

## اثر دو دوره زهکشی میان فصل بر پارامترهای رشد دو رقم برنج

محمد قاسمی نصر، فاطمه کاراندیش<sup>۱\*</sup>، عبدالله درزی نفت چالی و علی مختصی بیدگلی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه زابل.

eng.ghasemi.nasr@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل.

karandish\_h@yahoo.com&F.Karandish@uoz.ac.ir

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

abdullahdarzi@yahoo.com

استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

amokhtassi@yahoo.com

### چکیده

یکی از روش‌های بهبود بهره‌وری آب آبیاری در کشت برنج (*Oryza sativa* L.) استفاده از روش آبیاری متناوب می‌باشد. در این تحقیق، اثر این نوع آبیاری در تلفیق با دو بار زهکشی میان فصل بر شاخص‌های رشد دو رقم برنج در شالیزارهای مجهز به زهکشی زیرزمینی به صورت آزمایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در فصل زراعی ۱۳۹۳ بررسی شد. عامل اصلی شامل سیستم‌های زهکشی موجود در مزرعه متشکل از سه سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی با عمق ۰/۹ متر بافاصله ۳۰ متر ( $D_{0.9L_{30}}$ )، عمق ۰/۶۵ متر بافاصله ۱۵ متر ( $D_{0.65L_{15}}$ ) و عمق ۰/۶۵ متر بافاصله ۳۰ متر ( $D_{0.65L_{30}}$ )، یک سیستم زهکشی زیرزمینی دو عمقی با چهار خط زهکش به فاصله ۱۵ متر با اعماق ۰/۶۵ متر و ۰/۹ متر به صورت یک‌درمیان (Bilevel) و یک تیمار زهکش سطحی به عنوان تیمار شاهد می‌باشند. عامل فرعی شامل ارقام برنج طارم دیلمانی و هاشمی بود که در اراضی مورد مطالعه کشت شد. زهکشی میان فصل در دو دوره ۱۰ روزه (۲۵ تا ۳۴ روز پس از نشاکاری) و پنج روزه (۴۳ تا ۴۷ روز پس از نشاکاری) اعمال شد. در طول فصل رشد، برای تعیین شاخص سطح برگ (LAI)، وزن خشک کل اندام هوایی (TDW)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت نسبی رشد (RGR)، نسبت سطح برگ (LAR) و سرعت جذب خالص (NAR)، نمونه برداری‌های لازم انجام شد. اعمال این نوع مدیریت آب از طریق سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، سبب افزایش غالب شاخص‌های مورد بررسی برای رقم هاشمی شد به طوری که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر CGR، NAR و RGR در تیمارهای  $D_{0.9L_{30}}$  و شاهد وجود داشت. حداکثر وزن خشک ارقام هاشمی و دیلمانی به ترتیب برابر ۸۵۸/۸ و ۱۰۰۶/۶ گرم بر متر مربع بود که در تیمار  $D_{0.65L_{15}}$  رخ داد و حداکثر شاخص سطح برگ این ارقام به ترتیب برابر ۴/۸۷ و ۵/۴۳ بود که در تیمارهای دو عمقی و شاهد مشاهده شد، هرچند اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف در هر رقم مشاهده نشد. براساس نتایج، در صورت رعایت زمان مناسب زهکشی، اعمال دو دوره زهکشی میان فصل از طریق زهکشی زیرزمینی، نقش موثری در بهبود شاخص‌های رشد برنج خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری متناوب، زهکشی زیرزمینی، شالیزار.

۱ - آدرس نویسنده مسوول: زابل، گروه مهندسی آب دانشگاه زابل.

\* - دریافت: اسفند ۱۳۹۳ و پذیرش: آذر ۱۳۹۴

## مقدمه

برنج، پس از گندم، رتبه دوم غلات مهم دنیا را به خود اختصاص داده و غذای اصلی تقریباً نیمی از مردم جهان به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه می‌باشد (گوئرا و همکاران، ۱۹۹۸). تقریباً ۷۵ درصد برنج جهان از شالیزارهای فاریاب تولید می‌شود (کارملیتا و همکاران، ۲۰۱۱). علی‌رغم اینکه برنج غالباً به‌صورت غرقاب کشت می‌شود، کنترل آب مهم‌ترین عملیات مدیریتی مؤثر بر میزان سودمندی سایر نهاده‌های تولید (شاخص‌های کمی و کیفی، مواد غذایی، آفت‌کش، علف‌کش و غیره) در کشت برنج می‌باشد. تحقیق‌های گذشته نشان داد که زهکشی میانفصل، به‌عنوان یک عملیات مدیریتی در فصل کشت برنج، می‌تواند با افزایش میزان عملکرد برنج (رحمان و همکاران، ۲۰۱۳، بک و همکاران، ۱۹۹۷، درزی-نفت‌چالی و شانهظری، ۲۰۱۴)، سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۳، گوتو و همکاران، ۲۰۰۰). این نوع زهکشی که در زمان بین حداکثر پنجه‌زنی و ابتدای رشد زایشی انجام می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶)، اکسیژن کافی را در اختیار منطقه ریشه برنج قرار می‌دهد و مواد سمی از قبیل سولفیدها و اسیدهای آلی را از منطقه ریشه خارج می‌کند (کیاء، ۱۳۸۲).

تاکنون در تحقیق‌های مختلف، اثرات مثبت یک دوره زهکشی میانفصل (حدود ۲۵ تا ۳۵ روز پس از نشاکاری) در شالیزارهای برنج گزارش شد (استوپ و همکاران، ۲۰۰۲؛ شیراتوری و همکاران، ۲۰۰۷؛ فوروکاوا و همکاران، ۲۰۰۸؛ اساکی و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج پژوهش درزی و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که به دلیل بهبود وضعیت تهویه و تخلیه آب اضافی خاک در زمان زهکشی میانفصل، میزان ارتفاع بوته، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد خوشه‌های جانبی خوشه‌ی اصلی در مترمربع و عملکرد بیولوژیک گیاه برنج در کرت‌های دارای سیستم زهکشی زیرزمینی به مقدار قابل توجهی نسبت به مقادیر متناظر آن در تیمار زهکشی

سطحی افزایش یافت. همچنین، اعمال زهکشی میانفصل از طریق سیستم‌های زهکشی زیرزمینی سبب افزایش ۶۴ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با اعمال آن از طریق زهکشی سطحی شد.

از سوی دیگر، یکی از راهکارهای موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، استفاده از آبیاری متناوب می‌باشد. خشک و مرطوب نمودن متناوب خاک که در بسیاری از کشورهای آسیایی مانند چین، بنگلادش، هند و ویتنام مورد استفاده قرار می‌گیرد، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف آب آبیاری داشته و منجر به بهبود راندمان مصرف آب در مقایسه با روش غرقاب می‌شود (بلدر و همکاران، ۲۰۰۴؛ تونگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ یائو و همکاران، ۲۰۱۲؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹). با تر و خشک کردن سطح خاک مزرعه از طریق آبیاری متناوب، تبادل هوا بین خاک و اتمسفر برقرار شده (تانگ و همکاران، ۲۰۱۳) و در نتیجه اکسیژن کافی در اختیار سیستم ریشه‌ای گیاه قرار می‌گیرد که این امر موجب سرعت بخشیدن به معدنی شدن مواد آلی و تثبیت نیتروژن خاک می‌شود. همه این موارد باعث بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش مواد مغذی گیاهی در خاک می‌گردد (بومن و همکاران، ۲۰۰۷؛ دانگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ تان و همکاران، ۲۰۱۳؛ وو، ۱۹۹۸).

در غالب تحقیقات گذشته، آبیاری متناوب با کنترل ارتفاع سطح آب در کرت‌ها، کنترل عمق سطح ایستابی یا کنترل پتانسیل خاک در شالیزارهای فاقد زهکشی زیرزمینی انجام شد. با این حال، تاکنون اثر این نوع مدیریت آب در شالیزارهای دارای زهکش زیرزمینی گزارش نشده است. با توجه به امکان تخلیه سریع‌تر آب از منطقه ریشه گیاه از طریق زهکش‌های زیرزمینی در مقایسه با مزارع دارای زهکش سطحی، مطالعه روند تغییرات شاخص‌های رشد ارقام مختلف برنج در شالیزارهای دارای زهکش زیرزمینی ضروری می‌باشد. تجزیه و تحلیل رشد جهت بررسی عوامل مؤثر بر

عملکرد، با اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل مکرر انجام می‌شود (اسلامی‌فر، ۱۳۷۵). بنابراین، در این تحقیق تاثیر اعمال مدیریت آبیاری متناوب به‌همراه دو بار زهکشی میان‌فصل بر وزن خشک اندام هوایی و شاخص سطح برگ دو رقم برنج در شالیزارهای مجهز به سیستم‌های مختلف زهکشی سطحی و زیرزمینی بررسی می‌شود و بر اساس آن‌ها، میزان سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص و سرعت رشد محصول در زمان مشاهده حداکثر شاخص سطح برگ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در طول یک فصل کشت برنج از ۲۰ اردیبهشت تا ۱۴ مرداد سال ۱۳۹۳ در حدود ۴/۵ هکتار از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶/۳۹ درجه شمالی و ۵۳/۰۴ درجه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر می‌باشد. میانگین بلندمدت بارش و دما در منطقه مطالعه به ترتیب، ۶۱۶ میلی‌متر و ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد و میزان حداقل و حداکثر دمای هوا به ترتیب ۶- و ۳۸/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (درزی-نفت‌چالی و شاهنظری، ۲۰۱۴). بیش از ۷۰ درصد بارش، در فصل‌های پاییز و زمستان رخ می‌دهد. بافت غالب خاک در اراضی مورد مطالعه رس سیلتی می‌باشد. در جدول (۱) برخی از خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی ارائه شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق لایه (سانتی‌متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	ضریب آبگذری (سانتی‌متر در روز)
۰-۳۰	۴۸/۵	۴۴/۵	۷	Silty Clay	۲۵/۶
۳۰-۶۰	۵۵/۵	۴۲	۲/۵	Silty Clay	۸/۱
۶۰-۹۰	۴۶/۵	۴۵/۵	۸	Silty Clay	۲۰/۷
۹۰-۱۲۰	۴۲/۵	۵۱/۵	۶	Silty Clay	۱۶/۳
۱۲۰-۱۵۰	۵۲	۴۲	۶	Silty Clay	۱۰/۹
۱۵۰-۲۰۰	۵۸/۵	۳۵/۵	۶	Clay	۸/۳
۲۰۰-۳۰۰	۶۱	۳۳/۵	۵/۵	Clay	۲/۵

### تیمارهای زهکشی

این آزمایش به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سیستم‌های زهکشی زیرزمینی موجود در مزرعه مطالعه بودند که عبارتند از: سه سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی با عمق ۰/۹ متر با فاصله ۳۰ متر ( $D_{0.9}L_{30}$ )، عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۱۵ متر ( $D_{0.65}L_{15}$ ) و عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۳۰ متر ( $D_{0.65}L_{30}$ ) و یک سیستم زهکشی زیرزمینی دو عمقی (Bilevel) متشکل از چهار خط زهکش به فاصله ۱۵ متر با اعماق ۰/۶۵ متر و ۰/۹ متر به صورت یک در میان. طول کلیه خطوط زهکش، ۱۰۰ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موجدار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر بود که با شیب ۰/۲ درصد نصب شدند. از مواد

معدنی (شن و ماسه دانه‌بندی شده) به‌عنوان پوشش اطراف لوله‌های زهکش استفاده شد. برای ارزیابی بهتر اثر تیمارهای زهکشی زیرزمینی، یک کرت شالیزاری فاقد زهکشی زیرزمینی که فقط متأثر از نهر زهکش است به- عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. عامل فرعی شامل ارقام برنج طارم دیلمانی و هاشمی بود که در اراضی مورد مطالعه کشت شد. لازم به ذکر است که مزرعه مورد مطالعه شامل ۱۲ کرت ۳۰ در ۱۰۰ متر مربعی می‌باشد. کلیه کرت‌ها تحت تاثیر یک نهر زهکش که به‌طور متداول به‌عنوان زهکش سطحی در طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری احداث می‌گردد، می‌باشند. مشخصات

سیستم‌های زهکشی و نحوه تعیین عمق و فاصله زهکش - ها به تفصیل در درزی و همکاران (۱۳۹۲) ارایه شد.

جدول ۲- فعالیت‌های زراعی و مدیریتی در طول مدت مطالعه

تاریخ	شرح عملیات	توضیحات
۱۸ و ۱۹ اردیبهشت	کوددهی	کود سولفات پتاسیم، سوپرفسفات تریپل و اوره به- ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار
۲۰ اردیبهشت	نشاکاری	-
۲۸ اردیبهشت	سم‌پاشی	علف‌کش سیستمیک بن سولفورون متیل (لونداکس) و رونستار به ترتیب به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار و چهار لیتر در هکتار
۲ خرداد	کوددهی	۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره
۲۰ خرداد	کوددهی	۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره
۱۴ تا ۲۳ خرداد	اولین دوره زهکشی میان فصل	-
۳۰ خرداد	کود دهی	دو کیلوگرم در هکتار کود تقویتی
۲۴ تا ۳۱ خرداد	آبیاری مجدد	-
۱ تا ۵ تیر	دومین دوره زهکشی میان فصل	-
۶ تا ۲۱ تیر	آبیاری مجدد	-
۲۲ تیر تا زمان برداشت	زهکشی پایان فصل	-
۴ مرداد	برداشت برنج رقم دیلمانی	-
۱۴ مرداد	برداشت برنج رقم هاشمی	-

### عملیات زراعی

مختلف از شبانه‌روز اندازه‌گیری شد و متوسط مقادیر دبی اندازه‌گیری شده برای هر چاه در هر روز به‌عنوان دبی روزانه آن چاه در نظر گرفته شد. بر این اساس، مجموع عمق آب آبیاری در طول فصل کشت برابر ۵۹۰/۹ میلی-متر بود. همچنین، با احتساب ۸۶/۴ میلی‌متر بارندگی، کل عمق آب ورودی در طول فصل کشت برابر ۶۷۷/۳ میلی-متر بود. زهکشی میان فصل در دو مرحله از فصل کشت برنج انجام شد. اولین دوره‌ی زهکشی ۲۵ روز پس از نشاکاری آغاز و به مدت ۱۰ روز ادامه یافت. دومین دوره‌ی زهکشی، ۴۳ روز پس از نشاکاری شروع شد و به مدت پنج روز به طول انجامید. زمان اولین دوره زهکشی براساس تحقیقات مختلف و فعالیت‌های زراعی متداول در منطقه انتخاب شد. به‌طور معمول، زارعین محلی حدود ۲۵ روز پس از نشاکاری اقدام به خشک کردن زمین می‌کنند که به‌عنوان زهکشی میان‌فصل موسوم است. دوره

خلاصه فعالیت‌های زراعی در طول مدت مطالعه در جدول (۲) ذکر شد. قبل از نشاکاری، در تاریخ-های ۱۸ و ۱۹ اردیبهشت ۹۳، کوددهی اولیه انجام گرفت. دو روز بعد از کوددهی، عملیات نشاکاری صورت پذیرفت. به‌طور معمول کلیه اراضی مورد مطالعه تحت کشت برنج رقم طارم دیلمانی قرار می‌گیرد لکن با توجه به اهداف مورد نظر، در نواری به عرض پنج متر در بخش میانی کلیه کرت‌ها، برنج رقم طارم هاشمی نیز کشت شد. کلیه عملیات زراعی به‌جز عملیات مدیریت آب، مشابه فعالیت‌های متداول در منطقه توسط زارعین بومی انجام شد. آبیاری اراضی مورد مطالعه به‌صورت غرقابی و با استفاده از سه چاه با عمق حدود ۲۰ متر انجام شد و فرض شد که مقدار آب مصرفی به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های مختلف توزیع شده باشد. در مواقع آبیاری، دبی چاه‌ها به روش حجمی در حداقل سه زمان

نسبت سطح برگ با استفاده از روابط ذیل محاسبه شد (رهنما، ۱۳۸۵):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{GA} \quad (۳)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (۴)$$

$$RGR = \frac{CGR}{TDW} \quad (۵)$$

$$LAR = \frac{RGR}{NAR} \quad (۶)$$

$$HI = \frac{Yield}{TDW} \times 100 \quad (۷)$$

که در آن‌ها:

A مساحت برگ (مترمربع)، L طول برگ (متر)، W بزرگ‌ترین پهنای برگ (متر) و LAI شاخص سطح برگ (بدون بعد)،  $W_2 - W_1$  اختلاف وزن ماده خشک تولیدی در دو برداشت متوالی (گرم)،  $t_2 - t_1$  فاصله زمانی بین دو برداشت متوالی (روز)، GA سطح زمین اشغال شده توسط گیاه (مترمربع)، CGR سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز)، NAR سرعت جذب خالص (گرم بر مترمربع در روز)، RGR سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)، LAR نسبت سطح برگ (گرم بر مترمربع) در شاخص برداشت (درصد)، Yield عملکرد (کیلوگرم در هکتار) و TDW وزن خشک کل گیاه (به گرم در فرمول سرعت رشد نسبی و به کیلوگرم در هکتار در فرمول شاخص برداشت) می‌باشند.

#### آنالیز آماری

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، تجزیه واریانس از طریق مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) و بعد از حصول اطمینان از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.1.3 (SAS Institute, 2004) صورت گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

دوم زهکشی نیز به‌گونه‌ای انتخاب شد که قبل از گلدهی ارقام مورد نظر باشد که عموماً برای ارقام مورد بررسی، حدود ۵۰ روز پس از نشاکاری می‌باشد. علاوه بر این، تیاجی و همکاران (۲۰۱۰) اثر زهکشی متعدد یا دو بار زهکشی میان‌فصل قبل از زمان گلدهی را بر کاهش انتشار متان از اراضی شالیزاری موثر دانستند. در اواخر فصل کشت برنج، برای ایجاد شرایط مناسب تردد ماشین آلات برداشت، زهکشی پایان‌فصل انجام می‌شود. در نتیجه، ۶۴ روز بعد از نشاکاری، آبیاری قطع شد و با برداشتن درپوش لوله‌های زهکش شرایط زهکشی فراهم شد. این مرحله از زهکشی تا زمان برداشت ادامه یافت.

#### نمونه‌برداری و محاسبات

از ۱۵ روز پس از نشاکاری، نمونه‌های گیاهی جهت تعیین وزن خشک اندام هوایی به تفکیک اجزای آن و شاخص سطح برگ (LAI) با فواصل زمانی ۱۰ تا ۱۵ روزه برداشت شد. پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت و همچنین حذف دو خط کناری به‌عنوان حاشیه، نمونه‌برداری از سطحی به‌اندازه ۰/۲۵ مترمربع (شامل چهار بوته) از اندام هوایی انجام شد. در آزمایشگاه، وزن تر و خشک برگ، خوشه و ساقه اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین سطح برگ، پس از جداسازی برگ‌های هر بوته از ساقه، طول (L) و بزرگ‌ترین پهنای هر برگ (W) اندازه‌گیری و سپس سطح برگ (A) و شاخص سطح برگ (LAI) به‌ترتیب با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (مول و کامپارث، ۱۹۷۷):

$$A = L \times W \times 0.75 \quad (۱)$$

$$LAI = \frac{A1}{A2} \quad (۲)$$

که در آن:

A1 مجموع سطح برگ‌ها در واحد سطح زمین و A2 واحد سطح زمین می‌باشند. علاوه بر تعیین شاخص سطح برگ، پارامترهای سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص یا سرعت فتوسنتز خالص، سرعت رشد نسبی، و

## نتایج و بحث

## شاخص سطح برگ و ماده خشک

روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سیستم‌های مختلف زهکشی زیرزمینی و سطحی در شکل (۱) ارایه شد. حداکثر شاخص سطح برگ در همه تیمارهای زهکشی برای رقم دیلمانی حدود ۵۰ روز پس از کشت رخ داد و سپس کاهش یافت ولی در رقم هاشمی تا ۶۰ روز پس از نشاکاری روند افزایشی داشت و بعد از آن کاهش یافت. اختلاف بین دو رقم را می‌توان به طول دوره رشد و کانوپی ژنتیکی نامشابه بین دو رقم نسبت داد (تنانوس و کوتروباس، ۲۰۰۲). هر دو رقم طارم هاشمی و دیلمانی در مرحله قبل از گلدهی، به حداکثر LAI رسیدند. رقم دیلمانی در ابتدای فصل، LAI بیش تری نسبت به رقم هاشمی داشت ولی در اواخر فصل رشد، به جز در تیمار کنترل، مقدار شاخص سطح برگ رقم هاشمی بیش تر از مقدار آن برای رقم دیلمانی بود. در بازه زمانی ۵۰ تا ۶۰ روز بعد از کاشت، حداقل و حداکثر مقدار این پارامتر در رقم هاشمی به ترتیب در تیمارهای  $D_{0.9}L_{30}$  (۳/۴۴) و Bilevel (۲/۸۷) و در رقم دیلمانی به ترتیب در تیمارهای  $D_{0.65}L_{30}$  (۳/۹۸) و شاهد (۵/۴۳) مشاهده شد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد دوبار زهکشی میانفصل از طریق زهکش‌های زیرزمینی بر رقم هاشمی تأثیر بیشتری نسبت به رقم دیلمانی داشته است، هرچند این تأثیر معنی‌دار نبود. معمولاً شاخص سطح برگ سه تا پنج برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب است (گاردنر و همکاران، ۱۹۹۰).

شکل (۲) روند تغییرات ماده خشک تحت تأثیر سیستم‌های مختلف زهکشی زیرزمینی و سطحی را نشان می‌دهد. حداکثر تجمع کل ماده خشک در همه تیمارها برای رقم هاشمی ۶۷ روز پس از نشاکاری حاصل شد. در رقم دیلمانی، تجمع کل ماده خشک تیمار  $D_{0.65}L_{30}$ ، ۶۷

روز پس از نشاکاری به حداکثر خود رسید و در باقی تیمارها، ۶۰ روز بعد از نشاکاری حداکثر شد. تا ۲۸ روز پس از نشاکاری، تفاوت معنی‌داری بین میزان ماده خشک دو رقم وجود نداشت ولی پس از آن، برای اکثر تیمارهای زهکشی این تفاوت معنی‌دار شد. بعد از گلدهی، به دلیل مسن شدن کانوپی، زرد شدن برگ‌ها و کاهش آسیمیلایون مواد، میزان فتوسنتز جاری گیاه کمتر از نیاز دانه‌ها به مواد فتوسنتزی شده و این مساله سبب می‌شود تا طی پدیده انتقال مجدد، ساقه و برگ به‌عنوان مبدا ثانویه عمل کرده و مواد ذخیره شده در بافت‌های خود را به خوشه‌ها منتقل کنند که نتیجه آن کاهش وزن خشک می‌باشد (ماچادو و همکاران، ۲۰۰۲).

تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی از روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند به‌طوری که در مراحل اولیه رشد، به‌صورت بطئی و کند و پس از ورود گیاه به مرحله زایشی به‌صورت خطی افزایش یافته و نهایتاً با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایشی تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (دینبروک، ۲۰۰۰). تولید ماده خشک بالا در مرحله گلدهی و بعد از آن، می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد دانه باشد، زیرا مواد فتوسنتزی تولید شده در این مرحله، به دانه‌ها انتقال می‌یابند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۴). سطح فتوسنتزکننده گیاه به وسیله LAI نشان داده می‌شود و با توجه به این که از عوامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آنها به مواد فتوسنتزی است افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. با توجه به جدول (۶) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین شاخص سطح برگ و وزن کل ماده خشک مشاهده شد ( $r=0.63$ ).

جدول ۳- اثر تیمارهای زهکشی روی میانگین شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ (گرم در مترمربع)، سرعت جذب خالص (گرم در مترمربع در روز)، سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)، سرعت رشد محصول (گرم در مترمربع در روز)، کل ماده خشک گیاه (گرم بر متر مربع) در ارقام دیلمانی و هاشمی بین روزهای ۵۰ تا ۶۰ پس از نشاکاری

رقم هاشمی						رقم دیلمانی						تیمار زهکشی
TDW	CGR	RGR	NAR	LAR	LAI	TDW	CGR	RGR	NAR	LAR	LAI	
۷۸۹/۱ <sup>a</sup>	۱/۶۶ <sup>a</sup>	۰/۰۶۱ <sup>a</sup>	۱/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۰۰۴۸ <sup>a</sup>	۳/۴۴ <sup>a</sup>	۹۵۵/۵ <sup>a</sup>	۱/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۰۱۸ <sup>a</sup>	۰/۵۸ <sup>a</sup>	۰/۰۰۴۶ <sup>ab</sup>	۴/۲۷ <sup>a</sup>	D <sub>0.9</sub> L <sub>30</sub>
۸۲۰/۶ <sup>a</sup>	۱/۴۵ <sup>ab</sup>	۰/۰۳۸ <sup>ab</sup>	۰/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۰۰۶ <sup>a</sup>	۴/۸۷ <sup>a</sup>	۹۸۴ <sup>a</sup>	۱/۲۸ <sup>a</sup>	۰/۰۲۴ <sup>a</sup>	۰/۵۹ <sup>a</sup>	۰/۰۰۴۷ <sup>ab</sup>	۴/۵۳ <sup>a</sup>	Bilevel
۷۸۸/۴ <sup>a</sup>	۱/۵۲ <sup>ab</sup>	۰/۰۴۷ <sup>ab</sup>	۰/۹۸ <sup>ab</sup>	۰/۰۰۵۲ <sup>a</sup>	۳/۸۶ <sup>a</sup>	۹۶۱/۱ <sup>a</sup>	۱/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۰۳۷ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۰/۰۰۴۴ <sup>b</sup>	۳/۹۸ <sup>a</sup>	D <sub>0.65</sub> L <sub>30</sub>
۸۵۸/۸ <sup>a</sup>	۱/۳۹ <sup>ab</sup>	۰/۰۳۱ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۰/۰۰۵۴ <sup>a</sup>	۴/۵۵ <sup>a</sup>	۱۰۰۶/۶ <sup>a</sup>	۱/۳۲ <sup>a</sup>	۰/۰۲۵ <sup>a</sup>	۰/۶۵ <sup>a</sup>	۰/۰۰۵۱ <sup>ab</sup>	۴/۹۵ <sup>a</sup>	D <sub>0.65</sub> L <sub>15</sub>
۶۵۹/۶ <sup>a</sup>	۱/۲۳ <sup>b</sup>	۰/۰۲۸ <sup>b</sup>	۰/۷۲ <sup>b</sup>	۰/۰۰۵۶ <sup>a</sup>	۳/۶۲ <sup>a</sup>	۹۷۱/۸ <sup>a</sup>	۱/۳۴ <sup>a</sup>	۰/۰۲۴ <sup>a</sup>	۰/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۰۰۵۶ <sup>a</sup>	۵/۴۳ <sup>a</sup>	Control

میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

### مولفه‌های رشد

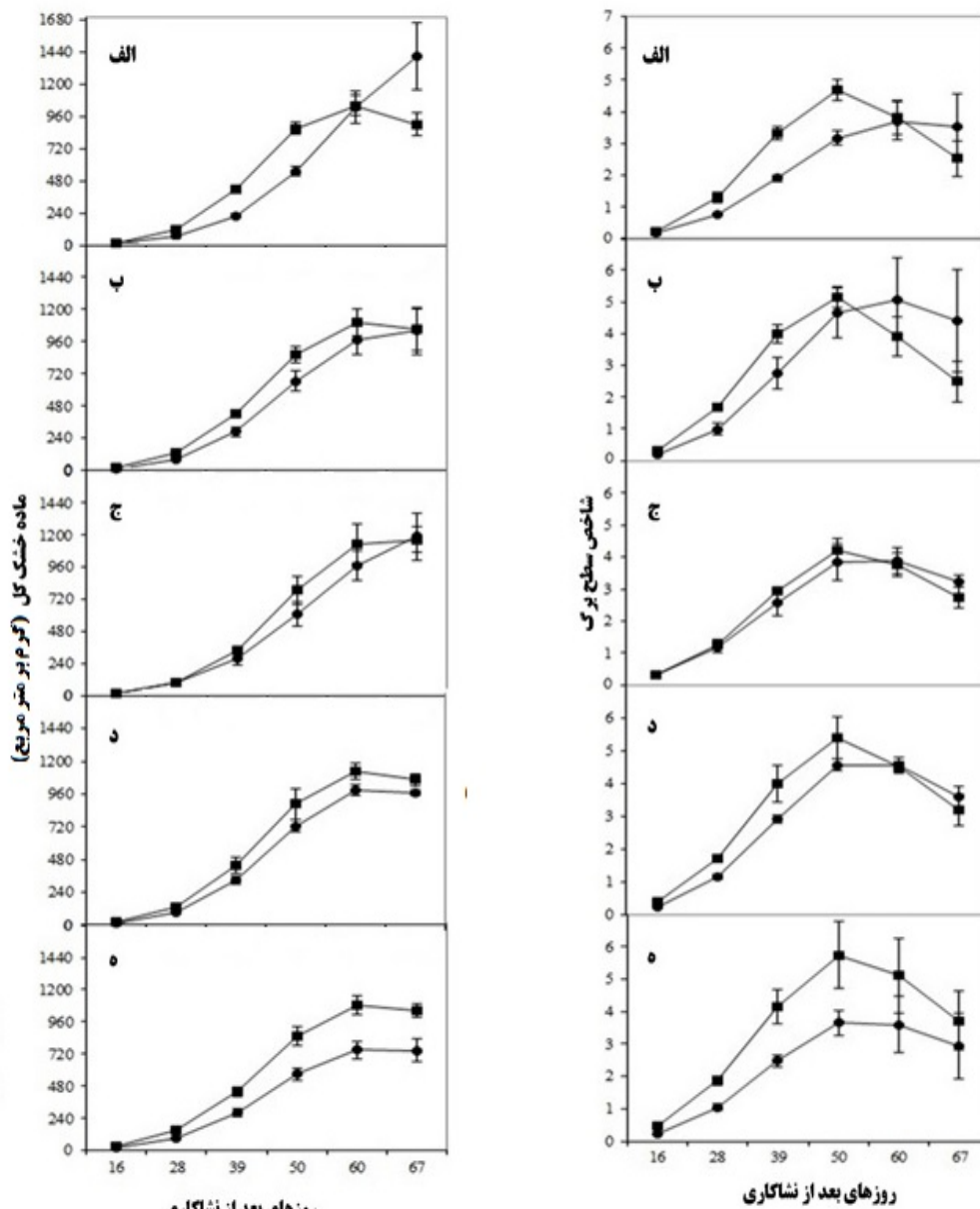
#### نسبت سطح برگ

دیلمانی شده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت سطح برگ و شاخص سطح برگ ( $r=0.64$ ) وجود داشت (جدول ۶).

نسبت سطح برگ رقم دیلمانی در تیمار D<sub>0.65</sub>L<sub>30</sub> اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در تیمار کنترل داشت (جدول ۳). در بازه زمانی ۵۰ تا ۶۰ روز بعد از نشاکاری، حداقل و حداکثر مقدار این پارامتر در این رقم به ترتیب در تیمارهای D<sub>0.65</sub>L<sub>30</sub> (۰/۰۰۴۴) متر مربع بر گرم) و تیمار شاهد (۰/۰۰۵۶) متر مربع بر گرم) بود. نسبت سطح برگ در رقم هاشمی با مقدار آن در رقم دیلمانی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). در ابتدای فصل رشد میزان LAR افزایش یافت و پس از رسیدن به حداکثر میزان خود، در اواخر فصل رشد با کاهش میزان سطح برگ به علت خشک شدن برگ‌ها و همچنین افزایش وزن خشک گیاه، نسبت سطح برگ کاهش یافت. بررسی نسبت سطح برگ کلیه تیمارها نشان داد که حداکثر LAR متعلق به رقم هاشمی (۰/۰۰۶) و حداقل آن متعلق به رقم دیلمانی (۰/۰۰۴۴) بود. نسبت سطح برگ حاصل نسبت سرعت رشد نسبی به سرعت جذب خالص می‌باشد. با توجه به جدول ۴، هم سرعت رشد نسبی و هم سرعت جذب خالص در رقم هاشمی بیشتر از رقم دیلمانی است ولی سرعت رشد نسبی در رقم هاشمی نسبت به سرعت جذب خالص بیشتر بوده که باعث افزایش نسبت سطح برگ این رقم در مقایسه با رقم

#### سرعت جذب خالص

کم‌ترین و بیش‌ترین سرعت جذب خالص برای رقم هاشمی ۰/۷۲ و ۱/۱۴ بود که به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد و D<sub>0.9</sub>L<sub>30</sub> می‌باشند (جدول ۳). سرعت جذب خالص در رقم هاشمی بیش‌تر از میزان آن در رقم دیلمانی بود (جدول ۴). کم‌تر بودن میزان ماده خشک رقم هاشمی، سبب شد که میزان سرعت جذب خالص این رقم بیش‌تر از میزان آن در رقم دیلمانی باشد. برای رقم هاشمی، اختلاف معنی‌داری بین سرعت جذب خالص تیمار D<sub>0.9</sub>L<sub>30</sub> و سایر تیمارها به جز تیمار D<sub>0.65</sub>L<sub>30</sub> مشاهده شد. سرعت جذب خالص تحت تأثیر عوامل بسیار زیادی قرار دارد که بسیاری از آنها به سادگی قابل اندازه‌گیری و تشخیص نمی‌باشند (ساجدی و اردکانی، ۱۳۷۸). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی ( $r=0.91$ )، سرعت رشد محصول ( $r=0.91$ ) و عملکرد محصول ( $r=0.49$ ) وجود داشت (جدول ۶). همچنین، این پارامتر با شاخص برداشت همبستگی منفی داشت ( $r=-0.44$ ).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ دو رقم دیلمانی (■) و هاشمی (●) در الف (D<sub>0.9</sub>L<sub>30</sub>، ب Bilevel، ج D<sub>0.65</sub>L<sub>30</sub>، د D<sub>0.65</sub>L<sub>15</sub> و ه شاهد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

شکل ۲- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل دو رقم دیلمانی (■) و هاشمی (●) در الف (D<sub>0.9</sub>L<sub>30</sub>، ب Bilevel، ج D<sub>0.65</sub>L<sub>30</sub>، د D<sub>0.65</sub>L<sub>15</sub> و ه شاهد. میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

جدول ۴- میانگین وزن خشک کل، سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص و نسبت سطح برگ دو واریته برنج بین روزهای ۵۰ تا ۶۰ پس از نشاکاری

واریته	وزن خشک کل (گرم در مترمربع)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)	سرعت جذب خالص (گرم بر مترمربع در روز)	نسبت سطح برگ (مترمربع بر گرم)
دیلمانی	۹۷۶a	۰/۰۲۵b	۴/۵۹b	۰/۰۰۴۹b
هاشمی	۷۸۳b	۰/۰۴۱a	۷/۷۷a	۰/۰۰۵۴a

میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند.



### سرعت رشد نسبی

در بازه زمانی ۵۰ تا ۶۰ روز بعد از نشاکاری، حداقل و حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی رقم هاشمی به ترتیب در تیمارهای شاهد (۰/۰۲۸ گرم بر گرم در روز) و  $D_{0.9}L_{30}$  (۰/۰۶۱ گرم بر گرم در روز) مشاهده شد. اختلاف معنی‌داری بین سرعت رشد نسبی رقم دیلمانی در تیمارهای مختلف وجود نداشت (جدول ۳). سرعت رشد نسبی رقم هاشمی در تیمار  $D_{0.9}L_{30}$  با مقدار آن در تیمارهای  $D_{0.65}L_{15}$  و شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. جدول (۴) نشان می‌دهد که سرعت رشد نسبی رقم هاشمی بیش‌تر از مقدار آن در رقم دیلمانی بود. سرعت رشد نسبی گیاهان زراعی بعد از مرحله جوانه زنی بالا رفته و سپس کاهش می‌یابد و در واقع با افزایش سن گیاه میزان رشد نسبی کاهش می‌یابد زیرا بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و نقشی در فتوسنتز ندارند. همچنین، به دلیل قرار گرفتن برگ‌های اولیه در سایه و افزایش سن آن‌ها، فعالیت فتوسنتزی کاهش یافته و سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابد. هر چند که مقدار وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند اما از سرعت رشد نسبی به دلیل افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های در حال رشد کاسته می‌شود (اسلامی‌فر، ۱۳۷۵، رهنما، ۱۳۸۵). به دلیل رابطه معکوس سرعت رشد نسبی با وزن خشک گیاه، روندها حدوداً شبیه روند وزن خشک گیاه در شکل ۳ ولی به صورت معکوس می‌باشند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت رشد نسبی و سرعت رشد گیاه ( $r=0.94$ ) و عملکرد محصول ( $r=0.59$ ) وجود داشت (جدول ۶).

### سرعت رشد گیاه (محصول)

کمترین و بیشترین سرعت رشد محصول به- ترتیب برابر ۱/۱۹ (برای رقم دیلمانی) و ۱/۶۶ (برای رقم هاشمی) گرم بر متر مربع در روز بود که هر دو در تیمار  $D_{0.9}L_{30}$  رخ داد (جدول ۳). اختلاف معنی‌داری بین

سرعت رشد گیاه رقم دیلمانی در تیمارهای مختلف وجود نداشت. اما، این اختلاف برای رقم هاشمی در تیمار  $D_{0.9}L_{30}$  نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. میزان افزایش یا کاهش سرعت رشد گیاه را می‌توان به سرعت جذب خالص نسبت داد. در نتیجه تیمارهای دارای سرعت جذب خالص بیش‌تر مواد فتوسنتزی بیش‌تری تولید کرده و با توجه به رابطه مستقیم NAR و CGR (رابطه ۴)، باعث افزایش سرعت رشد محصول می‌شوند. در این آزمایش ضریب همبستگی بین این دو پارامتر برابر با ۰/۹۱ بود (جدول ۶).

### شاخص برداشت

با توجه به جدول (۵)، اختلاف معنی‌داری بین شاخص برداشت ارقام هاشمی و دیلمانی در تیمارهای مختلف وجود نداشت. یکی از عوامل موثر بر شاخص برداشت، سرعت رشد محصول می‌باشد (اسلافر، ۱۹۹۳) که اختلاف معنی‌داری بین مقدار آن در اکثر تیمارهای زهکشی وجود نداشت که نتیجه آن عدم اختلاف معنی‌دار شاخص برداشت در تیمارهای زهکشی زیرزمینی نسبت به تیمار کنترل بود. شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌داری با کل ماده خشک گیاه، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص داشت (جدول ۶).

### عملکرد دانه

میزان عملکرد دانه رقم هاشمی در تیمارهای  $D_{0.9}L_{30}$  و Bilevel اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۵) که دلیل این امر احتمالاً وضعیت بهتر زهکشی در این تیمارها در مقایسه با تیمارهای دارای عمق زهکش ۰/۶۵ متر می‌باشد. میزان عمق سطح ایستابی در آخرین روز اولین دوره زهکشی میان‌فصل در تیمارهای  $D_{0.9}L_{30}$ ، Bilevel،  $D_{0.65}L_{30}$  و  $D_{0.65}L_{15}$  به- ترتیب ۹۲/۵، ۷۸/۵، ۵۳ و ۶۰ سانتی‌متر بود. این مقادیر در انتهای دومین دوره زهکشی میان‌فصل به ترتیب ۸۵/۵، ۷۲

می شود دو رقم مورد استفاده در این پژوهش واکنش متفاوتی به زهکشی میان فصل نشان دادند. دلیل پاسخ متفاوت رقم دیلمانی به زهکشی نسبت به رقم هاشمی، احتمالاً نزدیکتر بودن دومین دوره زهکشی میان فصل به دوره گل دهی رقم دیلمانی با توجه به زودرس تر بودن این رقم و وارد شدن تنش به گیاه می باشد. عملکرد دانه با سرعت رشد محصول همبستگی مثبت و معنی داری داشت. وگا و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که افزایش سرعت رشد گیاه در دوره دانه بندی، اولین عامل موثر در حصول عملکرد است. با توجه به جدول (۶) مشاهده می شود که بین سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. بنابراین می توان گفت در ساخت عملکرد نهایی، این شاخص ها دارای تاثیر بسیاری هستند. همبستگی مثبت عملکرد دانه برنج با سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص در تحقیقات گذشته (اسلامی فر، ۱۳۷۵، یوشیدا، ۱۹۸۱، ساهو و گورو، ۱۹۹۸) نیز گزارش شده است.

۵۹/۵ و ۶۲/۵ سانتی متر بودند. دفع آب اضافی از اعماق خاک، در نهایت سبب تامین اکسیژن بیش تر (استوپ و همکاران، ۲۰۰۲) و ایجاد شرایط اکسیداسیون موقت در ناحیه ریشه می شود (شیراتوری و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به کنترل بهتر سطح ایستابی، انتظار می رود تیمارهای D<sub>90</sub>L<sub>30</sub> و Bilevel که دارای عمق زهکش بیش تری در مقایسه با سایر تیمارها می باشند، توانایی بیشتری در کنترل تجمع مواد سمی در ناحیه ریشه برنج داشته باشند و شرایط مطلوب تری را برای فعالیت ریشه فراهم نمایند که حاصل آن افزایش عملکرد برنج می باشد. از طرف دیگر، زهکشی در عمق مناسب با برقراری شرایط اکسیداسیون سبب سرعت بخشیدن به فرایند نیتریفیکاسیون و تثبیت نیتروژن در منطقه توسعه ریشه گیاه و افزایش غلظت نیتروژن خاک می شود (درزی نفت چالی و همکاران، ۱۳۹۲) که نتیجه آن افزایش ماده خشک گیاه و در نهایت عملکرد دانه برنج می باشد. میزان عملکرد دانه رقم دیلمانی در تیمار کنترل اختلاف معنی داری با مقدار آن در تیمار D<sub>90</sub>L<sub>30</sub> داشت (جدول ۵). همانطور که مشاهده

جدول ۵- اثر تیمارهای زهکشی روی میانگین عملکرد، ماده خشک کل و شاخص برداشت دو رقم هاشمی و دیلمانی

تیمار	هاشمی		دیلمانی	
	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
D <sub>90</sub> L <sub>30</sub>	۱۴۱۲۷ <sup>a</sup>	۳۶۶۳/۶ <sup>b</sup>	۹۰۱۶ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>
Bilevel	۱۰۳۹۰ <sup>ab</sup>	۴۵۲۹/۳ <sup>a</sup>	۱۰۵۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۶ <sup>a</sup>
D <sub>65</sub> L <sub>30</sub>	۱۱۸۷۵ <sup>ab</sup>	۳۹۷۸/۹ <sup>ab</sup>	۱۱۶۳۹ <sup>a</sup>	۰/۳۴ <sup>a</sup>
D <sub>65</sub> L <sub>15</sub>	۹۷۰۵ <sup>ab</sup>	۴۳۲۲/۹ <sup>ab</sup>	۱۰۶۴۸ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>
Control	۷۴۶۴ <sup>b</sup>	۴۸۲۱/۷ <sup>a</sup>	۱۰۴۰۶ <sup>a</sup>	۰/۴۶ <sup>a</sup>

میانگین های دارای حروف مختلف در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی دار می باشند.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در برنج

ویژگی	LAI	TDW	RGR	CGR	NAR	LAR	Yield	HI
LAI	۱							
TDW	۰/۶۳**	۱						
RGR	-۰/۱۹	-۰/۳	۱					
CGR	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۹۴**	۱				
NAR	-۰/۳۶	-۰/۱۹	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۱			
LAR	۰/۶۴**	-۰/۱۸	۰/۱۶	-۰/۰۷	-۰/۱۷	۱		
Yield	۰/۰۵	-۰/۱۶	۰/۵۹**	۰/۵۳**	-۰/۴۹**	۰/۲۵	۱	
HI	-۰/۳۱	-۰/۵۷**	-۰/۴*	-۰/۶۲**	-۰/۴۴*	۰/۰۷	-۰/۱۷	۱

LAI: شاخص سطح برگ، LAR: نسبت سطح برگ، NAR: سرعت جذب خالص، RGR: سرعت رشد نسبی، CGR: سرعت رشد محصول، TDW: کل ماده خشک گیاه، HI: شاخص برداشت، Yield: عملکرد دانه، HI غیر معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد. \* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد. \*\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

## نتیجه‌گیری

دومین دوره زهکشی میان‌فصل با دوره گلدهی آن بود. در حالی که در شرایط زهکشی سطحی، احتمالاً به دلیل وجود رطوبت بیشتر در محیط ریشه برنج، مقدار عملکرد رقم دیلمانی نسبت به تیمارهای زهکشی زیرزمینی افزایش یافت. بر اساس نتایج، تعیین مناسب‌ترین دوره‌های اعمال زهکشی میان‌فصل از طریق سیستم‌های مختلف زهکشی، مستلزم شناخت دقیق مراحل مختلف فنولوژیکی ارقام برنج در نواحی مختلف می‌باشد تا دستیابی به حداکثر عملکرد امکان‌پذیر گردد. به نظر می‌رسد با ملاحظه این شرایط، از میان تیمارهای مورد مطالعه و بر اساس نتایج یک فصل کشت، تیمار  $D_{0.9}L_{30}$  شرایط بهتری را تامین کرده است. با این وجود، انتخاب بهترین تیمار از نظر عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی، مستلزم تحقیقاتی طولانی‌مدت و بررسی گزینه‌های مختلف می‌باشد.

در این تحقیق، تاثیر آبیاری متناوب در تلفیق با دو دوره زهکشی میان‌فصل بر شاخص‌های رشد دو رقم برنج هاشمی و دیلمانی در شالیزارهای مجهز به سیستم‌های مختلف زهکشی زیرزمینی و سطحی بررسی شد. عملکرد دانه برنج هاشمی در تیمارهای  $D_{0.9}L_{30}$ ،  $Bilevel$ ،  $D_{0.65}L_{30}$  و  $D_{0.65}L_{15}$  به ترتیب به میزان ۳۸، ۲۸،  $1\frac{1}{4}$  و  $1\frac{1}{2}$  درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمار شاهد بود در حالی که، عملکرد دانه برنج دیلمانی در تیمار شاهد به ترتیب به مقدار ۳۲،  $6\frac{1}{5}$ ،  $2\frac{1}{2}$  و  $1\frac{1}{5}$  درصد بیش‌تر از مقدار آن در تیمارهای  $D_{0.9}L_{30}$ ،  $Bilevel$ ،  $D_{0.65}L_{30}$  و  $D_{0.65}L_{15}$  بود. اثر منفی زهکشی از طریق سیستم‌های زهکشی زیرزمینی بر عملکرد برنج دیلمانی، به دلیل زودرس‌تر بودن این رقم و فاصله زمانی کم بین

## فهرست منابع

۱. اسلامی‌فر، گ.، ۱۳۷۵. مبانی فیزیولوژیکی اصلاح نباتات. ترجمه: ح. رحیمیان و م. بنایان اول. جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۴۴ صفحه.
۲. درزی، ع.، س.م. میر لطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی و م.ح. مهدیان، ۱۳۹۱. تأثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در اراضی شالیزاری. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶ (۱): ۷۰-۶۱.
۳. درزی، ع.، س.م. میر لطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی و م.ح. مهدیان، ۱۳۹۲. تأثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات نیتروژن از اراضی شالیزاری در فصل کشت برنج. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳ (۷): ۳۰۵-۲۹۴.
۴. رهنما، ا.، ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهی، انتشارات پوران پژوهش، ۳۳۲ صفحه.
۵. کریمی، و.، ح. یوسفیان و م.ق. سلمانی، ۱۳۸۶. ارزیابی سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج در اراضی شالیزاری. دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، کرج، ۱-۳ آبان ماه.
۶. کیا، ع. ۱۳۸۲. زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری. انتشارات مرکز توسعه منابع انسانی کشاورزی هراز، ۸ صفحه.
۷. مهدوی، ف.، ع.م. اسماعیلی، ا. فلاح و ه. پیردشتی، ۱۳۸۴. مطالعه خصوصیات مورفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح‌شده برنج. مجله علوم زراعی ایران. ۳ (۷): ۶۸-۷۹.
8. Back, N.H., S.S.Kim, H.G. Park, H.T. Shin, S.Y. Cho and S.Y. Lee, 1997. Influence of midsummer drainage times on growth and lodging of Rice plant in direct seeding on flooded paddy surface. Crop Science, 42(6): 722-728.
9. Belder, P., B.A.M. Bouman, R. Cabangon, L. Guoan, E.J.P. Quilang, Y. Li, J.H.J. Spiertz and T.P. Tuong, 2004. Effect of water-saving irrigation on rice yield and

- water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management*, 65, 193–210.
10. Bouman, B.A.M., R.M. Lampayan, and T.P. Tuong, 2007. Water Management in Irrigated Rice-Coping with Water Scarcity. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 19–46.
  11. Carmelita, M., R. Albertoa, R. Wassmanna, T. Hiranob, A. Miyatac, R. Hatanob, A. Kumara, A. Padrea and M. Amante, 2011. Comparisons of energy balance and evapotranspiration between flooded and aerobic rice fields in the Philippines. *Agricultural Water Management*, (98): 1417–1430.
  12. Darzi-Naftchali, A., A. Shahnazari, 2014. Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields, *Eur. J. Agron.* 56: 1-8.
  13. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Res.* 67:35-49.
  14. Dong, N.M., K.K. Brandt, J. Sørensen, N.N. Hung, C.V. Hach, P.S. Tan and T. Dalsgaard, 2012. Effects of alternating wetting and drying versus continuous flooding on fertilizer nitrogen fate in rice fields in the Mekong Delta, Vietnam. *Soil Biol. Biochem.* 47, 166–174.
  15. Furukawa, Y., Y. Shiratori and K. Inubushi, K. 2008. Depression of methane production potential in paddy soils by subsurface drainage systems. *Soil Science and Plant Nutrition*, 54:950–959.
  16. Gardner, F., P. R. Balle and D. E. McCloud. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agron. J.* 82: 864-868.
  17. Goto, Y., Y. Nitta and S. Nakamura, 2000. High yield in MSD. In: *Crops 1 (Rice). Association of Agricultural Extension of Japan*, 98 pp.
  18. Guerra, L.C., S.L. Bhuiyan, T.P. Tuong and R. Tuong, 1998. Producing more rice with less water. SWIM Paper 5. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
  19. Liu, L., T. Chen, Z. Wang, H. Zhang, J. Yang and J. Zhang, 2013. Combination of site-specific nitrogen management and alternate wetting and drying irrigation increases grain yield and nitrogen and water use efficiency in super rice. *Field Crops Research. J.* 154, 226–235.
  20. Machado, S. E.D., J. Bynum, T.L. Archer, R.J. Lascano, L.T. Wilson, J. Bordovsky, E. Segarra, K. Bronson, D.M. Nesmith and W. Xu. 2002. Spatial and temporal variability of corn growth and grain yield: Implication for sitespecific farming. *Crop Sci.* 42:1564-1576.
  21. Moll, R.H. and E.J. Kamprath, 1977. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays* L. *Agron. J.* 69: 81-84.
  22. 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.
  23. Nunez, R. and E.J. Kamprath, 1969. Relationships between N response, plant population. And row width on growth and yield of corn. *Agron.J.* 61: 279-282.
  24. Osaki, M., T. Shinano, T. Kaneda, S. Yamada and T. Nakamura, 2001. Ontogenetic changes of photosynthetic and dark respiration rates in relation to nitrogen content in individual leaves of field crops. *Photosynthetica*, 39: 205–213.
  25. Rahman, S.M., K. Kakuda, Y. Sasaki and H. Ando, 2013. Effect of Mid- Drainage on root physiological activities, N uptake and yield of rice in north east Japan. *Agricultural Science*, 16(4): 197-206.
  26. Sahoo, N. C. and S. K. Guru, 1998. Physiological basis of yield variation in short duration cultivars of. *Indian Journal of Plant Physiology*, 3: 36-41.

27. SAS Institute, 2004. Version 9.1.3. SAS Institute, Cary, NC, USA.
28. Shiratori, Y., H. Watanabe, Y. Furukawa, H. Tsuruta and K. Inubushi, 2007. Effectiveness of a subsurface drainage system in poorly drained paddy fields on reduction of methane emissions. *Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition*, 53: 387–400.
29. Slafer, G., 1993. Genetic improvements of field crops: current status and development. Marcel Dekker Publishing, New York.
30. Stoop, W.A., N. Uphoff and A. Kassam, 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farm systems for resource-poor farmers. *Agricultural Systems*. 71, 249–274.
31. Tan, X., D. Shao, H. Liu, F. Yang, C. Xiao and H. Yang, 2013. Effects of alternate wetting and drying irrigation on percolation and nitrogen leaching in paddy fields. *Paddy Water Environ.* 11, 1–15.
32. Tuong, T.P., B.A.M. Bouman and M. Mortimer, 2005. More rice, less water-integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia. *Plant Prod. Sci.* 8, 231– 41.
33. Tyagi, L., B. Kumari and S.N. Singh, 2010. Water management - A tool for methane mitigation from irrigated paddy fields. *Sci. Total Environ.*, 408, 1085-1090.
34. Yao, F., J. Huang, K. Cui, L. Nie, J. Xiang, X. Liu, W. Wu, M. Chen and S. Peng, 2012. Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crop Res.* 126, 16–22.
35. Yoshida, S., 1981. Fundamental of rice crop science. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines.
36. Zhang, H., Y. Xue, Z. Wang, J. Yang and J. Zhang, 2009. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Sci.* 49, 2246–2260.
37. Zhang, H., S. Zhang, J. Zhang, J. Yang and Z. Wang, 2008. Postanthesis moderate wetting drying improves both quality and quantity of rice yield. *Agron. J.* 100, 726–734.