تحقیقات آب و خاک ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۷۱۴-۷۰۷)

اثر متقابل تداوم زهکشی و فاصلهٔ زهکش‌های زیرزمینی در زهکشی میان‌فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی

پروین چاکانی[۱]، نادر پیرمرادیان[۲*]، محمدرضا یزدانی[۳] و مریم نوابیان[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۲. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. استادیار پژوهش، مؤسسهٔ تحقیقات برنج، رشت

۴. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۱/۳۱- تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۴/۱۰)

چکیده

این تحقیق به منظور دستیابی به بهترین فاصلهٔ زهکش‌های زیرزمینی و تداوم زهکشی در زهکشی میان‌فصل اراضی شالیزاری در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ آزمایشی مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور در رشت با طول جغرافیایی ۴۹/۶۳ درجهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۱۶ درجهٔ شمالی و ارتفاع ۲۴/۶ متر از سطح دریا در آرایش فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر با فاکتور فاصلهٔ زهکش در سه سطح ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ متر و فاکتور تداوم زهکشی میان‌فصل در دو سطح ۷ و ۱۱روز با زهکش‌هایی در عمق ۹۰ سانتی‌متری روی برنج رقم هاشمی انجام شد. صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانهٔ پر، وزن هزاردانه، مادهٔ خشک، شاخص برداشت، عملکرد، رطوبت خاک و دبی خروجی از زهکش‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج اثر تداوم زهکشی میان‌فصل بر عملکرد، بیشترین عملکرد در تداوم زهکشی هفت روز با مقدار ۳۹۸۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین، از نظر اثر فاصلهٔ زهکش‌ها، فاصلهٔ ۱۵ متر بیشترین عملکرد با مقدار ۳۴۴۶ کیلوگرم در هکتار را داشت. تحلیل آماری اثر متقابل تداوم زهکشی میان‌فصل و فاصلهٔ زهکش‌های زیرزمینی بر عملکرد بیانگر حصول بیشترین عملکرد (۴۳۸۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تداوم هفت روز با فاصلهٔ زهکش ۱۵ متر بود که برای اجرا در منطقهٔ مورد مطالعه توصیه می‌شود.

کلید واژگان: تداوم زهکشی، زهکشی اراضی شالیزاری، عملکرد و اجزای عملکرد، فاصلهٔ زهکش‌ها.

مقدمه

برنج نقش مهمی در تغذیهٔ نیمی از مردم جهان دارد که بیشتر آن‌ها در کشورهای درحال‌توسعه زندگی می‌کنند (Guerra *et al.*, 1998). با توجه به رشد زیاد جمعیت در آسیا، که حدود ۹۰ درصد برنج دنیا در آن تولید و مصرف می‌شود، تولید سالانهٔ برنج باید حدود ۱/۷ درصد افزایش یابد تا نیاز مصرف‌کنندگان تأمین شود (Dato *et al.*, 2003). در اراضی شالیزاری شمال به دلیل اشباع مداوم خاک و تجمع آب در سطح بسیاری از اراضی در طول سال، شرایط غیرهوازی و احیای شدید در خاک ایجاد و این شرایط موجب تجمع عناصر مضر و گازهای سمی در پروفیل خاک می‌شود که کاهش عملکرد کشت متوالی برنج را به دنبال خواهد داشت. به تجربه ثابت شده است که اراضی مرتفعی که در طول سال و فصول غیرکشت زهکشی و تهویه می‌شود عملکرد مطلوب‌تری نسبت به اراضی همیشه‌اشباع دارد (Moridnejad, 2005). اعمال مدیریت آب توسط زارع که با توجه به امکانات او صورت می‌گیرد- از جمله بر اساس ملاحظاتی نظیر مقدار آب، مرحلهٔ رشد فیزیولوژیکی گیاه و ویژگی‌های هر مرحله، کنترل علف‌های هرز و نیاز کاری و کارگری منجر به انتخاب عمق‌های مختلف آب یا قطع آب در برخی مراحل- تحت عنوان رژیم آبیاری قابل تعریف است. با توجه به این تعریف می‌توان گفت که در حال حاضر رژیم‌های گوناگون آبیاری را زارعان مختلف در دست اجرا دارند، اما عموماً و به طور غالب رژیم استغراق دایم به عمق حدود ۵ تا ۸ سانتی‌متر در سطح استان گیلان رواج دارد که گاهی با زهکشی میان‌فصل نیز همراه است (Yazdani *et al.*, 2003). سهولت اجرا، حذف و کاهش هزینه‌های آبیاری، کنترل بهتر علف‌های هرز و آرامش روانی شالیکار در فراهم‌بودن مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در کشت برنج (آب)، از مزایای روش آبیاری غرقابی است. در پژوهشی در کشور ژاپن با افزودن یک هفته به مدت زهکشی میان‌فصل، بیش از حالت مرسوم آن (یک هفته)، گسیل گاز متان کاهشی ۳۴

* نویسنده مسئول: npirmorad@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

درصدی داشت. این در حالی است که فقط ۲ درصد افت محصول مشاهده شد (Nagata, 2010). در شرایط کم‌آبی، همچنین با درنظرگرفتن مزایای زهکشی میان‌فصل مانند قرارگرفتن اکسیژن کافی در اختیار ریشهٔ گیاه برنج و خروج مواد سمی از منطقهٔ ریشه گیاه، می‌توان با پذیرش کاهش درصدی از عملکرد، تداوم زهکشی سطحی میان‌فصل را تا سیزده روز افزایش داد (Palangi *et al*., 2015).

بر اساس مطالعات انجام‌شده زهکشی میان‌فصل انتشار گاز متان در مزارع برنج را بین ۷ تا ۹۵ درصد کاهش می‌دهد و گزینهٔ مؤثری برای کاهش پتانسیل گرمایش جهانی است. بر همین اساس بین ۱۵-۲۰ درصد سود حاصل از کاهش انتشار گاز متان به دلیل افزایش انتشار گاز N_2O است که مقدار آن در زمین‌های غرقاب بسیار اندک است (Zou *et al*., Wassman *et al*., 2000;2005).

زهکشی میان‌فصل سبب تحریک رشد ریشه و تسریع تجزیهٔ مواد آلی می‌شود. همچنین، پنجه‌زنی غیرمؤثر را مهار می‌کند و باعث بهبود فعالیت‌های ریشه می‌شود. Rahman و همکاران (2013) در تحقیقی نشان دادند که با زهکشی میان‌فصل، جذب نیتروژن، فعالیت ریشه و عملکرد برنج کاهش نمی‌یابد، با این حال آثار آن بر رشد و عملکرد بسته به نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و محیط زیست متفاوت است. به‌طورکلی، عدم وجود زهکش مناسب در شالیزار باعث ایجاد سمیت در خاک خواهد شد. سمیت‌های ناشی از شرایط بد زهکشی به صورت بیماری‌های گوناگون فیزیولوژیکی مانند بیماری آکاگاره، برونزینگ و آکیوشی (در ژاپن) ظاهر می‌شود. با زهکشی و خشکاندن به‌موقع می‌توان اکسیژن را به داخل خاک هدایت کرد و گازهای سمی ناشی از احیای آهن و منگنز را از منطقهٔ ریشه دور کرد (Poorazizi *et al*., 2006).

Fukuda *et al*. (1973) بر اساس روش پیشنهادی برای اعمال مدیریت آبیاری اراضی شالیزاری در ژاپن، اعمال زهکشی میان‌فصل را در زمان سی تا چهل روز قبل از خوشه‌رفتن و به مدت سه تا هفت روز (متوسط پنج روز) توصیه کردند. از آثار زهکشی میان‌فصل می‌توان کنترل جذب نیتروژن، عدم کاهش پنجه‌های مثمر، افزایش استحکام محل بوته، حفظ شرایط اکسایشی خاک، حفظ و افزایش فعالیت ریشه و افزایش عملکرد و کیفیت برنج و کاهش انتشار متان را نام برد (Nagata, 2010).

Azhar *et al*. (2005) اثر پروژه‌های زهکشی زیرزمینی بر عملکرد برخی محصولات را در اراضی فاریاب پاکستان بررسی کردند. مقایسهٔ شرایط قبل و بعد از زهکشی نشان داد که در نتیجهٔ زهکشی عملکرد پنبه، نیشکر، گندم و برنج به ترتیب ۸۰، ۹۴، ۶۷ و ۴۵ درصد افزایش یافت.

در خصوص مدیریت زهکشی میان‌فصل در اراضی شالیزاری مطالعات چندانی در کشور صورت نگرفته و با توجه به اهمیت کشت برنج در استان گیلان و از آنجا که مطالعات طرح زهکشی اراضی شالیزاری در این استان اخیراً آغاز شده است، هدف این پژوهش، بررسی اثر متقابل تداوم زهکشی میان‌فصل و فاصلهٔ زهکش در زهکشی زیرزمینی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش از سیستم زهکشی زیرزمینی بهره گرفته شد که در قالب طرح تحقیقاتی در سال ۱۳۹۰ در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور اجرا شده بود (شکل ۱). سیستم مذکور شامل لوله‌های زهکشی پلاستیکی با قطر ۱۲۵ میلی‌متر در عمق ۹۰ سانتی‌متر و با شیب ۰/۰۰۲ و به طول ۴۰ متر در هر قطعه بود. از پوستهٔ برنج به عنوان فیلتری به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر به دور لولهٔ زهکش استفاده شد و تخلیهٔ زهکش‌ها به صورت ثقلی انجام گرفت.

شکل ۱. شمایی از اجرای طرح زهکشی در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۹۰

در این پژوهش به‌منظور تعیین اثر فاصله و تداوم زهکشی میان‌فصل در زهکشی زیرزمینی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با تیمار شاهد به صورت آبیاری غرقابی و بدون زهکشی میان‌فصل و سه فاصلهٔ زهکشی شامل ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ متر و با تداوم زهکشی در دو سطح هفت و یازده روز در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور واقع در ۵ کیلومتری جادهٔ رشت به تهران با طول جغرافیایی ۴۹/۶۳ درجهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۱۶ درجهٔ شمالی و ارتفاع ۲۴/۶ متر از سطح دریا با میانگین سالانهٔ بارندگی ۱۳۵۹ میلی‌متر،

Archive of SID
www.SID.ir

متوسط درجهٔ حرارت سالیانهٔ ۱۵/۹ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی سالانهٔ ۸۱/۹ درصد در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر روی برنج رقم هاشمی انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی، مشخصات شیمیایی آب آبیاری، همچنین میانگین برخی پارامترهای هواشناسی منطقهٔ تحقیق به ترتیب در جدول‌های ۱ تا ۳ آمده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی

عمق نمونه‌برداری (cm)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm3)	درصد مادهٔ آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل‌جذب (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	اسیدیتهٔ کل اشباع	در صد ذرات			بافت خاک
							رس	سیلت	شن	
۰-۳۰	۱/۱۳	۱/۰۲	۱/۲۲	۱۱/۷۲	۳۵۳	۶/۹۸	۴۷	۳۹	۱۴	رس سیلتی Silty clay

جدول ۲. مشخصات شیمیایی آب آبیاری

نیتروژن کل	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	اسیدیته
۰/۱۵	۰/۷	۷/۱۹	۷/۵۸

جدول ۳. مقادیر ماهانهٔ برخی پارامترهای هواشناسی منطقهٔ مورد مطالعه در دورهٔ رشد

تبخیر (میلی‌متر)	درصد رطوبت نسبی کمینه (درصد)	درصد رطوبت نسبی بیشینه (درصد)	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر در ماه)	ماه
۱۰۸/۵	۶۰	۹۴	۱۵/۵	۲۵/۷	۱۱/۲	اردیبهشت
۱۴۵/۷	۶۴	۹۴	۱۹/۸	۲۸/۷	۱۵/۳	خرداد
۱۴۵/۴	۵۵	۹۱	۲۲	۳۰/۷	۱۵	تیر
۱۷۵/۸	۴۳	۸۹	۲۰/۹	۳۳/۶	۱/۳	مرداد
۱۰۹/۸	۵۶	۹۵	۲۱/۱	۳۰/۹	۴۲/۲	شهریور

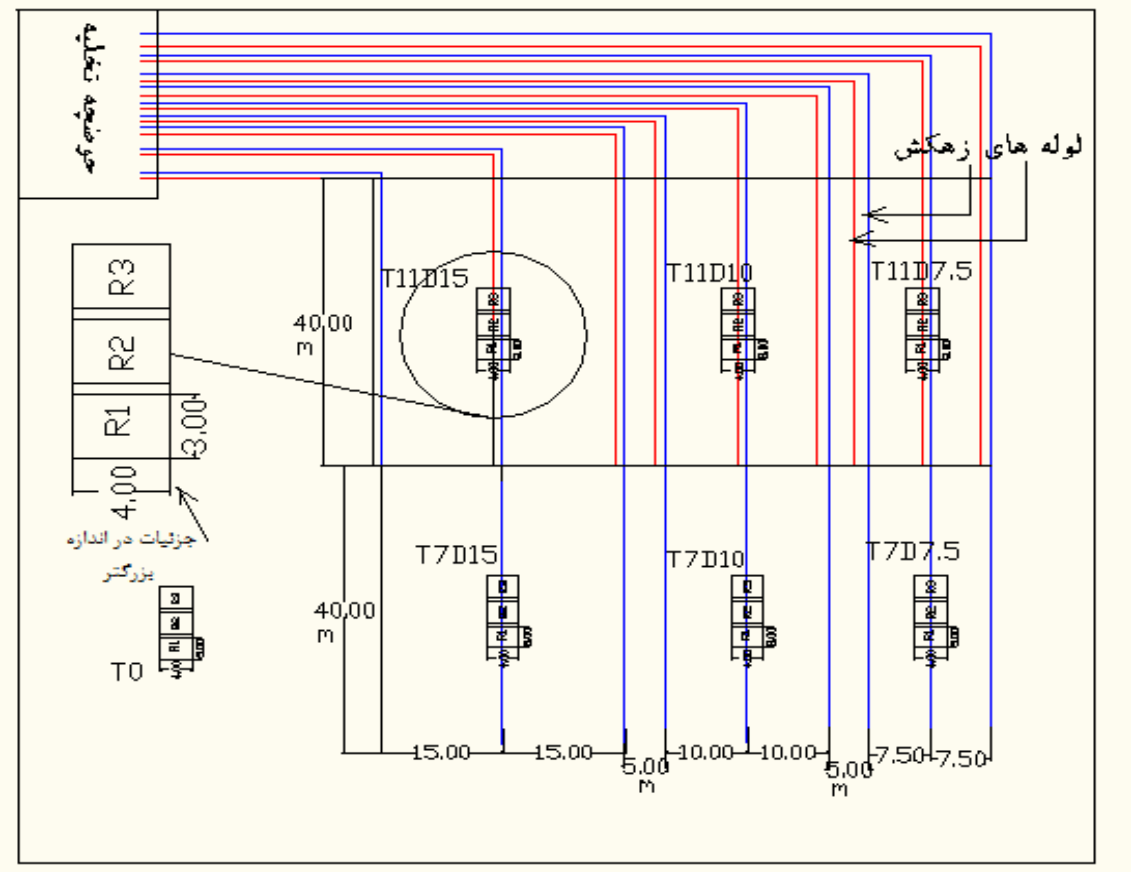
تیمارها با نام‌های T_0، $T_7D_{7.5}$، T_7D_{10}، T_7D_{15}، $T_{11}D_{7.5}$، $T_{11}D_{10}$ و $T_{11}D_{15}$ در نظر گرفته شد که T_0 بیانگر تیمار شاهد (بدون زهکشی و به صورت غرقاب) و T_7 و T_{11} نشان‌دهندهٔ تداوم زهکشی هفت و یازده روز و D هم نشان‌دهندهٔ فاصلهٔ زهکش‌های زیرزمینی در تکرارهای R1، R2 و R3 بود. بر این اساس و برای مثال تیمار با تداوم زهکشی هفت روز و فاصلهٔ زهکش‌های ۷/۵ متر در تکرار اول به صورت $R_1T_7D_{7.5}$ نام‌گذاری شد. جانمایی کرت‌های آزمایشی در شکل ۲ نشان داده شده است.

عملیات نشاء، اِعمال زهکشی میان‌فصل و برداشت محصول به ترتیب در تاریخ ۵ خرداد، ۱۵ تیر و اول شهریور انجام شد. عملیات آبیاری متناسب با امکانات مؤسسهٔ تحقیقات کشور دو نوبت در هفته با منبع آب موجود از ۸ صبح تا ۵ عصر انجام‌گرفت، به‌طوری‌که عمق آب در کرت‌ها بین ۵ تا ۷ سانتی‌متر بود. با درنظرگرفتن رشد رویشی مناسب گیاه در تاریخ ۱۵ تیرماه زهکشی میان‌فصل انجام شد. بدین ترتیب که آبیاری در همهٔ کرت‌ها غیر از تیمار T_0 قطع شد و به منظور اعمال زهکشی، خروجی لوله‌های زهکش در محل تخلیه که پیش از این بسته بود،برای تیمارهای $T_7D_{7.5}$، T_7D_{10}، T_7D_{15}، $T_{11}D_{7.5}$، $T_{11}D_{10}$، $T_{11}D_{15}$ باز شد. خروجی زهکش‌ها در تاریخ ۲۲ تیر برای نیمی از تیمارها (تیمارهای تداوم هفت روزه) و برای نیمی دیگر (تیمارهای تداوم یازده روزه) در تاریخ ۲۶ تیر بسته شد و آبیاری کرت‌های آزمایشی در تاریخ‌های مذکور صورت گرفت. میانگین دبی اندازه‌گیری‌شدهٔ لوله‌های زهکش با فاصلهٔ ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ متر در روز اول زهکشی در شکل ۳ نشان داده شده است. در روزهای بعد دبی خروجی صفر بود. همچنین، در طول مدت اعمال زهکشی میان‌فصل میزان بارش صفر بود.

عملیات نشا با استفاده از ماشین نشاکار با فاصلهٔ بوته‌های روی ردیف ۱۷/۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. مقدار کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفات ۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله به زمین داده شد، نیمی بعد

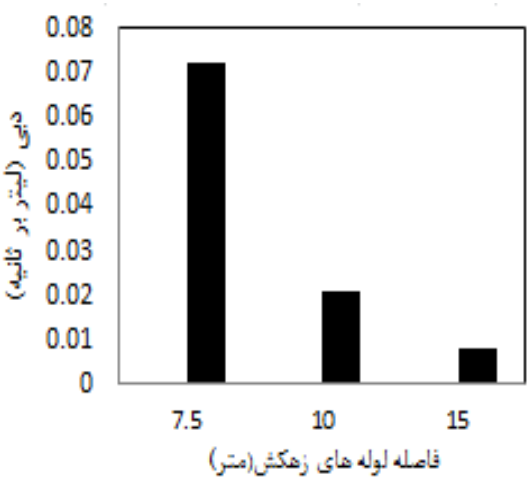
Archive of SID
www.SID.ir

از عملیات نشا و نیم دیگر بعد از عملیات وجین. در طول دورهٔ رشد، همچنین پس از برداشت صفات مورد نظر شامل ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر از محل یقه در سطح خاک تا انتهای خوشهٔ مرکزی در زمان برداشت)، تعداد پنجهٔ بارور (تعداد خوشه در هر کپه)، طول خوشه (با اندازه یری فاصلهٔ بین گره خوشه تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک بر حسب سانتی‌متر)، تعداد دانهٔ پر، دانهٔ پوک و تعداد دانهٔ کل (با شمارش تعداد دانهٔ سالم، خالی و کل در خوشه بعد از برداشت)، وزن هزاردانه (وزن هزاردانهٔ سالم با رطوبت ۱۴ درصد بعد از برداشت)، عملکرد (وزن دانه)، عملکرد بیولوژیکی (وزن دانه با کاه)، شاخص برداشت از تقسیم وزن دانه به وزن دانه با کاه محاسبه شد. رطوبت خاک در انتهای دورهٔ اعمال زهکشی میان‌فصل برای تیمارهای مورد مطالعه به روش وزنی و با نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر در وسط هر کرت اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. جانمایی کرت‌های مورد مطالعه در مزرعه

برای اندازه‌گیری صفات از داخل واحد آزمایشی پنج بوته انتخاب و تمامی صفات مورد بررسی بر روی همین پنج بوته اندازه‌گیری شد. سپس میانگین مشاهدات برای هر صفت در هر کرت به‌منظور تجزیهٔ آماری استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.



شکل ۳. میانگین دبی زه‌آب خروجی از لوله‌های زهکش در روز اول اعمال زهکشی میان‌فصل

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تداوم زهکشی و فاصلهٔ زهکش‌ها در زهکشی زیرزمینی میان‌فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر تداوم زهکشی میان‌فصل بر عملکرد دانه در سطح ۱

www.SID.ir

درصد معنادار است؛ درحالی که اثر فاصلهٔ زهکش‌ها بر میزان عملکرد معنادار نبوده است. در تحقیق Choi *et al.* (1995) دربارهٔ اثر تیمارهای دفعات زهکشی میان‌فصل بر عملکرد برنج، بین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد.

با توجه به جدول ۴، اثر متقابل فاصلهٔ زهکش‌ها و تداوم زهکشی نیز بر عملکرد معنادار نیست. در بررسی سایر صفات و خصوصیات زراعی در جدول تجزیهٔ واریانس مشاهده می‌شود که اثر سطوح مختلف تداوم زهکشی بر صفات ارتفاع بوته، درصد دانهٔ پر و شاخص برداشت در سطح ۵ درصد و بر مادهٔ خشک در سطح ۱٪ معنادار بود و بر سایر صفات تأثیر معناداری نداشت. اثر معنادار تیمار تداوم زهکشی میان‌فصل بر صفت مادهٔ خشک در زهکشی سطحی اراضی شالیزاری در پژوهش Palangi *et al.* (2015) نیز گزارش شده است.

مقادیر میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف تداوم زهکشی در جدول ۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اساس آزمون دانکن و در سطح ۵ درصد در صفات طول خوشه، تعداد پنجهٔ بارور و وزن هزاردانه در بین تیمارهای شاهد (بدون زهکشی) و تداوم‌های زهکشی هفت و یازده روز اختلاف معنادار نبود و هر سه تیمار در گروه a قرارگرفتند. در پژوهش Rezaei *et al.* (2004) بین تیمارهای غرقاب و تناوب آبیاری پنج، هشت و یازده روز در صفت تعداد پنجه اختلاف معناداری مشاهده نشد.

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس عملکرد، اجزای عملکرد برنج

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات(MS)							
		ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجهٔ بارور	درصد دانهٔ پر	وزن هزاردانه	مادهٔ خشک	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد
		*	ns	ns	*	ns	**	*	ns	**
تداوم	۲	۲۸۳/۶	۳/۵	۶/۴	۰/۰۴	۳/۶	۱۹۲۹۰۱۶۹	۰/۰۴	۱۰۹۳۵۴۹۰	۵۵۹۰۲۱۷
خطا	۲۴	۶۲/۳	۲/۵	۳/۱	۰/۰۱	۶/۷	۲۲۴۴۱۸	۰/۰۱	۳۴۸۸۵۲۰	۲۵۶۸۳۹
		**	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
فاصله	۳	۳۹۲/۴	۱۰/۶	۱/۹	۰/۰۲	۱/۰۴	۲۰۶۹۲۶۹	۰/۰۲	۲۲۹۴۴۹۳	۴۵۶۳۶۳
خطا	۲۰	۴۰/۷	۱/۸	۳/۹	۰/۰۱	۷/۸	۴۱۱۸۶۹۷	۰/۰۱	۴۶۲۴۳۶۶	۷۹۳۸۰۲
		**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
تداوم × فاصله	۵	۳۲۳/۲	۹/۵	۵/۸	۰/۰۳	۴/۹	۷۸۱۵۸۰۷	۰/۰۲	۵۱۸۳۰۱۳	۲۴۹۲۸۹۳
خطا	۱۲	۱۶/۹	۱/۷	۴/۵	۰	۹/۹	۳۴۰۹۲۲۲	۰/۰۱	۵۰۱۹۸۷۳	۳۷۸۰۰۳
ضریب تغییرات (/.cv)		۶/۴	۵/۸	۱۱/۲	۱۰/۸۷	۱۰/۱	۱۹/۴	۲۵/۷۱	۲۷/۷	۲۵/۰۲

*، ** و ns به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵٪ و ۱ ٪ و غیرمعنادار

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین در تداوم زهکشی در عملکرد و اجزای عملکرد

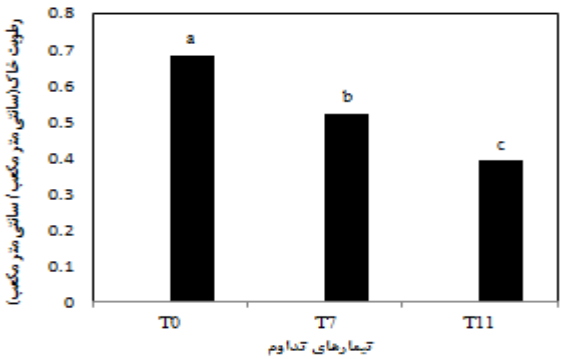
تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد پنجهٔ بارور	دانهٔ پر (درصد)	دانهٔ پوک (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	مادهٔ خشک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
شاهد (بدون زهکشی)	۱۴۲/۳a	۲۷/۹a	۱۶/۲a	۸۲a	۱۷/۵b	۲۵a	۱۰۲۲۸a	۰/۵۱a	۶۷۹۷ab	۳۳۸۰b
۷روز	۱۴۲/۶a	۲۸/۶a	۱۷/۱a	۸۵a	۱۴/۰۲b	۲۵/۹a	۱۰۸۶۰a	۰/۴۹a	۸۵۳۵a	۳۹۸۷a
۱۱روز	۱۳۲/۷b	۲۷/۳a	۱۵/۴a	۷۳b	۲۶/۳a	۲۴/۷a	۸۰۶۸b	۰/۳۸b	۶۴۹۱b	۲۴۲۴c

میانگین‌های عددی با یک حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنادار ندارد.

با توجه به جدول ۵، مقادیر میانگین ارتفاع بوته، درصد دانهٔ پر، درصد دانهٔ پوک، مادهٔ خشک و شاخص برداشت در تیمار شاهد با تیمار تداوم زهکشی هفت روز اختلاف معنادار نداشت و مقادیر به‌دست‌آمده در هر دو تیمار با تیمار تداوم زهکشی یازده روز اختلاف معنادار دارد. بیشترین میانگین ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجهٔ بارور، درصد دانهٔ پر، وزن هزاردانه

Archive of SID
www.SID.ir

و عملکرد بیولوژیکی در تیمار تداوم زهکشی هفت روز مشاهده شد. اختلاف بین میزان عملکرد در تیمارهای مختلف تداوم زهکشی معنادار بود و بیشترین عملکرد در تیمار تداوم زهکشی هفت روز با مقدار ۳۹۸۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تیمار شاهد با مقدار ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار تداوم زهکشی یازده روز با مقدار ۲۴۲۴ کیلوگرم در هکتار در رده‌های بعدی از نظر تولید عملکرد قرار داشت. بر این اساس، می‌توان گفت اعمال زهکشی میان‌فصل با تداوم هفت روز افزایش ۱۸ درصدی عملکرد محصول را نسبت به تیمار بدون زهکشی به دنبال داشته است. این در حالی است که افزایش تداوم زهکشی تا یازده روز موجب کاهش عملکرد محصول به میزان ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد شده است.



شکل ۴. میانگین رطوبت خاک در پایان دورهٔ اعمال زهکشی میان‌فصل در تیمارهای تداوم زهکشی

مقادیر میانگین رطوبت اندازه‌گیری‌شدهٔ خاک در انتهای دورهٔ اعمال زهکشی میان‌فصل برای تیمارهای تداوم زهکشی در شکل ۴نشان داده شده است. بر این اساس، اعمال تداوم زهکشی تا یازده روز موجب کاهش حدود ۴۰ درصدی رطوبت خاک نسبت به تیمار شاهد شده است. بنابراین، کاهش عملکرد گیاه در تیمار تداوم یازده روز را می‌توان ناشی کاهش رطوبت خاک و اعمال تنش دانست.

مقادیر میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای مختلف فاصلهٔ زهکش در جدول ۶ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میانگین مقادیر ارتفاع بوته و طول خوشه در تیمارهای فاصلهٔ زهکش ۷/۵ و ۱۰ متر نسبت به تیمار شاهد تفاوت معناداری نداشت. این در حالی است که تفاوت مقادیر این صفات تنها در تیمار فاصلهٔ زهکش ۱۰ متر با دیگر تیمارها معنادار بود. تفاوت درصد دانهٔ پر و پوک در تیمار فاصلهٔ زهکش ۷/۵ متر با دیگر تیمارها معنادار بود و تفاوت این دو صفت در دیگر تیمارها با یکدیگر معنادار نبود. همچنین، در مورد صفات دیگر اثر فاصلهٔ زهکش بر آن‌ها معنادار نبود. بیشترین مقادیر ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیکی در فاصلهٔ زهکش ۷/۵ متر و بیشترین مقادیر میانگین تعداد پنجهٔ بارور و مادهٔ خشک، همچنین بیشترین میزان عملکرد با مقدار ۳۴۴۶ کیلوگرم در هکتار در فاصلهٔ زهکش ۱۵ متر به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۳ درصد بیشتر بود. مقادیر ضریب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در جدول ۷ نشان داده شده است.

بر این اساس، صفاتی مانند تعداد پنجهٔ بارور، درصد دانهٔ پر، مادهٔ خشک، و شاخص برداشت دارای همبستگی مثبت و معنادار با عملکرد است. به این همبستگی‌ها می‌توان در تحقیقات توجه داشت تا بتوان به عملکرد بیشتر دست یافت. Agahi *et al.* (2007) در بررسی همبستگی تعدادی از صفات مرتبط در برنج با عملکرد در ژنوتیپ‌های برنج همبستگی مثبت و معناداری را بین پنجهٔ بارور و تعداد دانه با عملکرد بیان کردند. مقادیر میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای مختلف اثر متقابل فاصله و تداوم زهکشی در جدول ۸ آمده است.

جدول ۶. مقایسهٔ میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای مختلف فاصلهٔ زهکش

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد پنجهٔ بارور	دانهٔ پر (درصد)	دانهٔ پوک (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	مادهٔ خشک (کیلو گرم در هکتار)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	۱۴۲/۳a	۲۷/۹a	۱۶/۲a	۰/۸۲a	۱۷/۵b	۲۵a	۱۰۲۲۸a	۰/۵۱a	۶۷۹۷a	۳۳۸۱a
فاصلهٔ زهکش ۷/۵ متر	۱۴۳/۴a	۲۹/۴a	۱۵/۵a	۰/۷۱b	۲۸/۶a	۲۵/۸a	۹۹۴۳a	۰/۳۷a	۸۰۶۷a	۲۸۵۳a
فاصلهٔ زهکش ۱۰متر	۱۲۶/۷b	۲۶/۲b	۱۶/۳a	۰/۸۵a	۱۵/۵b	۲۵a	۸۸۶۸a	۰/۴۸a	۶۸۴۷a	۳۲۸۴a
فاصلهٔ زهکش ۱۵متر	۱۴۲/۹a	۲۸/۴a	۱۶/۹a	۰/۸۴a	۱۶/۵b	۲۵a	۹۵۸۲a	۰/۴۷a	۷۶۲۶a	۳۴۷۹a

میانگین‌های عددی با یک حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنادار ندارد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۷. ضرایب همبستگی سادهٔ صفات مورد مطالعه

	ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد پنجهٔ بارور	درصد دانهٔ پر	درصد دانهٔ پوک	وزن هزاردانه	مادهٔ خشک	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی
عملکرد	ns ۰/۳۳	ns ۰/۱۷	** ۰/۶۱	** ۰/۶۴	** -۰/۶۴	ns ۰/۰۹	** ۰/۷۷	** ۰/۶۶	ns ۰/۳۹
عملکرد بیولوژیکی	ns ۰/۴۵	ns ۰/۴۱	ns -۰/۰۳	ns ۰/۱۸	ns -۰/۱۸	ns ۰/۴۶	ns ۰/۲۸	ns -۰/۳۸	
شاخص برداشت	ns ۰	ns ۰	* ۰/۵۵	* ۰/۵۴	* -۰/۵۴	ns -۰/۲۱	* ۰/۵۲		
مادهٔ خشک	* ۰/۵۸	ns ۰/۴۱	* ۰/۴۸	ns ۰/۲۸	ns -۰/۲۸	ns ۰/۰۴			
وزن هزاردانه	ns ۰/۱	ns ۰/۰۳	ns -۰/۱۳	ns ۰/۲۷	ns -۰/۲۷				
درصد دانهٔ پوک	ns ۰	ns ۰/۲۲	ns -۰/۳۳	** -۱					
درصد دانهٔ پر	ns ۰	ns -۰/۲۲	ns ۰/۳۳						
تعداد پنجهٔ بارور	ns ۰/۰۹	ns ۰/۰۸							
طول خوشه	** ۰/۷۷								

*، ** و ns به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵٪ و ۱ ٪ و غیرمعنادار

جدول ۸. اثر متقابل تداوم زهکشی و فواصل زهکشی در عملکرد و اجزای عملکرد

فاصلهٔ زهکش	تیمار تداوم زهکشی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد پنجهٔ بارور	دانهٔ پر (درصد)	دانهٔ پوک (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	مادهٔ خشک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۷/۵		۱۵۱/۳a	۲۹/۲۵a	۱۵/۳a	۷۹ab	۲۰/۹bc	۲۷a	۱۱۲۲۶a	۰/۴۰a	۹۵۷۳a	۳۴۸۲ab
۱۰	۷روز	۱۳۱/۳c	۲۷/۷a	۱۷/۳a	۸۹a	۱۰/۷c	۲۴/۳a	۱۰۴۷۸ab	۰/۵۳a	۷۸۱۲a	۴۰۹۵a
۱۵		۱۴۵/۲ab	۲۸/۸a	۱۸/۶a	۸۹a	۱۰/۳c	۲۶/۳a	۱۰۸۷۸a	۰/۵۴a	۸۲۱۹a	۴۳۸۴a
۷/۵		۱۳۵/۵de	۲۹/۵a	۱۵/۷a	۶۳c	۳۶/۲a	۲۴/۷a	۸۶۵۹ab	۰/۳۳a	۶۵۵۹a	۲۲۲۴c
۱۰	۱۱روز	۱۲۲/۱e	۲۴/۶b	۱۵/۳a	۷۹ab	۲۰/۲bc	۲۵/۷a	۷۲۵۹b	۰/۴۱a	۵۸۸۱a	۲۴۷۳bc
۱۵		۱۴۰/۵bc	۲۷/۹a	۱۵/۲a	۷۷b	۲۲/۶b	۲۳/۷a	۸۲۸۶ab	۰/۴۰a	۷۰۳۳a	۲۵۷۴bc

میانگین‌های عددی با یک حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معناداری ندارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش اثر تداوم زهکشی میان‌فصل بر عملکرد برنج رقم هاشمی از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنادار بود. اعمال زهکشی میان‌فصل با تداوم هفت روز موجب افزایش عملکرد به میزان ۱۸ درصد و افزایش تداوم زهکشی تا یازده روز موجب کاهش عملکرد به میزان ۲۸ درصد نسبت به تیمار بدون زهکشی شد. بنابراین، تعیین تداوم مناسب برای اعمال زهکشی میان‌فصل اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که اعمال تداوم مناسب همراه با افزایش عملکرد و اعمال تداوم نامناسب همراه با کاهش عملکرد بود و در شرایط کاهش عملکرد اقبال عمومی پذیرش انجام آن نیز بین کشاورزان کاهش می‌یابد. بیشترین عملکرد در تداوم هفت روز با فاصلهٔ زهکش ۱۵ متر با مقدار ۴۳۸۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۲۹ درصد افزایش عملکرد نشان داد. بنابراین، با توجه به تأثیر اقتصادی افزایش عملکرد و نیز مزایای زهکشی میان‌فصل، اعمال زهکشی میان‌فصل اراضی شالیزاری منطقهٔ تحقیق با تداوم زهکشی هفت روز و با فاصلهٔ ۱۵ متر توصیه می‌شود.

REFERENCES

Agahi, K., Fotokian, M. H., and Farshadfar, E. (2007). Correlation and path coefficient analysis for some yield-related traits in rice genotypes (Oryza sativa L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(3), 513-517.

Akira Nagata, Maff. (2010). Mitigation of Methane Emissions from Rice paddy fields in hapan.March.

Azhar, A. H., M. M. Alam, and M., Rafiq. (2005). Agricultural impact assessment of subsurface

Archive of SID
www.SID.ir

drainage projects in Pakistan– crop yield analysis. *Pakistan Journal of Water Resources*, 9(1), 1-7.

Choi, M. G., Kim, S. S., Lee, S. Y., and Choi, S. Y. (1995). Influence of midsummer drainage on growth and lodging of rice in direct seeding on dry paddy. *Crop Science*, 40(5), 574-579.

Dato Seri, Y. B. (2003). Modernizing the rice farming community to meet social and business needs: The way forward. 3-6. In: Modern rice farming. *Proceeding of an International rice conference.* 13-16 Oct 2003; Alor, Setar, Kedah, Malaysia.405pp.

Fukuda, H. and H. Tsutsui. (1973). Rice Irrigation in Japan. OTCA, Tokuo.

Guerra, L.C., Bhuiyan, S. I., Tuong, T. P., and Tuong, R. (1998). Producing more rice with less water. SWIM Paper 5. Colombo, Sri Lanka: *International Water Management Institute.*

Moridnejad. A. (2004). Paddy fields drainage requirement and design principles of these drainage networks. *Proceedings of 1th workshop on design fundamentals of development program in paddy fields*. 18 July. Iran. (In Farsi)

Nagata, A. (2010). Mitigation of methane emissions from rice paddy fields in Japan. *Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan.*

Palangi, M., Pirmoradian, N., Karimi, V., and Amiri-Larijani., B. (2015). The effect of surface midseason drainage on growth, physiological indices and grain yield of rice variety Tarom-Hashemi. *Cereal Research*, 4 (4), 267-278.(In Farsi).

Poorazizi, M. and Mahdavi, F. (2006). Efficient water use in rice. *12th Rice National Conference of Iran.* Summer 2006. Iran.(In Farsi).

Rahman, S. M., Kakuda, K., Sasaki, Y., and Ando, H. (2013). Effect of mid-season drainage (MSD) on growth and yield of rice in north east Japan. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, 3: 33-42.

Rezaei, M., and Nahvi, M. (2004). Investigating the effects of irrigation on water use efficiency in paddy fields of Guilan province. *Journal of Agricultural Sciences*, 1(4).(In Farsi).

Wassman, R., Lantin, R. S., Neue, H. U., Buendia, L. V., Corton, T. M., and Lu, Y. (2000). Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation options and future research needs. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 58: 23–36.

Yazdani, M. R., Sharafi, N., Razavipoor, T., and Sharifi, M. (2003). Comparison of several water management in rice fields of Guilan province. *Proceedings of the 11th Conference of the Iranian National Committee on Irrigation and Drainage*, 674 p.(In Farsi).

Zou, J., Huang, Y., Jiang, J., Zheng, X., and Sass, R. L. (2005). A 3-year field measurement of methane and nitrous oxide emissions from rice paddies in China: Effects of water regime, crop residue, and fertilizer application. *Global biogeochemical cycles*, Vol. 19 GB2021, doi:10.1029/2004GB002401, 2005.

Archive of SID

www.SID.ir