. *Journal of Environmental Science and Health*. 36: 581–595.
- Mukhopadhyay, M., J.K. Datta, and T.K. Garai. 2013. Steps toward alternative farming system in rice. *European Journal of Agronomy*. 51: 18–24.
- Nour-mohamadi, G., A. Siadat, and A. Kashani. 1997. *Agronomy*, Vol. 1 (cereal crops). Shahid Chamran University, 446p.
- Ntanos, D.A., and S.D. Koutroubas. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. 74: 93–101.
- Okamoto Y., R.L. Fisher, K.L. Armbrust, and C.J. Peter. 1998. Surface water monitoring survey for bensulfuron-methyl applied in paddy fields. *Journal of Pesticide Science*. 23: 235–240.

- Pampulha, M.E., and A. Oliveira, 2006. Impact of an herbicide combination of bromoxynil and prosulfuron on soil microorganisms. *Current Microbiology*. 53: 238–243.
- Panahi, A., H. Aminpanah, and P. Sharifi. 2015. Effect of nitrogen, bio-fertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Journal of Crop Science*. 40(1): 76–81.
- Patnaik, G.K., P.K. Kanungo, B.T. Moorthy, P.K. Mahana, T.K. Adhya, and V.R. Rao. 1995. Effect of herbicides on nitrogen fixation (C_2H_2 reduction) associated with rice rhizosphere. *Chemosphere*. 30(2): 339–43.
- Saharan, B., and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Science and Medicine Research*. 21: 1–30.
- Sahoo, S., T. Adak, T.B. Bagchi, U. Kumar, S. Munda, S. Saha, J. Berliner, M. Jena, and B.B. Mishra. 2016. Non-target effects of pretilachlor on microbial properties in tropical rice soil. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(8): 7595–602.
- Soleymanifard, A., and R. Naseri. 2014. The Effects of urea fertilizer and *Azotobacter* and *Azospirillum* on physiological characteristics of Maize (*Zea mays* L.) at Khash. *Journal of Crop Ecophysiology*. 3(31): 301–316. (In Persian).
- Wu, G., L.T. Wilson, and A.M. McClung. 1998. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. *Agronomy Journal*. 90: 317–323.
- Xie, X.M., M. Liao, C.Y. Huang, W.P. Liu, and S. Abid. 2004. Effects of pesticides on soil biochemical characteristics of a paddy soil. *Journal of Environmental Science*. 16: 252–255.
- Yaghoubi, B., H. Alizadeh, H. Rahimian, M. Baghestani, M. Sharifi, and N. Davatgar. 2010. A review on researches conducted on paddy field weeds and herbicides in Iran. 3rd Iranian Weed Science Congress. Babolsar, Mazandaran, Iran. pp 2–11. (In Persian).
- Zhao, D.L., G.N. Atlin, L. Bastiaans, and J.H.J. Spiertz. 2006. Comparing rice germplasm for growth, grain yield, and weed suppressive ability under aerobic soil conditions. *Weed Research*. 46: 444–452.

Application of Herbicide in Paddy Fields Inoculated with *Azotobacter chroococcum*

Akbar Shirzad Chenari¹, Hashem Aminpanah^{2*}, and Peyman Sharifi²

Received: August 2016, Revised: 17 October 2016, Accepted: 29 April 2017

Abstract

A field experiment was conducted at Rasht, in 2014, to investigate controlling weeds in native Hashemi cultivar paddy fields by different methods of herbicide applications and inoculated with *Azotobacter chroococcum*. The factorial experiment based on a randomized complete block design with three replicates was performed. Factors were *Azotobacter* application with two levels (inoculation with or without *Azotobacter chroococcum*) and weed management regimes with six levels (pretilachlor plus a supplementary hand weeding, bensulfuron methyl plus a supplementary hand weeding, and pretilachlor + bensulfuron methyl plus a supplementary hand weeding, hand weeding during rice growing period + no herbicide, un-weeded during rice growing period + no herbicide). Results indicated that paddy rice yield was significantly increased by 16% after *Azotobacter chroococcum* inoculation. Rice paddy yield was significantly reduced in un-weeded plots compared to hand weeded and herbicide treated plots. ANOVA also revealed that there was no interaction effect between *Azotobacter chroococcum* applications and weed management regimes on paddy and biological yields, indicating that the herbicides had no adverse effect on *Azotobacter* efficiency in promoting growth and paddy yield of rice. Weed dry weight was reduced by 88, 91, 92, and 94 percentages in weeded plot and plots treated with pretilachlor, bensulfuron methyl, and pretilachlor + bensulfuron methyl, respectively, compared to un-weeded plots. *Azotobacter chroococcum* inoculation had no significant effect on weed biomass. Overall, the result of this experiment confirmed the feasibility of chemical weed control in paddy fields inoculated with *Azotobacter chroococcum*.

Key words: Bensulfuron methyl, Plant growth-promoting rhizobacteria, Pretilachlor, Rice, Yield loss, Weed.

1- Graduated Student of Agronomy, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

* Corresponding Author: haminpanah@yahoo.com & aminpanah@iaurasht.ac.ir

