تاثیر آبیاری و زهکشی متناوب بر جذب و شاخص برداشت نیتروژن دو رقم برنج

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۴/۲۴

عبداله درزی نفت‌چالی*[۱]، علی مختصی بیدگلی[۲]

مقاله پژوهشی

چکیده

با توجه به افزایش هزینه‌های زیست محیطی و اقتصادی مرتبط با مصرف نیتروژن، ارتقای کارایی این ماده غذایی در سیستم‌های کشت برنج از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این راستا، تاثیر تلفیقی سیستم‌های مختلف زهکشی سطحی و زیرزمینی و مدیریت آب بر شاخص برداشت نیتروژن برنج مورد بررسی قرار گرفت. در طول سه فصل کشت برنج (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵)، دو رقم برنج طارم هاشمی و طارم دیلمانی تحت آبیاری و زهکشی متناوب در مزرعه شالیزاری مجهز به سیستم‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی کشت شد. در زمان برداشت، عملکرد دانه و بیوماس و مقدار نیتروژن بوته و دانه اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت نیتروژن (NHI) به‌صورت نسبت نیتروژن دانه به نیتروژن جذب شده توسط اندام هوایی تعیین شد. مقدار NHI با مقدار کود اوره مصرفی ارتباط مستقیم داشت و در فصول مختلف بین ۵۸/۳۱ تا ۶۸/۴۵ متغیر بود. متوسط نیتروژن جذب شده توسط بوته دو رقم هاشمی و دیلمانی در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی به‌ترتیب ۱۶۱/۷ و ۱۵۵/۷ کیلوگرم در هکتار و در منطقه شاهد به‌ترتیب ۱۴۴/۷ و ۱۹۳/۷ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، متوسط عملکرد دانه، نیتروژن دانه، شاخص برداشت و NHI در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی به‌ترتیب ۵۳۲۹/۳ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۵/۹ کیلوگرم در هکتار، ۳۷/۸ درصد و ۶۷/۲ درصد و در تیمار شاهد به‌ترتیب ۴۶۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار، ۸۸/۶ کیلوگرم در هکتار، ۳۲/۴ درصد و ۵۶/۳ درصد بود. بر اساس نتایج، اعمال زهکشی از طریق سیستم‌های زهکشی زیرزمینی در مدیریت آبیاری و زهکشی متناوب می‌تواند سبب ارتقای کارایی مصرف نیتروژن در کشت برنج شود.

واژه‌های کلیدی: جذب نیتروژن، زهکشی زیرزمینی، عملکرد برنج، مدیریت آب.

[۱] دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری(نویسنده مسول) ,Email"abdullahdarzi@yahoo.com
Email: adarzi@sanru.ac.ir
[۲] استادیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرسEmail: amokhtassi@yahoo.com

مقدمه

برنج به‌عنوان یک از سه غله مهم جهان (Mi et al., 2017) ، پس از گندم مهم‌ترین ماده غذایی مردم کشور می‌باشد. نیتروژن به‌عنوان اساسی‌ترین ماده غذایی مورد استفاده در اکوسیستم‌های کشاورزی (Ladha and Reddy, 2003)، اهمیت بسیار زیادی در ارتقای بهره‌وری تولید برنج داشته است. در طول هزاران سال، سیستم‌های تولید برنج با عملکرد ۲ تا ۳/۵ تن در هکتار با استفاده از نیتروژن طبیعی حاصل از تثبیت بیولوژیکی و معدنی شدن نیتروژن خاک، کاملا پایدار بودند به‌طوری‌که هر هکتار شالیزار، برنج مورد نیاز ۱۰ نفر را تامین می‌کرد (Fischer, 2000). با توجه به روند افزایش سریع جمعیت و لزوم افزایش تولید غذا، در طول دوره انقلاب سبز و از دهه ۱۹۶۰، مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی منجر به افزایش ۱۰۰ تا ۲۰۰ درصدی تولید برنج شد (Ladha and Reddy, 2003). با این وجود، بر اساس پیش‌بینی‌های مختلف، میزان تولید جهانی محصولات مختلف کشاورزی در بازه ۲۰۰۵ تا ۲۰۵۰ باید بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ درصد افزایش یابد (Tilman et al., 2001). اگرچه متوسط میزان افزایش واقعی تولید برنج در جهان، کمتر از این پیش-بینی‌های انجام شده هست (Ray et al., 2013)، لیکن افزایش ۳۱ درصدی مصرف نیتروژن در جهان در طی سال‌های اخیر (۲۰۰۲-۲۰۱۷) را در پی داشته است (FAO, 2020).

از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰، عملکرد دانه غلات ۶۵ درصد و مصرف کودهای شیمیایی ۵۱۲ درصد افزایش پیدا کرده است (Zhang et al., 2011). به عبارت دیگر، افزایش عملکرد متناسب با میزان مصرف کودهای شیمیایی نبوده است. علی‌رغم مصرف قابل توجه نیتروژن، کارایی آن به دلیل تصعید، آبشویی، دنیتریفیکاسیون، فرسایش خاک و سایر موارد دخیل در تلفات نیتروژن، عموما پایین است (Fageria, 2014; Huang et al., 2018) به‌گونه‌ای که بخش زیادی از خلا تولید برنج به آن مرتبط است (Boling et al., 2011). کارایی مصرف نیتروژن برنج که نسبت عملکرد دانه به میزان نیتروژن در دسترس گیاه می‌باشد (Jing et al., 2009; Haefele et al., 2008) بسیار کم و حدود ۳۳ درصد نیتروژن مصرفی می‌باشد (Raun and Johnson, 1999). پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن و در نتیجه، تلفات زیاد آن منجر به مشکلات بهداشتی و زیست محیطی متعددی نظیر بیماری‌های گوارشی و تنفسی، تغذیه‌گرایی اکوسیستم‌های آبی، سمیت برای گیاه، رشد بیش از حد گیاه و کاهش ازن استراتوسفر خواهد شد (Huang et al., 2018). در کشور ما، مشکلات آلودگی نیتراتی منابع آب زیرزمینی در مناطق مرطوب از جمله استان مازندران که دارای حدود ۲۱۲ هزار هکتار شالیزار می‌باشد، به‌دلیل مدیریت نامناسب مصرف کودهای نیتروژنی، شدید می‌باشد (Karandish et al., 2018).

کاهش اثرات زیست محیطی در سیستم‌های کشت برنج، مستلزم ارتقای کارایی مصرف آب و مواد غذایی می‌باشد. مدیریت رایج آب در اراضی شالیزاری، آبیاری غرقابی می‌باشد. با این وجود، به‌دلیل محدودیت منابع آب، در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای افزایش بهره‌وری مصرف در اراضی شالیزاری از طریق اصلاح مدیریت آب انجام شده است که نتیجه آنها ارایه روش-هایی مانند کنترل سطح ایستابی، زهکشی میان‌فصل (MSD) و خشک و مرطوب شدن متناوب (AWD) بوده است (Darzi-Naftchali et al., 2017). در مدیریت AWD، مزرعه شالیزاری در شرایط غرقاب دایم نبوده و رژیم رطوبتی خاک بین وضعیت اشباع و غیر اشباع در نوسان می‌باشد. نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن است که AWD سبب ارتقای عملکرد برنج و کارایی مصرف آب آن در مقایسه با زهکشی میان‌فصل (Darzi-Naftchali and Shahnazari, 2014; Chu et al., 2014; Lampayan et al., 2015b)، کاهش

تجمع آرسنیک در دانه برنج (Norton et al., 2012) و افزایش جذب برخی ریزمغذی‌ها مانند روی (Wissuwa et al., 2008) خواهد شد. علاوه براین، گزارش شد که AWD سبب افزایش قابل توجه جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه برنج نیز خواهد شد (Ye et al., 2013; Liu et al., 2013). یکی از معیارهای مهم برای تشخیص میزان کارآمدی نیتروژن جذب شده، شاخص برداشت نیتروژن (نسبت نیتروژن جذب شده در دانه به نیتروژن جذب شده در اندام هوایی گیاه- NHI) می‌باشد (Fageria, 2014). میزان انتقال مجدد نیتروژن از بافت‌های ذخیره‌ای، اهمیت زیادی در کارایی مصرف نیتروژن دانه دارد. مرور منابع موجود حاکی از آن است که تاکنون این مهم تحت مدیریت AWD مطالعه نشده است. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی اثر این مدیریت بر شاخص برداشت نیتروژن دو رقم برنج زودرس در شالیزارهای دارای زهکشی سطحی و زیرزمینی انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه

آزمایش‌های مزرعه‌ای لازم برای این تحقیق، طی سه فصل متوالی کشت برنج (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵) در حدود ۴/۵ هکتار از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر ۹ جاده ساری- دریا انجام شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶/۳۹ درجه شمالی و ۵۳/۰۴ درجه شرقی است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر است. بافت خاک اراضی مورد مطالعه تا عمق دو متری غالباً از نوع سیلتی رسی و از دو تا سه متری غالبا رسی می‌باشد. میزان رس لایه‌های مختلف خاک تا عمق سه متر، از ۴۲ تا ۶۰ درصد متغیر می‌باشد. نیتروژن، کربن آلی، ماده آلی، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک به‌ترتیب در محدوده ۰/۰۸ تا ۰/۴ درصد، ۰/۴ تا ۲/۸ درصد، ۰/۷ تا ۴/۹ درصد، ۷/۳ تا ۸/۲ و ۰/۹ تا ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود.

متوسط بارندگی منطقه، ۶۱۶ میلی‌متر و متوسط دمای هوا ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد است. محدوده تغییرات دما در طی فصول کشت ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۱۵/۴ تا ۳۵ (متوسط ۲۶/۲)، ۱۷/۳ تا ۳۷ (متوسط ۲۷/۴) و ۱۵ تا ۳۷ (متوسط ۲۶/۷) درجه سانتیگراد بود. مجموع بارندگی در این فصول به‌ترتیب ۸۶/۴، ۸۸/۶ و ۸۰/۴ میلی‌متر و کل تبخیر به‌ترتیب ۵۱۵/۳، ۵۱۰/۳ و ۴۹۲/۸ میلی‌متر بود. فصل کشت ۱۳۹۵ با متوسط رطوبت نسبی ۷۴/۲ درصد مرطوب‌ترین بود و پس از آن فصول ۱۳۹۴ و ۱۳۹۳ با رطوبت نسبی به‌ترتیب ۷۲ و ۷۰/۸ درصد قرار داشتند. مجموع ساعات آفتابی فصول ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۷۲۳، ۷۳۵ و ۷۰۵ ساعت بود. روند تغییرات دماهای حداقل و حداکثر به همراه بارندگی و تبخیر روزانه در فصول کشت مختلف در شکل ۱ ارایه شد.

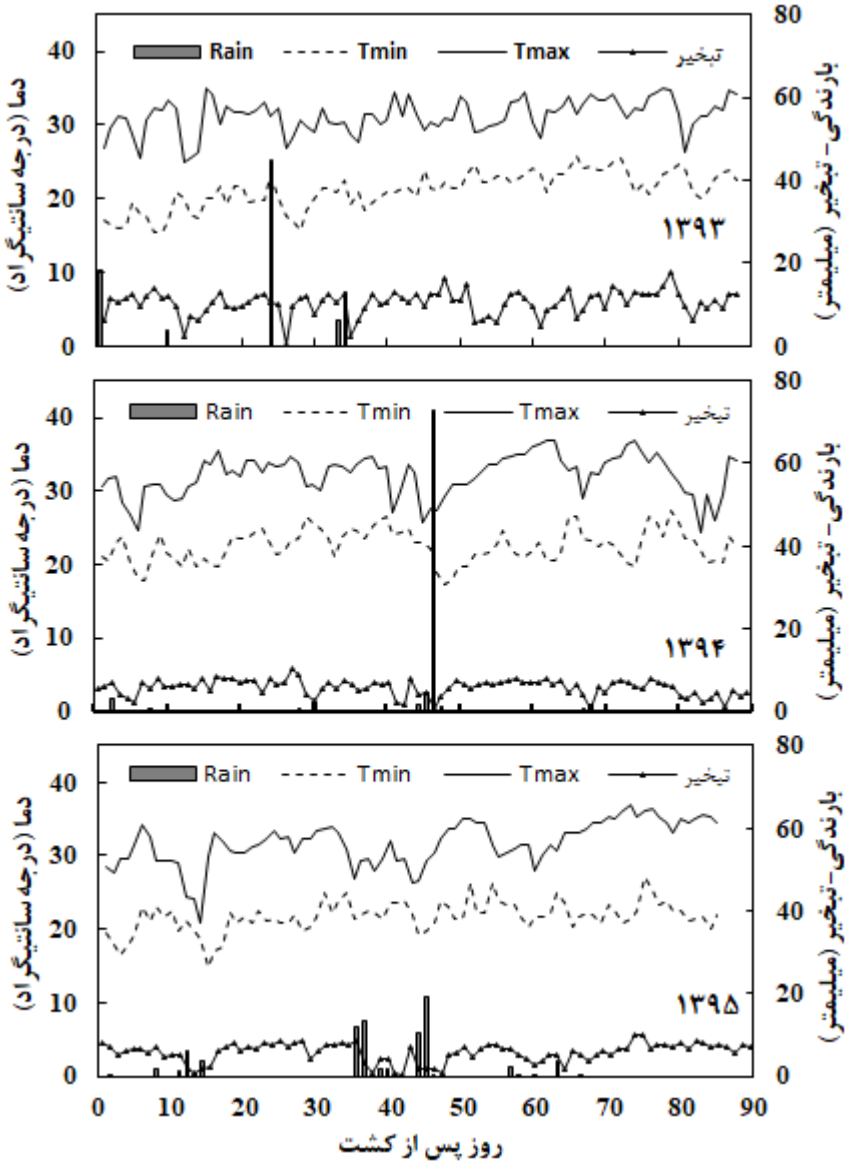
تیمارهای مورد مطالعه

برای رفع مشکل غرقابی و ماندابی در فصول پرباران و بهبود شرایط خشک شدن خاک در دوره‌های خشکی فصل کشت برنج، مزرعه مورد مطالعه به انواع سیستم‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی مجهز شد. این سیستم‌ها شامل سه نوع سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از عمق ۰/۹ متر با فاصله ۳۰ متر (D0.90L30)، عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۳۰ متر (D0.65L30) و عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۱۵ متر (D0.65L15) و یک سیستم زهکشی زیرزمینی دو عمقی متشکل از چهار خط زهکش با فاصله ۱۵ متر و با اعماق ۰/۶۵ و ۰/۹ متر به‌صورت یک‌درمیان (Bilevel) بودند. لوله‌های زهکشی از جنس پی‌وی‌سی موجدار با قطر ۱۰۰ میلی‌متر بودند که آب مازاد داخل خاک را به درون یک نهر جمع‌کننده به عمق ۱/۲ متر تخلیه می‌کردند. این کانال نقش زهکش سطحی را برای اراضی مورد مطالعه دارد که به‌طور معمول به‌عنوان بخشی از عملیات یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری احداث می‌شود. برای بررسی اثر آبیاری و زهکشی متناوب در شالیزارهای متداول و مقایسه آن با

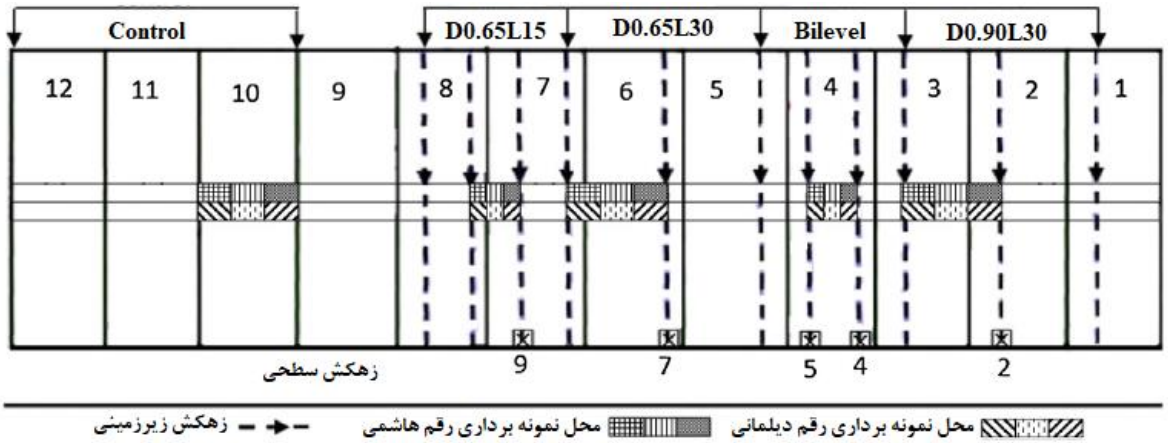
شالیزارهای دارای زهکش زیرزمینی، سه تا از کرت‌هایی که فقط تحت تاثیر نهر جمع‌کننده می‌باشند، به‌عنوان تیمار شاهد (Control) در نظر گرفته شدند. جزییات بیشتر مربوط به تیمارهای زهکشی و سایر خصوصیات در برخی از تحقیقات مرتبط با پایلوت زهکشی زیرزمینی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (Drazi-Naftchali et al., 2017) قابل دسترس می‌باشد. شماتیک جانمایی تیمارهای زهکشی در شکل ۲ ارایه شد.

عملیات زراعی و مدیریتی

دو رقم برنج محلی زودرس در مزرعه مورد مطالعه کشت شد. به‌طورمعمول، این اراضی تحت کشت رقم طارم دیلمانی می‌باشند. برای ارزیابی واکنش یکی دیگر از ارقام محلی منطقه، برنج رقم طارم هاشمی در نواری به عرض پنج متر در وسط کرت‌های ۲، ۴، ۶، ۷، ۱۰ در سطحی حدود ۵ در ۳۰ مترمربع کشت شد. نشاکاری به‌صورت دستی در روزهای ۲۰ اردیبهشت، ۱۴ خرداد و ۱۰ خرداد فصول کشت ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ و برداشت ارقام دیلمانی (هاشمی) در تاریخ‌های ۴ (۱۴) مرداد، ۳۰ مرداد (۶ شهریور) و ۲۷ مرداد (۲ شهریور) انجام شد. کلیه عملیات زراعی به‌استثنای مدیریت آب، مطابق با فعالیت‌های زراعی متداول در منطقه و توسط زارعین محلی انجام شد. برای اعمال AWD، دو دوره خشکی در دوره رشد رویشی برنج اعمال شد. تا حدود ۲۵ روز پس از نشاکاری، برای ایجاد شرایط مناسب برای استقرار نشاها و جلوگیری از رشد علف هرز، آبیاری غرقابی اعمال شد. پس از آن در طی دو دوره تا قبل از گل‌دهی، آبیاری قطع و با باز گذاشتن خروجی زهکش‌های زیرزمینی، شرایط خشک شدن مزرعه فراهم شد. طول دوره زهکشی یا خشکی تا زمانی ظهور ترک‌های کوچک در سطح خاک ادامه یافت. علاوه بر این، در انتهای فصل کشت، برای ایجاد شرایط مناسب برداشت و تردد ماشین‌آلات، مجدد شرایط زهکشی فراهم شد. خلاصه‌ای از فعالیت‌های زراعی و مدیریتی در مدت مطالعه در جدول ۱ ارایه شد.



شکل (۱): روند تغییرات پارامترهای اقلیمی در مدت مطالعه



شکل (۲): شماتیک جانمایی تیمارهای زهکشی در مزرعه (شماره ۱ تا ۱۲ معرف شماره کرت‌های ۳۰ در ۱۰۰ متر مربعی)

جدول (۱): خلاصه‌ای از عملیات‌های زراعی و مدیریتی در طول سه فصل کشت

عملیات زراعی یا مدیریتی	فصل کشت	ملاحظات
کوددهی پایه	۱۳۹۳	۱۰۰، ۱۰۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره
	۱۳۹۴	۵۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره
	۱۳۹۵	۵۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره
کود سرک	۱۳۹۳	۸۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌ترتیب ۱۳ و ۳۱ روز پس از نشاکاری
	۱۳۹۴	۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در ۱۲ روز پس از نشاکاری
	۱۳۹۵	۷۰ کیلوگرم در هکتار اوره ۲۰ روز پس از نشاکاری
سمپاشی	۱۳۹۳	۱۰۰ گرم در هکتار علف کش لانداکس و ۴ لیتر در هکتار علف‌کش رنو استار در ۸ روز پس از نشاکاری، ۲۰ کیلوگرم در هکتار گرانول در ۱۳ روز پس از نشاکاری، ۲ لیتر در هکتار سم بلاست و فنتریتیون در ۴۱ روز پس از نشاکاری
	۱۳۹۴	۳/۵ تا ۴ لیتر در هکتار بوتا کلر در ۱۱ روز پس از نشاکاری، ۲۰ و ۱۵ کیلوگرم درهکتار گرانول در ۲۷ و ۳۷ روز پس از نشاکاری ، ۲ و ۱ لیتر در هکتار دیازینون و هینوزان در ۵۸ روز پس از نشاکاری
	۱۳۹۵	۳ و یک لیتر بوتاکلر و لانداکس ۵ روز پس از نشاکاری، ۰/۵ کیلوگرم در هکتار بلاست ۲۱ روز پس از نشاکاری
آبیاری	۱۳۹۳	۱ تا ۲۴، ۳۵ تا ۴۲ و ۴۷ تا ۷۴ روز پس از کشت
	۱۳۹۴	۱ تا ۲۷، ۳۳ تا ۳۸ و ۴۴ تا ۷۲ روز پس از کشت
	۱۳۹۵	۱ تا ۲۵، ۳۳ تا ۳۸ و ۴۵ تا ۷۱ روز پس از کشت
زهکشی	۱۳۹۳	۲۵ تا ۳۴، ۴۳ تا ۴۷ و ۷۵ تا ۸۸ روز پس از کشت
	۱۳۹۴	۲۸ تا ۳۲، ۳۹ تا ۴۳ و ۷۳ تا ۸۶ روز پس از کشت
	۱۳۹۵	۲۶ تا ۳۲، ۳۹ تا ۴۴ و ۷۲ تا ۸۵ روز پس از کشت

نمونه‌برداری و آنالیز داده‌ها

برای نمونه‌برداری، فاصله بین دو زهکش به نوارهایی به عرض ۵ (برای سیستم‌های زهکشی D0.65L15 و Bilevel) و ۱۰ متر (برای سیستم‌های زهکشی D0.90L30، D0.65L30 و Control) تقسیم شد (شکل ۲). برای حذف اثر حاشیه‌ای، از گیاهان دو ردیف کناری در هر نوار نمونه‌برداری نشد. در زمان برداشت، چهار بوته از سطحی معادل ۰/۲۵ متر مربع (به‌جز گیاهان مرزی)، کف‌بر و عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، بخش‌های مختلف گیاه شامل دانه، برگ و ساقه تفکیک شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک و میزان نیتروژن کل آنها به‌روش کلدال (Keeney and Nelson, 1982) تعیین شد. شاخص برداشت نیتروژن (NHI) به‌صورت نسبت نیتروژن جذب شده در دانه به نیتروژن جذب شده در اندام هوایی گیاه محاسبه شد.

آنالیز مرکب داده‌های سه فصل کشت به صورت آزمایش کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی تیمار زهکشی و عامل فرعی رقم بود. قبل از تجزیه واریانس آزمون بارتلت انجام شد که حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین واریانس سال‌ها بود که بدین معنی است که می‌توان آنالیز مرکب را انجام داد. تجزیه واریانس از طریق مدل خطی عمومی (GLM) و بعد از حصول اطمینان از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثرات مختلف نشان داد که فصل کشت بر درصد نیتروژن دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، مقدار نیتروژن دانه و شاخص برداشت

نیتروژن تاثیر معنی‌داری داشت. همچنین، تاثیر تیمارهای زهکشی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، نیتروژن دانه و شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بود. اثر متقابل سال در رقم بر شاخص برداشت و اثر متقابل تیمار زهکشی در رقم بر نیتروژن بوته معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین درصد نیتروژن دانه، عملکرد بیولوژیک، نیتروژن جذب شده توسط بوته و شاخص برداشت نیتروژن در سه فصل کشت در جدول ۲ ارایه شد. درصد نیتروژن دانه در فصل سوم کشت به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو فصل دیگر بود. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در فصل دوم حاصل شد و مقدار آن در فصول ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵، اختلاف معنی‌داری با فصل ۱۳۹۳ داشت. نیتروژن جذب شده توسط بوته در فصل سوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در فصل دوم بود در حالی‌که اختلاف آن با مقدار جذب شده در فصل اول معنی‌دار نبود. شاخص برداشت نیتروژن در دو فصل ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل دوم بود. توانایی یک گیاه برای جذب نیتروژن به نوع خاک و موجودیت نیتروژن در آن، عوامل محیطی و رقم گیاه بستگی دارد. در حالی‌که محیط احیا و pH کم شرایط مناسبی برای جذب آمونیم هست، pH زیاد و محیط اکسید برای جذب نیترات مناسب هستند (Masclaux-Daubresse et al., 2010). نوع مدیریت مزرعه بجز اندکی تفاوت در کوددهی، در سه فصل کشت تقریبا مشابه بود. در فصول کشت ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در مجموع ۱۹۰، ۱۵۰ و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف شد. در فصل اول، کود اوره در زمان نشاکاری و ۱۳ و ۳۱ روز پس از آن مصرف شد و در دو فصل بعدی در زمان نشاکاری و یک بار پس از آن، به‌صورت سرک استفاده شد. بیشتر بودن جذب حداکثری نیتروژن در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ را می‌توان تا حدی به مصرف بیشتر کود اوره در این فصول مرتبط دانست. گزارش شد که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا حد مشخصی، شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل برگ و در نهایت جذب نیتروژن افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش عملکرد دانه و تولید بیوماس می‌باشد (Salem et al., 2011; Hussaini et al., 2008). از سوی دیگر، بخش قابل توجهی از کود سرک در فصل اول و دوم به‌ترتیب در ۱۳ و ۱۲ روز پس از نشاکاری مصرف شد در حالی‌که در فصل سوم، در ۲۰ روز پس از نشاکاری استفاده شد. به‌نظر می‌رسد، استقرار بهتر بوته برنج با گذشت ۲۰ روز از زمان نشاکاری و افزایش پنجه‌زنی، شرایط بهتری را برای جذب نیتروژن توسط بوته در فصل سوم فراهم نموده است. در تحقیقی، بیشترین مقدار غلظت نیتروژن ساقه برنج در مرحله پنجه‌دهی مشاهده شد و پس از آن به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (Fageria, 2004). با توجه به افزایش قابلیت جذب در این دوره، فراهمی نیتروژن کافی سبب جذب بیشتر در فصل سوم شد. علاوه بر این، یکی دیگر از دلایل موثر بر جذب بیشتر نیتروژن در فصل اول در مقایسه با فصل دوم، می‌تواند مصرف تقسیطی کود اوره در فصل اول باشد. تاثیر بهتر تقسیط مصرف کود نیتروژنی قبلا به اثبات رسیده است (Hirzel et al., 2011). در برخی تحقیقات، انتقال بیشتر مواد غذایی از خاک به‌داخل اندام گیاهی را به‌دلیل افزایش تعرق در نتیجه افزایش دما نیز عنوان کردند (Ge et al., 2016; Wang et al., 2018). بررسی تغییرات کلیه پارامترهای اقلیمی در فصول مختلف حاکی از آن است که این پارامترها نمی‌توانند اثر افزایشی بر هم داشته باشند و سبب اختلاف قابل توجه در میزان تعرق گیاه شوند. از سوی دیگر، گزارش شد که تابش خورشیدی به‌عنوان منبع اصلی انرژی برای تبخیر- تعرق (Gad and Gayar, 2010)، از اهمیت بیشتری در کنترل این مولفه بیلان آب در مناطق مرطوب مانند منطقه مطالعه برخوردار است (Tabari et al., 2013). متوسط دمای هوا در فصل دوم به‌ترتیب حدود ۱/۲ و ۰/۷ درجه سانتیگراد بیشتر از مقدار آن در فصل اول و سوم بود لکن رطوبت نسبی در این فصل تقریبا حد وسط فصول اول و سوم بود. میزان ساعات آفتابی در فصل اول بیشتر از فصل سوم بود لکن دمای هوا و رطوبت نسبی در فصل

سوم بیشتر از فصل اول بود که می‌تواند اثر افزایشی آن را خنثی کند.

متوسط عملکرد بیولوژیک در سال ۱۳۹۴، به‌ترتیب ۱۹۶۱ و ۱۳۱ کیلوگرم در هکتار بیشتر از سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ بود. به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی این اختلاف، تفاوت دمای هوا در سه فصل کشت بود. بر اساس نتایج یک تحقیق، تولید بیوماس برنج تا دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (Luo et al., 2011). متوسط دمای هوا در طی فصول کشت ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۲۶/۲، ۲۷/۴ و ۲۶/۷ درجه سانتیگراد بود. با توجه به اینکه کشت برنج در سال ۱۳۹۴ دیرتر از دو فصل دیگر انجام شد، دماهای کمینه و بیشینه ثبت شده در این فصل نیز بیشتر از دو فصل دیگر بود. متوسط دماهای کمینه در این سه فصل به‌ترتیب ۲۱/۱، ۲۲/۵ و ۲۱/۷ و دماهای بیشینه به‌ترتیب ۳۱/۳، ۳۲/۲ و ۳۱/۷ درجه سانتیگراد بودند.

تغییرات NHI در سال‌های مختلف متناسب با مصرف کود اوره بود به‌طوری‌که کمترین و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب مربوط به مصرف ۱۵۰ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود. عدم اختلاف معنی‌دار این شاخص در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ نشان‌دهنده تاثیرگذاری نسبتا مشابه مصرف ۱۷۰ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره در این دو سال می‌باشد. شاخص برداشت نیتروژن بسته به رقم برنج، شرایط خاک (Ye et al., 2007) و مدیریت مزرعه متغیر می‌باشد. مقادیر NHI مشاهده شده در این پژوهش (۳۱/۴۵-۵۸/۶۸ درصد)، قابل مقایسه با مقادیر گزارش شده برای ارقام مختلف برنج: بین ۳۳/۹ تا ۶۵ درصد (Zhu et al., 2016)، ۵۰/۲ تا ۶۸/۷ درصد (Jian et al., 2014) و ۰/۶۷۴ تا ۰/۹۱۷ (Ye et al., 2007) می‌باشد. نتایج برخی تحقیقات نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن سبب کاهش NHI شد و دلیل آن، جذب نیتروژن اضافی توسط ساقه ذکر شد (Ye et al., 2007; Chen et al. 2014; Jian et al., 2014). عدم مشاهده این شرایط در تحقیق حاضر نشان‌دهنده آن است که میزان کود اوره مصرفی کمتر از حد لازم برای دستیابی به پتانسیل عملکرد این ارقام بود.

مقادیر شاخص برداشت ارقام برنج طی سه فصل کشت در جدول ۳ ارایه شد. شاخص برداشت رقم هاشمی در فصل کشت ۱۳۹۵ به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در رقم دیلمانی بودند. به‌جز در فصل ۱۳۹۳، مقدار شاخص برداشت رقم هاشمی بیشتر از مقدار آن در رقم دیلمانی بود.

جدول (۲): میانگین درصد نیتروژن دانه، عملکرد بیولوژیک، نیتروژن جذب شده توسط دانه و شاخص برداشت نیتروژن در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵.

سال	درصد نیتروژن دانه	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن جذب شده توسط بوته (کیلوگرم در هکتار)	NHI (درصد)
۱۳۹۳	۱/۹۰^{b}	۱۳۰۳۹/۰۰^{b}	۱۰۱/۸۲^{ab}	۶۸/۴۵^{a}
۱۳۹۴	۱/۸۸^{b}	۱۵۰۰۰/۰۰^{a}	۹۱/۴۲^{b}	۵۸/۳۱^{b}
۱۳۹۵	۲/۰۹^{a}	۱۴۸۶۹/۲۰^{a}	۱۱۴/۱۵^{a}	۶۸/۲۴^{a}

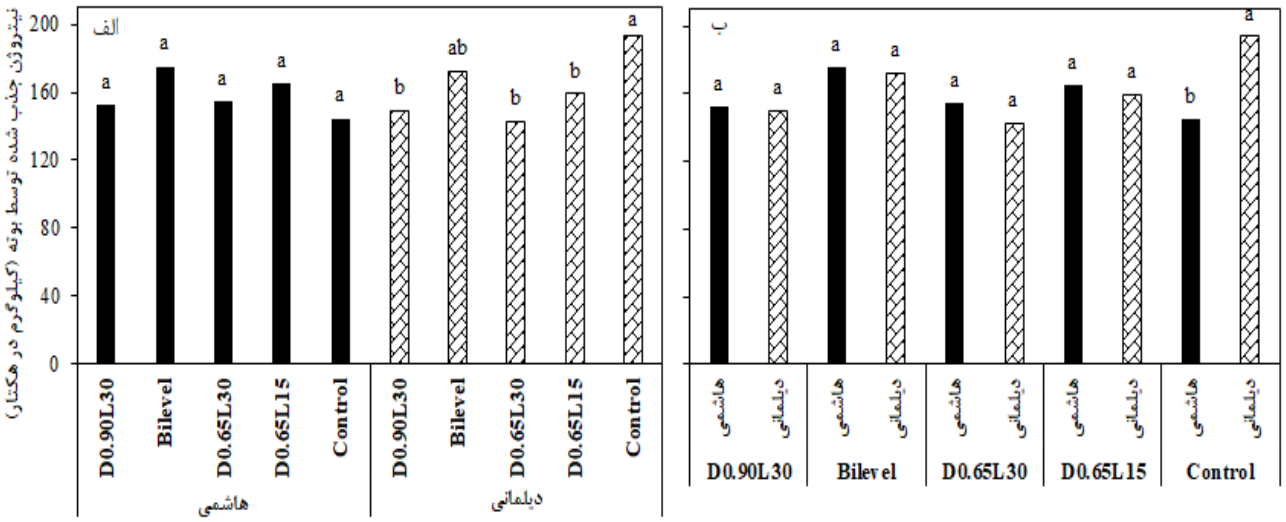
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول (۳): میانگین شاخص برداشت دو رقم برنج در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵.

رقم	شاخص برداشت (درصد)		
	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
هاشمی	۴۰/۲۲[a]	۳۳/۵۹[a]	۳۷/۶۳[a]
دیلمانی	۴۱/۶۴[a]	۳۲/۱۴[a]	۳۵/۲۷[b]

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

میانگین نیتروژن جذب شده توسط بوته تحت تاثیر تیمارها و ارقام مختلف در شکل ۳ ارایه شد. تنها اختلاف معنی‌دار بین نیتروژن بوته دو رقم برنج در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمارهای زهکشی زیرزمینی، نیتروژن جذب شده توسط بوته رقم هاشمی عموما بیشتر از میزان آن در رقم دیلمانی بود در حالی‌که عکس این روند در تیمار شاهد مشاهده شد. مقایسه اثر تیمارهای زهکشی حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین نیتروژن بوته رقم هاشمی در تیمارهای مختلف می‌باشد. با این وجود، مقدار نیتروژن بوته در منطقه تحت پوشش زهکش‌های زیرزمینی بیشتر از تیمار شاهد بود. تیمار Bilevel بیشترین جذب نیتروژن در رقم دیلمانی را سبب شد و پس از آن به‌ترتیب تیمارهای D0.65L15، D0.65L30، D0.90L30 و Control قرار داشتند. در رقم دیلمانی واکنش متفاوتی مشاهده شد به‌طوری‌که کمترین جذب در تیمار D0.65L30 و بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد رخ داد. میزان جذب رقم‌های هاشمی و دیلمانی در تیمارهای مختلف به‌ترتیب بین ۱۴۴/۶ تا ۱۷۵/۲ و ۱۴۲/۴ تا ۱۹۳/۷ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در یک تحقیق مزرعه‌ای، میزان نیتروژن جذب شده توسط بوته ارقام مختلف برنج تحت تیمارهای مختلف کودی از ۱۱۱/۸ تا ۲۳۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شد و با افزایش مصرف کود نیتروژنی، میزان جذب توسط بوته افزایش یافت (Jian et al., 2014). تاثیر متفاوت سیستم‌های زهکشی بر جذب نیتروژن بوته در دو رقم می‌تواند منشعب از تفاوت واکنش این دو رقم به تنش خشکی باشد. به‌نظر می‌رسد اعمال زهکشی از طریق سیستم‌های زهکشی زیرزمینی سبب وقوع تنش خشکی بیشتر از حد قابل تحمل توسط رقم دیلمانی شد که نتیجه آن کاهش جذب نیتروژن بوته در این سیستم‌ها بود. به‌عبارت دیگر، رطوبت بیشتر خاک در تیمار شاهد، شرایط مطلوب‌تری را برای جذب نیتروژن در رقم دیلمانی فراهم نمود. نتایج تحقیقات گذشته حاکی از تاثیر متفاوت تنش خشکی بر جذب نیتروژن می‌باشد به‌طوری‌که در برخی موارد سبب کاهش جذب (Mote et al., 2017) و در مواردی سبب افزایش آن شد (Talouizite and Champigny, 1988). با توجه به حلالیت نیتروژن در آب، جذب آن به عوامل مختلفی مانند جریان آب از خاک به سمت سیستم ریشه، توزیع نیتروژن و ریشه در پروفیل خاک و جریان پخشیدگی یون در ریزوسفر بستگی دارد (Gonzalez-Dugo et al., 2010).



شکل (۳): میانگین نیتروژن جذب شده توسط بوته دو رقم برنج در هر تیمار زهکشی (الف) و در هر رقم (ب). ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

اثر سیستم‌های مختلف زهکشی بر میانگین عملکرد دانه، نیتروژن جذب شده توسط دانه، شاخص برداشت و شاخص برداشت نیتروژن در جدول ۴ ارایه شد. عملکرد برنج در تیمار Bilevel اختلاف معنی‌داری با مقدار آن در تیمارهای D0.65L30، D0.65L15 و Control داشت. کمترین و بیشترین عملکرد برنج در مدت مطالعه به ترتیب در تیمار شاهد (۴۶۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار Bilevel (۵۶۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. اعمال خشکی از طریق سیستم-های زهکشی زیرزمینی منجر به افزایش قابل توجه عملکرد (۴۰۹/۲ تا ۹۴۵/۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سیستم متداول یا زهکشی سطحی شد. برخی از دلایل مرتبط با کارایی بهتر این سیستم‌ها می‌تواند شامل تاثیر بیشتر آنها در کاهش عمق سطح ایستابی طی دوره‌های کوتاه مدت زهکشی در طول سه فصل کشت برنج، تامین اکسیژن مورد نیاز گیاه در منطقه ریشه و توسعه بیشتر ریشه باشد. به‌طور کلی، افزایش عملکرد برنج به‌واسطه خشک و مرطوب شدن متناوب در تحقیقات مختلف مورد تایید قرار گرفت (Liu et al., 2013; Lampayan et al., 2015a). برای اجتناب از اثرات منفی تنش خشکی بر عملکرد برنج، باید دوره-های تنش خشکی با شرایط فیزیولوژیکی ارقام تحت کشت مطابقت داشته باشند.

اختلاف نیتروژن جذب شده توسط دانه در تیمارهای مختلف عموما متناسب با تغییرات عملکرد دانه بود. بیشترین نیتروژن جذب شده توسط دانه مربوط به تیمار Bilevel بود و پس از آن به‌ترتیب تیمارهای D0.90L30، D0.65L15، D0.65L30 و Control قرار داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و میزان جذب نیتروژن در برخی تحقیقات گذشته به اثبات رسید (Raj et al., 2019). تغییرات شاخص برداشت نیز عموما متناسب با تغییرات عملکرد دانه بود. همبستگی این شاخص با عملکرد برنج در تحقیقات گذشته نیز نشان داده شد (Drazi-Naftchali and Shahnazari, 2014). مقدار شاخص برداشت در محدوده ۳۸/۹۲- ۳۲/۴۲ درصد قرار داشت که با محدوده مذکور برای ارقام مختلف برنج (۰/۵۶- ۰/۱۷: Yang and Zhang, 2010)، تطابق دارد. اختلاف بین NHI در تیمارهای زهکشی زیرزمینی با تیمار شاهد به جز تیمار D0.65L15 معنی‌دار بود. بیشترین مقدار این شاخص مربوط به D0.90L30 و پس از آن به‌ترتیب تیمارهای Bilevel، D0.65L30، D0.65L15 و Control قرار داشتند. مقایسه NHI در تیمارهای مختلف حاکی از آن است که بخش بیشتری از نیتروژن جذب شده توسط برنج در تیمارهای زهکشی زیرزمینی در مقایسه با تیمار شاهد به دانه منتقل شد. صالحی

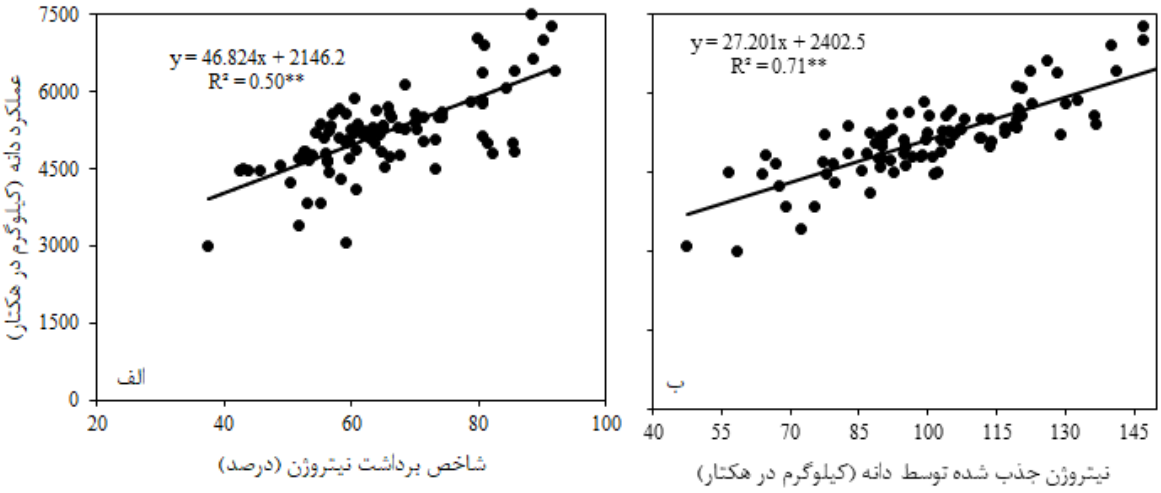
هیکویی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که آبیاری و زهکشی متناوب سبب تکمیل سریع‌تر رشد رویشی و ورود به مرحله زایشی در تیمارهای زهکشی زیرزمینی در مقایسه با کرت فاقد زهکشی زیرزمینی شد. به عبارت دیگر، بخش بیشتری از مواد غذایی جذب شده در تیمارهای زهکشی زیرزمینی صرف تولید دانه شده در حالی‌که در مزرعه شاهد صرف ادامه رشد رویشی می‌شود

جدول (۴) میانگین عملکرد دانه، نیتروژن جذب شده توسط دانه، شاخص برداشت و شاخص برداشت نیتروژن در تیمارهای مختلف زهکشی.

تیمار زهکشی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)
D0.9-L30	۵۵۴۷/۸۰^{ab}	۱۰۹/۵۷^{ab}	۳۸/۳۴^{ab}	۷۲/۷۳^{a}
Bilevel	۵۶۱۲/۵۰^{a}	۱۱۷/۷۳^{a}	۳۸/۹۲^{a}	۶۸/۰۱^{ab}
D0.65-L30	۵۰۷۶/۵۰^{c}	۹۶/۲۳^{c}	۳۷/۷۲^{ab}	۶۵/۲۴^{b}
D0.65-L15	۵۰۸۰/۴۰^{bc}	۱۰۰/۲۰^{bc}	۳۶/۳۵^{b}	۶۲/۶۹^{bc}
Control	۴۶۶۷/۳۰^{c}	۸۸/۵۹^{c}	۳۲/۴۲^{c}	۵۶/۳۲^{c}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

رابطه بین عملکرد دانه برنج با NHI و نیتروژن جذب شده در شکل ۴ ارایه شد. ارتباط خطی و معنی-داری بین این دو پارامتر و عملکرد دانه وجود داشت. به‌عبارت دیگر، افزایش جذب نیتروژن توسط دانه سبب افزایش قابل توجه NHI و عملکرد دانه شد. روابط مشابهی در برخی تحقیقات گذشته نشان داده شد (Fagira et al., 2011; Fageria, 2014). به‌طور کلی، هر واحد افزایش NHI سبب افزایش عملکرد دانه برنج به میزان ۴۶/۸ کیلوگرم در هکتار شد. همچنین، هر واحد افزایش نیتروژن دانه در ارقام برنج سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۷/۲ کیلوگرم در هکتار شد. با توجه به این روابط، باید با اتخاذ راهکارهای مناسب و افزایش انتقال نیتروژن جذب شده توسط گیاه به دانه و ارتقای شاخص برداشت نیتروژن، میزان بهره‌وری تولید به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی را افزایش داد. مصرف به موقع و به اندازه کود نیتروژن و کشت لگوم‌ها در تناوب زراعی در افزایش بهره‌وری مصرف کود نیتروژنی موثر می‌باشند (Fageria, 2014) که نتیجه آن، کاهش اثرات زیست محیطی مرتبط می‌باشند.



شکل (۴): رابطه بین عملکرد دانه با NHI (الف) و نیتروژن جذب شده توسط دانه (ب) دو رقم برنج در سه سال.

نتیجه‌گیری

با توجه به مصرف زیاد آب و کودهای شیمیایی در اراضی شالیزاری و نگرانی‌های زیست محیطی مرتبط، در این تحقیق اثر آبیاری و زهکشی متناوب در فصل کشت برنج بر شاخص برداشت نیتروژن در مزرعه دارای سیستم‌های مختلف زهکشی سطحی و زیرزمینی بررسی شد. افزایش جذب نیتروژن در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی در مقایسه با مزرعه شاهد سبب افزایش قابل توجه نیتروژن دانه و NHI (به‌ترتیب به میزان ۱۹/۵ و ۱۹/۳ درصد) شد. در نتیجه افزایش انتقال نیتروژن به دانه برنج، عملکرد دانه برنج و شاخص برداشت تحت زهکشی زیرزمینی به میزان ۱۴/۲ و ۱۶/۶ درصد در مقایسه با مزرعه شاهد افزایش یافت. به‌طور کلی، هر واحد افزایش NHI سبب شد عملکرد دانه به مقدار قابل توجهی افزایش یابد. بر اساس نتایج، تلفیق زهکشی زیرزمینی و آبیاری و زهکشی متناوب در مزارع برنج می‌تواند با فراهم نمودن شرایط مناسب برای ارتقای بهره‌وری نیتروژن، کارایی هزینه‌های مرتبط با مصرف نیتروژن را افزایش و نگرانی‌های زیست محیطی مرتبط را کاهش دهد.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری تحت قرارداد با شماره ۰۲-۱۳۹۷-۰۲ انجام شد که به این‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

صالحی هیکویی، م.، ع. درزی نفت‌چالی، ع. شاهنظری و م. جعفری. ۱۳۹۶. بررسی اثر مدیریت آبیاری در شالیزارهای مجهز به زهکشی زیرزمینی بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و عملکرد دانه برنج. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۲۷: ۱۰۷-۱۱۹.

Boling, A.A., B.A.M. Bouman, T.P.Tuong, Y.Konboon and D. Harnpichitvitaya. 2011. Yield gap analysis and the effect of nitrogen and water on photoperiod-sensitive Jasmine rice in north-east Thailand. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 58, 1–2: 11-19.

Chen, C., W.E. Baethgen and A. Robertson. 2012. Contributions of individual variation in temperature, solar radiation and precipitation to crop yield in the North China Plain, 1961–2003. Climatic Change, 116, 3: 767- 788.

Chen, S., X. Zheng, D.Y. Wang, C.M. Xu and X.F. Zhang. 2014. Effect of enhanced panicle fertilization on nitrogen use efficiency traits of rice (Oryza sativa) with different planting patterns. Journal of Plant Nutrition, 37:1316–1326.

Chu, G., T. Chen, Z. Wang, J. Yang and J. Zhang. 2014. Morphological andphysiological traits of roots and their relationships with water productivity inwater-saving and drought-resistant rice. Field Crops Research, 162: 108–119.

Darzi-Naftchali, A., H. Ritzema, F. Karandish, A. Mokhtassi-Bidgoli and M. Ghasemi-Nasr. 2017. Alternate wetting and drying for different subsurface drainage systems to improve paddy yield and water productivity in Iran. Agricultural Water Management, 193: 221–231.

Darzi-Naftchali, A. and A. Shahnazari. 2014. Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields. European Journal of Agronomy, 56: 1–8.

Fageria, N.K. 2014. Nitrogen harvest index and its association with crop yields, journal of plant nutrition, 37, 6: 795-810.

Fageria, N.K. 2004. Dry Matter Yield and Nutrient Uptake by Lowland Rice at Different Growth Stages. Journal of Plant Nutrition, 27 (6): 947–958.

FAO, 2020. http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN. Date visited: 30/03/2020.

Fischer, K.S. 2000. Frontier Project on nitrogen fixation in rice: looking ahead. In The Quest for Nitrogen Fixation in Rice. Eds. J K. Ladha and P M Reddy. pp. 25–31. International Rice Research Institute, Makati City, Philippines.

Gad, H.E. and S.M.E. Gayar. 2010. Effect of solar radiation on the crops evapotranspiration in Egypt. Fourteenth International Water Technology Conference, IWTC 14 2010, Cairo, Egypt.

Ge, L., L. Cang, J. Yang and D. Zhou. 2016. Effects of root morphology and leaf transpiration on cd uptake and translocation in rice under different growth temperature. Environ. Sci. Pollut. R 23 (23): 24205‑24214.

Gonzalez-dugo, V., J.L. Durand and F. Gastal. 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. Agronomy for Sustainable Development, 30: 529–544.

Haefele, S.M., S.M.A. Jabbar, J.D.L.C. Siopongco, A. Tirol-Padre, S.T. Amarante, P.C. Sta Cruz and W.C. Cosico. 2008. Nitrogen use efficiency in selected rice (Oryza sativa L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. Field Crops Research, 107(2): 137–146.

Hirzel, J., A. Pedreros and K. Cordero. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH 71(3): 437-444.

Huang, S., C. Zhao, Y. Zhang and C. Wang. 2018. Nitrogen Use Efficiency in Rice. Nitrogen in Agriculture - Updates. doi:10.5772/intechopen.69052.

Hussaini, M.A., V.B. Ogunlela, A.A. Ramalan and A.M. Falaki. 2008. Mineral composition of dry season maize (Zea mays L.) in response to varying levels of nitrogen, phosphorus and irrigation at Kadawa, Nigeria. World J. Agric. Sci., 4: 775-780.

Jian Z.P., F. Wang, Z.Z. Li, Y.T. Chen, X.C. Ma, L.X. Nie, K.H. Cui, S.B. Peng, Y.J. Lin, H.Z. Song, Y. Li and J.L. Huang. 2014. Grain yield and nitrogen use efficiency responses to N application in Bt (Cry1Ab/Ac) transgenic two-line hybrid rice. Field Crops Research 155: 184–191.

Jing, Q., H. Van Keulen, H. Hengsdijk, W. Cao, P.S. Bindraban, T. Dai and D. Jiang. 2009. Quantifying N response and N use efficiency in rice–wheat (RW) cropping systems under different water management. Journal of Agricultural Sciences, 147: 303–312.

Karandish, F., A.Y. Hoekstra and R.J. Hogeboom. 2018. Groundwater saving and quality improvement by reducing water footprints of crops to benchmarks levels. Advances in Water Resources, 121: 480–491.

Keeney, D.R. and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. In: Methods of soilanalysis, agronomy monograph 9, Part 2 (2nd ed. pp. 643–698), Am. Soc.Agron., Madison.

Mote, K., V. Praveen Rao, K. Avil Kumar, V. Ramulu and M. Uma Devi. 2017. Dynamics of Nitrogen Uptake under Alternate Wetting and Drying Method of Water Management in Low Land

Rice (Oryza sativa). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(2): 909-921.

Ladha, J.K. and P.M. Reddy. 2003. Nitrogen fixation in rice systems: state of knowledge and future prospects. Plant and Soil, 252(1): 151–167.

Lampayan, R.M., R.M. Rejesus, G.R. Singleton B.A. Bouman. 2015a. Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. Field Crops Research, 170: 95–108.

Lampayan, R.M., K.C. Samoy-Pascual, E.B. Sibayan, V.B. Ella, O.P. Jayag, R.J. Cabangon and B.A.M. Bouman. 2015b. Effects of alternate wetting and drying (AWD) threshold level and plant seedling age on crop performance, water input, and water productivity of transplanted rice in Central Luzon, Philippines. Paddy Water Environment, 13 (3), 215–227.

Li, S., T. Wheeler, A. Challinorc, E. Lind, H. Jud and Y. Xud. 2010. The observed relationships between wheat and climate in China. Agricultural and Forest Meteorology, 150: 1412-1419.

Liu, L., T. Chen, Z. Wang, H. Zhang, J. Yan 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, 154: 226–235.

Luo, Q. 2011. Temperature thresholds and crop production: a review. Climatic Change, 109: 583–598.

Masclaux-Daubresse, C., F. Daniel-Vedele, J. Dechorgnat, F. Chardon, L. Gaufichon and A. Suzuki, 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Annals of Botany, 105: 1141–1157.

Mi, W., S. Zheng, X. Yang, L. Wu, Y. Liu and J. Chen. 2017. Comparison of yield and nitrogen use efficiency of different types of nitrogen fertilizers for different rice cropping systems under subtropical monsoon climate in China. European Journal of Agronomy, 90, 78–86.

Norton, G.J., S.R.M. Pinson, J. Alexander, S. Mckay, H. Hansen, G.L. Duan, M. RafiqulIslam, S. Islam et al. 2012. Variation in grain arsenic assessed in a diverse panel of rice (Oryza sativa) grown in multiple sites. New Phytologist, 193: 650–664.

Raj, A., B. Chakrabarti, H. Pathak, S.D. Singh, U. Mina and T.J. Purakayastha. 2019. Growth, yield and nitrogen uptake in rice crop grown under elevated carbon dioxide and different doses of nitrogen fertilizer. Indian Journal of Experimental Biology, 57: 181-187.

Raun,W.R. and G.V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy journal, 91: 357–363.

Ray, D.K., N.D.Mueller, P.C. West and J.A. Foley. 2013. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. PLoS ONE 8(6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428.

Salem, A.K.M., W.M. ElKhoby, A.B. Abou-Khalifa and M. Ceesay. 2011. Effect of nitrogen fertilizer and seedling age on inbred and hybrid rice varieties. American-Eurasian J. Agric. Environmental Sciences, 11: 640-646.

Tabari, H., M.E. Grismer and S. Trajkovic. 2013. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. Irrigation Science, 31: 107-117.

Talouizite A. and M.L. Champigny, 1988. Response of wheat seedlings to short-term drought stress with particular respect to nitrate utilisation, Plant Cell Environment, 11: 149–155.

Tilman, D., C. Balzer, J. Hill and B.L. Befort. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proc Natl Acad Sci USA 108: 20260–20264.

Wissuwa, M., A.M. Ismail and R.D. Graham. 2008. Rice grain zinc concentrations asaffected by genotype, native soil-zinc availability, and zinc fertilization. Plant Soil, 306: 37–48.

Wang, J., L. Li, S.K. Lam, X. Zhang, X. Liu and G. Pan. 2018. Changes in nutrient uptake and utilization by rice under simulated climate change conditions: A 2-year experiment in a paddy field. Agricultural and Forest Meteorology, 250–251, 202–208.

Yang, J. and J. Zhang. 2010. Crop management techniques to enhance harvest index in rice. Journal of Experimental Botany, 61: 3177–3189.

Ye, Y., X. Liang, Y. Chen, J. Liu, J. Gu, R. Guo and L. Li. 2013. Alternate wetting anddrying irrigation and controlled ‒release nitrogen fertilizer in late –season rice. Effect on dry matter accumulation, yield, water and nitrogen use. Field Crop Research, 144: 212–224.

Ye, Q., H. Zhang, H. Wei, Y. Zhang, B. Wang, K. Xia and K. Xu. 2007. Effects of nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency and yield of rice under different soil conditions. Frontiers of Agriculture in China, 1(1): 30–36.

Zhang, F.S., Z.L. Cui and M.S. Fan. 2011. Integrated soil-crop system management: Reducing environmental risk while increasing crop productivity and improving nutrient use efficiency in china. Journal of Environmental Quality, 40: 1051-1057.

Zhu, G., S. Peng, J. Huang, K. Cui, L. Nie and F. Wang. 2016. Genetic Improvements in Rice Yield and Concomitant Increases in Radiation- and Nitrogen-Use Efficiency in Middle Reaches of Yangtze River. Scientific reports, 6, 21049. https://doi.org/10.1038/srep21049.

Influence of intermittent irrigation and drainage on uptake and harvest index of nitrogen of two rice cultivars

Abdullah-Darzi Naftchali[1], Ali Mokhtassi-Bidgoli[2]

Abstract

Due to the increasing environmental and economic costs associated with nitrogen (N) consumption, improving N use efficiency in rice cultivation systems is of great importance. In this regard, the combined effect of different surface and subsurface drainage systems and water management on the nitrogen harvest index (NHI) of rice was investigated. During three rice growing seasons (2014 to 2016), two rice varieties of Tarom Hashemi and Tarom Daylmani were cultivated under alternate wetting and drying in paddy fields with surface and subsurface drainage systems. At harvest, grain yield and biomass and plant and seed nitrogen were measured. The NHI was determined as the ratio of grain nitrogen to nitrogen absorbed by aboveground part of plant. The amount of NHI was directly related to the amount of urea fertilizer used, varying between 58.31 and 68.45 in different seasons. The average nitrogen absorbed by the Hashemi and Daylmani plants in the subsurface drainage systems was 161.7 and 155.7 kg ha-1, respectively, and in the control was 144.7 and 193.7 kg ha-1, respectively. Also, the average grain yield, grain nitrogen, harvest index and NHI in the subsurface drainage systems were 5329.3 kg ha-1, 105.9 kg ha-1, 37.8% and 67.2%, respectively, and in the control treatment was 4667.7 kg ha-1, 88.6 kg ha-1, 32.4% and 56.3%, respectively. Based on the results, drainage through subsurface drainage systems under intermittent irrigation and drainage management can improve the N use efficiency in rice cropping system.

Keywords: Nitrogen uptake, rice yield, subsurface drainage, water management.

[1] Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: abdullahdazi@yahoo.com, adarzi@sanru.ac.ir.
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Email: amokhtassi@yahoo.com

Influence of intermittent irrigation and drainage on uptake and harvest index of nitrogen of two rice cultivars

Abdullah-Darzi Naftchali[1], Ali Mokhtassi-Bidgoli[2]

Introduction

Flooding irrigation is common water management strategy in paddy fields. However, due to limited water resources, in recent years, many efforts have been made to increase water use efficiency in the fields by improving water management, which has resulted in the introduction of methods such as water table control, mid-season drainage (MSD) and alternate wetting and drying (AWD). In the AWD management, the paddy field is not permanently submerged and the soil moisture regime fluctuates between saturated and unsaturated. The results of some studies indicated that AWD, compared with MSD, improves rice yield and water use efficiency, decreases accumulation of arsenic in rice grain and increases the uptake of some micronutrients such as zinc. In addition, it was reported that AWD would significantly increase nitrogen uptake by rice plants. One of the important criteria for determining the efficiency of nitrogen uptake is the nitrogen uptake index (NHI). Nitrogen remobilization rate from storage tissues is very important in grain nitrogen consumption efficiency. A review of available sources indicates that this issue has not yet been studied under AWD. Due to the increasing environmental and economic costs associated with nitrogen (N) consumption, improving N use efficiency in rice cultivation systems is of great importance. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of AWD on NHI of two early- matured rice cultivars in paddy fields with surface and subsurface drainage systems.

Methodology

In this research, the combined effect of different surface and subsurface drainage systems and water management on NHI of rice was investigated. The subsurface drainage systems were D0.90L30, D0.65L30, D0.65L15 (the values after D and L indicate the depth and spacing of the pipe drains) and Bilevel, a subsurface drainage system consisting of four drain lines with 15 m spacing and 0.65 and 0.90 m depths as alternate. A paddy plot which was only under the influence of an open drain, same as the drainage canal in consolidated paddy fields, was considered as control plot. During three rice growing seasons (2014 to 2016), two rice varieties of Tarom Hashemi and Tarom Daylmani were cultivated under AWD in the study field. Under the AWD strategy, two drainage periods were adopted during vegetative growth period of the crop. Moreover, a drainage period of 7-14 days was practiced at the end of the growing season, to provide suitable condition for harvest. Unless drainage periods, a water layer of about 5 cm was maintained in the paddy plots. At harvest, grain and biological yield and plant and seed nitrogen were measured. The NHI was determined as the ratio of grain nitrogen to nitrogen absorbed by aboveground part of plant.

[1] Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: abdullahdazi@yahoo.com, adarzi@sanru.ac.ir. Email: abdullahdarzi@yahoo.com; adarzi@sanru.ac.ir
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Tehran, Iran. Email: amokhtassi@yahoo.com

Discussion and Conclusion

The amount of NHI was directly related to the amount of urea fertilizer used, varying between 58.31 and 68.45 in different seasons. Increased nitrogen uptake in subsurface- drained area compared to the control plot caused a significant increase in grain nitrogen and NHI, 19.5% and 19.3%, respectively. The average nitrogen uptake of the Hashemi and Daylmani plants in the subsurface drainage systems was 161.7 and 155.7 kg ha-1, respectively, and in the control was 144.7 and 193.7 kg ha-1, respectively. As a result of increase in nitrogen transport to rice grain, grain yield and harvest index increased by 14.2% and 16.6% in subsurface drainage systems compared to the control field. The average grain yield, grain nitrogen, harvest index and NHI in the subsurface drainage systems were 5329.3 kg ha-1, 105.9 kg ha-1, 37.8% and 67.2%, respectively, and in the control treatment was 4667.7 kg ha-1, 88.6 kg ha-1, 32.4% and 56.3%, respectively. According to the results, a combination of subsurface drainage and AWD during rice growing season in paddy fields can increase the efficiency of nitrogen-related costs and reduce related environmental concerns by providing suitable conditions for improving nitrogen use efficiency.

The most important references

Fageria, N.K. 2014. Nitrogen harvest index and its association with crop yields, journal of plant nutrition, 37, 6: 795-810.

Fageria, N.K. 2004. Dry Matter Yield and Nutrient Uptake by Lowland Rice at Different Growth Stages. Journal of Plant Nutrition, 27 (6): 947–958.

Jian Z.P., F. Wang, Z.Z. Li, Y.T. Chen, X.C. Ma, L.X. Nie, K.H. Cui, S.B. Peng, Y.J. Lin, H.Z. Song, Y. Li and J.L. Huang. 2014. Grain yield and nitrogen use efficiency responses to N application in Bt (Cry1Ab/Ac) transgenic two-line hybrid rice. Field Crops Research 155: 184–191.

Wang, J., L. Li, S.K. Lam, X. Zhang, X. Liu and G. Pan. 2018. Changes in nutrient uptake and utilization by rice under simulated climate change conditions: A 2-year experiment in a paddy field. Agricultural and Forest Meteorology, 250–251, 202–208.

Keywords: Nitrogen uptake, rice yield, subsurface drainage, water management.