تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.3819.1921

مقاله پژوهشی

تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ماده خشک کل در ارقام هاشمی و گیلانه برنج

سجاد عیسی‌پورنخجیری[۱]، مجید عاشوری[۲*]، سید مصطفی صادقی[۲]، ناصر محمدیان روشن[۳]، مجتبی رضایی[۴]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۴. استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ضریب خاموشی نور
کلروفیل‌متر
گیلانه
محتوای نسبی آب برگ

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۰/۱۳

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۱

۱۵(۲): ۳۱۵-۳۲۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی پاسخ صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک برگ به تنش خشکی و مصرف کود نیتروژن در دو رقم برنج در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در رشت اجرا گردید. طرح آزمایشی مورداستفاده کرت‌های دوبار خردشده با سه تکرار بود. فاکتور اصلی آبیاری در سه سطح غرقاب، دور آبیاری ۷ و ۱۴ روز و کرت‌های فرعی کود نیتروژن در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و نتایج نشان داد که اثر سال بر ارتفاع ساقه، طول، عرض و محتوای نسبی آب برگ پرچم، عدد کلروفیل‌متر و ضریب خاموشی نور غیر معنی‌دار و بر شاخص سطح برگ بیشینه و ماده خشک تولیدی معنی‌دار شد. برهمکنش سه عامل موردمطالعه بر عدد کلروفیل‌متر، ضریب خاموشی نور، محتوای نسبی آب برگ پرچم، سطح برگ بیشینه و ماده خشک تولیدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. افزایش دور آبیاری، ماده خشک، شاخص سطح برگ بیشینه، محتوای نسبی آب برگ، عدد کلروفیل‌متر و طول برگ پرچم را در هر دو رقم کاهش داد. افزایش مصرف کود نیتروژن نیز این صفات را در هر سه سطح آبیاری بهبود داد. کم‌ترین ضریب خاموشی نور (۰/۱۴) در آبیاری غرقاب و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل گردید که در دو رقم یکسان بود. بیش‌ترین تجمع ماده خشک (۸۰۳/۳ گرم بر مترمربع در سال ۱۳۹۶ و ۷۶۰/۷ گرم بر مترمربع در سال ۱۳۹۷) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری غرقاب و در رقم گیلانه حاصل شد. تنش خشکی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک موردبررسی را کاهش داد، درحالی‌که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به دو سطح دیگر در هر دو رقم توانست این صفات را در شرایط تنش و عدم بروز تنش بهبود داده و ماده خشک بیش‌تری را در هر دو سال مطالعه تولید نماید.

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی در دنیا است که تقریباً در ۵۰ درصد اراضی برنج‌کاری دنیا اتفاق می‌افتد (Bouman et al., 2001). تنش خشکی می‌تواند از طریق اثر بر صفات مورفولوژیک (ارتفاع گیاه، بیوماس گیاه، تعداد پنجه، سطح برگ)، فیزیولوژیک گیاه (کاهش فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب، محتوای نسبی آب سلول‌ها و محتوای کلروفیل) بر گیاهان اثرگذار باشد که همه این تغییرات می‌توانند رشد و عملکرد گیاه را تغییر دهند (Pandey and Shukla, 2015). کاهش سطح برگ و کاهش طول ساقه در برنج (Shao et al., 2008; Cabuslay et al., 2002)، افزایش ضریب خاموشی نور در سویا (Bajgain et al., 2015)، کاهش محتوای نسبی آب برگ در برنج (Babu et al., 2004; Zhou et al., 2007). کاهش وزن خشک و تر برنج در تنش خشکی ناشی از PEG 6000 20 گزارش شده است (Omar et al., 2018). مدیریت در

* نگارنده پاسخگو: مجید عاشوری. پست الکترونیک: majidashouri69@gmail.com

کوددهی می‌تواند تا حدی اثرات تنش خشکی را تعدیل کند. رشد بهتر ناشی از کوددهی منجر به پوشش بهتر کانوپی شده و تعرق را افزایش و تبخیر آب از سطح خاک را کاهش می‌دهد. همچنین رشد بهتر بخش‌های هوایی منتج به رشد بهتر ریشه شده، بنابراین دسترسی بهتر به منابع آبی موجود را فراهم می‌کند (Haefele et al., 2016).

نیتروژن از فاکتورهای تعیین‌کننده افزایش عملکرد در گیاهان زراعی بوده و علت افزایش عملکرد برنج در پنجاه سال اخیر به افزایش مصرف کودهای نیتروژنه مربوط است (Peng et al., 2010). نیتروژن از طریق اثر بر فتوسنتز در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی اثرگذار است. روبیسکو و دیگر پروتئین‌های مزوفیل حدود ۷۵ درصد از نیتروژن کل سلولی را تشکیل می‌دهند و در صورت کمبود نیتروژن برگ کارکرد این پروتئین‌های مهم در جریان فتوسنتز دچار اشکال می‌شود (Evans, 1989). نقش نیتروژن در واکنش گیاهان حین تنش خشکی به‌شدت تنش و سطح کود وابسته است. گیاهان با فراهمی نیتروژن نسبتاً بالا رشد بهتری را در مقایسه با گیاهان با نیتروژن کم در تنش خشکی نشان می‌دهند (Wang et al., 2016). نیتروژن بیش‌تر اثرات سوء تنش خشکی بر فتوسنتز را با اثر بر هدایت روزنه‌ای تعدیل می‌کند. در یک رژیم رطوبتی که در آن تناوب آبیاری با خشکی خفیف قرار داده شده بودند، با مصرف مقدار مناسب از کود نیتروژن بالاترین عملکرد شلتوک و کارایی مصرف آب مشاهده شد. در یک رژیم رطوبتی که در آن تناوب آبیاری با خشکی شدید قرار داده شده بود، افزایش مصرف کود نیتروژن توانست کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را کم کند (Wang et al., 2016). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش ارتفاع گیاه و سطح برگ می‌شود، اما مصرف بهینه کود نیتروژن می‌تواند اثر تنش خشکی را تعدیل کند (Jalilian et al., 2012). گزارش شده است محدودیت روزنه‌ای فتوسنتز به دنبال تنش خشکی، بیوماس ریشه و بیوماس کل در برنج را کاهش می‌دهد، اما این محدودیت در سطوح متوسط و بالای مصرف کود نیتروژنه کاهش پیدا می‌کند (Cao et al., 2019). برنج به‌عنوان غذای اصلی در بسیاری از کشورهای آسیایی، گیاهی با مصرف آب بسیار بالا است که در هنگام بروز تنش خشکی روابط آب و کود نیتروژن در آن دستخوش تغییر می‌شود. لذا لزوم بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر رشد این گیاه مهم بیش‌ازپیش مشخص می‌شود. با این هدف مطالعه حاضر به بررسی اثر سه سطح متفاوت آبیاری و کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ماده خشک کل در دو رقم برنج هاشمی و گیلانه در شمال کشور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه‌ای آزمایشی در شهر رشت در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. اطلاعات هواشناسی منطقه موردنظر در طول اجرای آزمایش و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش به ترتیب در شکل یک و جدول یک آورده شده‌اند. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فواصل آبیاری (غرقاب، ۷ روز و ۱۴ روز) به‌عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف کود نیتروژن (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به‌عنوان عامل فرعی و رقم اصلاح‌شده گیلانه و رقم محلی هاشمی به‌عنوان عامل فرعی فرعی لحاظ شدند. شخم زمستانه برای آماده‌سازی زمین در هر دو سال مورد مطالعه انجام گرفت. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار در خزانه در فروردین‌ماه بذرپاشی شدند. میزان دقیق کود شیمیایی و نوع آن بر اساس آزمون خاک و توصیه کلی کارشناسان موسسه برنج به شرح زیر انجام گرفت: ۵۰ درصد کود نیتروژن در زمان نشاکاری به همراه ۲۵ درصد آن در زمان پنجه‌دهی و ۲۵ درصد نیز در زمان ظهور خوشه به خاک افزوده شد. کود فسفره و پتاسه نیز در زمان شخم اول به خاک افزوده شدند.

تهیه بستر کشت در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام گرفت. نشاها پس از رسیدن به ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در زمین اصلی کشت شدند. نشاکاری با دست صورت گرفت. اندازه واحدهای آزمایشی ۹ مترمربع (ابعاد کرت ۳×۳) بود. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر (۳ لیتر در هکتار) به‌صورت پس از کاشت و وجین دستی استفاده شد. کرم ساقه خوار برنج به‌روش بیولوژیک با استفاده از زنبور تریکوگراما کنترل گردید.

در رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۵ کپه به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بلندترین ساقه آن‌ها با متر اندازه‌گیری شده و میانگین آن به‌عنوان ارتفاع ساقه در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ بیشینه ۱۰ روز بعد از نشاکاری به فاصله هر ۱۰ روز تا مرحله برداشت ۷ مرحله نمونه‌برداری صورت گرفت و در هر نمونه‌برداری تعداد چهار کپه از هر کرت

کف‌بر و سطح برگ کل تعیین شد. بعد از اندازه‌گیری سطح برگ، روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد و نمو از رابطه زیر محاسبه شد:

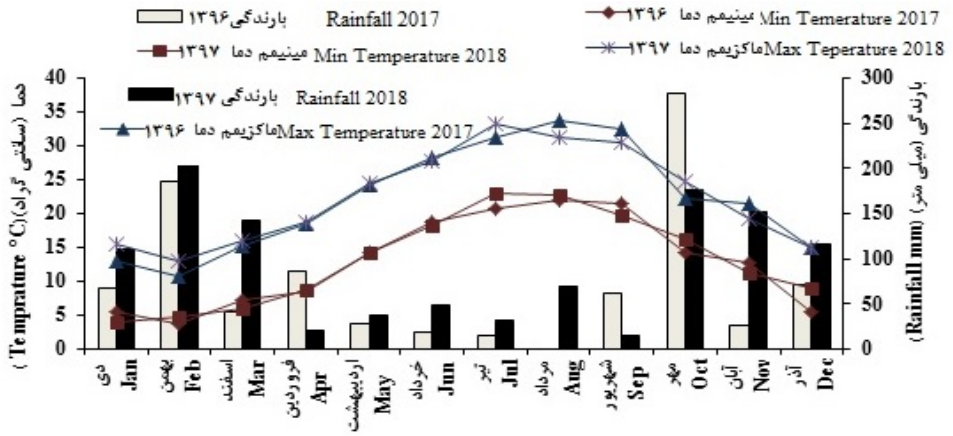
$$LAI = \frac{\text{سطح برگ گیری اندازه شده}}{\text{مساحت فضای نمونه برداری}} = e^{(a+bt+ct2)} \quad [۱]$$

که در آن a، b و c ضرایب رگرسیونی و e پایه لگاریتم طبیعی و T زمان است. سپس شاخص سطح برگ بیشینه هر کرت در طول دوره رشد یادداشت و سپس مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experiment site

سال Year	پتاس قابل جذب K_{ava}	فسفر قابل‌جذب P_{ava}	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC	نوع خاک Soil type	Sp
	---------- ppm ----------		%		$dS\ m^{-1}$		
۲۰۱۷-۱۳۹۶	280	17.8	0.184	7.4	1.2	Si-Cl	75
۲۰۱۸- ۱۳۹۷	290	17	0.155	7.4	1.12		



شکل ۱. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد برنج (سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Fig. 1. Meteorological information during the growth season of rice in experimental site (2017 and 2018)

به‌منظور محاسبه طول و عرض برگ پرچم نیز در رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و در هرکدام طول و عرض برگ پرچم با خط‌کش اندازه‌گیری و یادداشت گردید. در مرحله گلدهی تعداد چهار کپه در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و با کلروفیل‌متر مدل ۵۰۲ ساخت کشور ژاپن، عدد کلروفیل در سه ناحیه یک برگ اندازه‌گیری و سپس میانگین اعلام‌شده توسط دستگاه یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ مرحله پنجه‌دهی، در صبح زود پس از برداشت برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته، بلافاصله دیسک‌هایی با اندازه‌های تقریباً برابر از برگ‌ها تهیه و وزن شدند و به‌عنوان وزن تر (FW) گزارش شدند. جهت اندازه‌گیری وزن اشباع دیسک‌های برگی، آن‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور کرده و در تاریکی گذاشته شدند و سپس با کاغذ خشک‌کن خشک‌شده و با ترازو وزن اشباع (TW) آن‌ها اندازه گیری شد. پس‌ازآن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس تا حصول وزن خشک (DW) ثابت قرار گرفتند و سپس RWC از رابطه زیر محاسبه گردید (Ritchie et al., 1990).

$$RWC\ (\%) = [(fresh\ weight - dry\ weight) / (turgid\ weight - dry\ weight)] * 100 \quad [۱]$$

به‌منظور محاسبه ضریب خاموشی نور در پژوهش حاضر از نورسنج استفاده شد. از هر کرت آزمایشی و در فاصله ساعات ۱۱ تا ۱۳ میزان نور رسیده به بالای و قسمت پایین کانوپی اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از قانون بیرلامبرت و نور رسیده به بالا و پایین کانوپی و سطح برگ، ضریب خاموشی نور در کانوپی محاسبه گردید (Koocheki and Sarmadnia, 1999).

$$Ln\frac{I_t}{Io} = -k \times LAI \quad [۳]$$

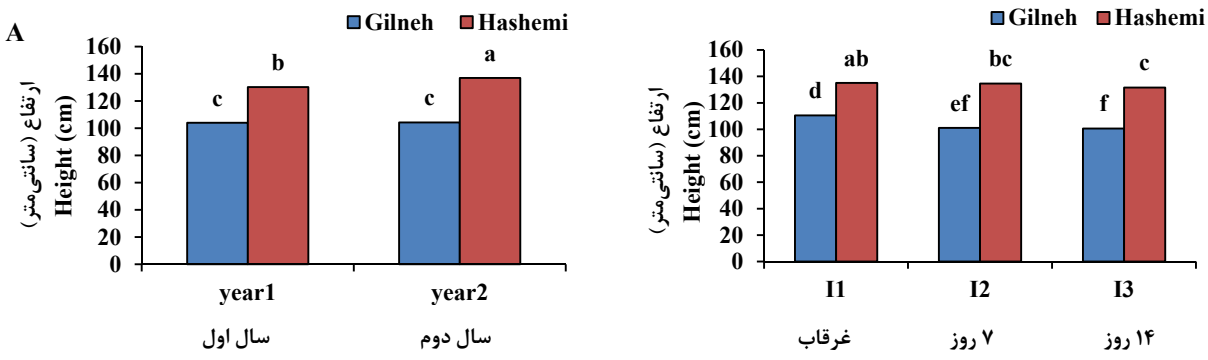
که در آن K ضریب خاموشی نور، I_t میزان نور در زیر کانوپی ($MJ\ m^{-2}\ sec^{-1}$)، I_o نور رسیده به بالای کانوپی ($MJ\ m^{-2}$) و LAI شاخص سطح برگ (sec^{-1}). برای تعیین ماده خشک، نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی کامل بعد از حذف حاشیه‌ها از ردیف‌های میانی کرت‌ها صورت گرفته و کلیه بوته‌های یک مترمربع برداشت شد. نمونه‌ها به‌طور جداگانه در آون ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شده و سپس توزین و یادداشت گردید.

قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و مقایسه میانگین صفات موردمطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه و طول و عرض برگ پرچم

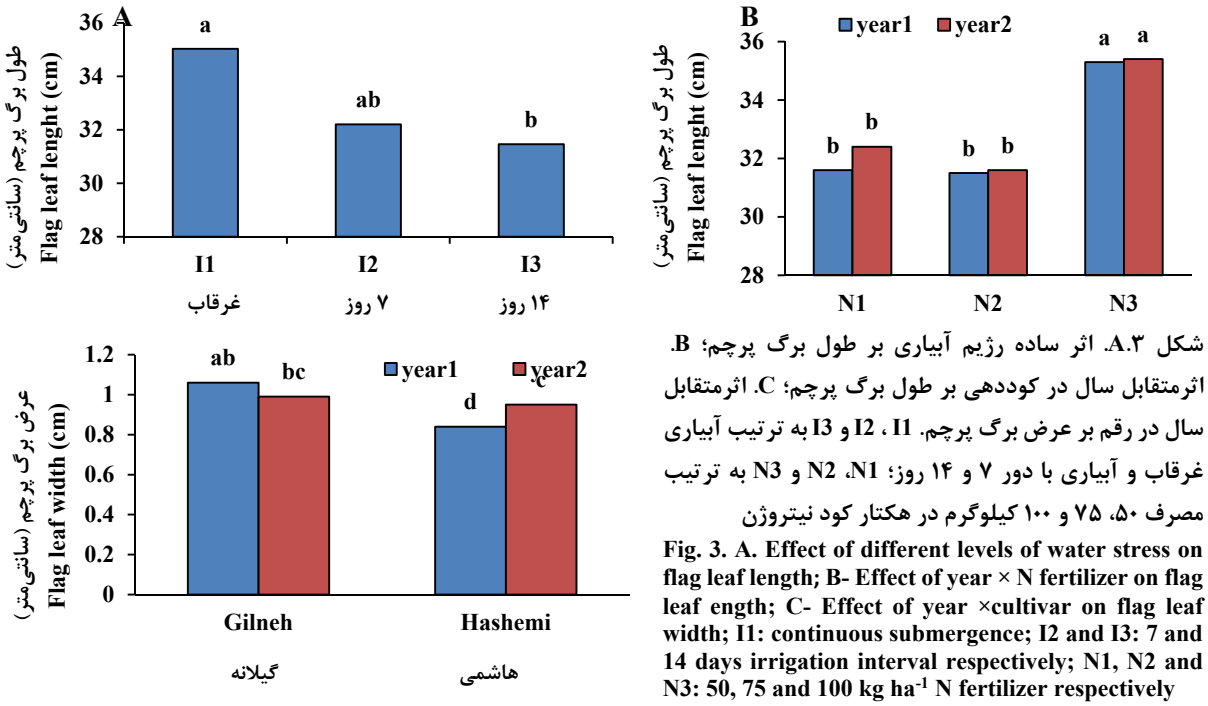
تجزیه واریانس مرکب ارتفاع گیاه نشان داد که اثر ساده رقم، اثر دوگانه سال در رقم و آبیاری در رقم بر این صفت معنی‌دار شدند (جدول ۲). رقم گیلانه رقمی اصلاح‌شده و پاکوتاه است که تفاوت معنی‌داری در ارتفاع آن در دو سال مطالعه مشاهده نشد، این در حالی است که رقم هاشمی رقمی پابلند بوده که در سال دوم مطالعه ارتفاع بالاتری در مقایسه با سال اول نشان داد. کاهش ارتفاع گیاه ناشی از افزایش دور آبیاری در هر دو رقم مشاهده شد (شکل ۲-A). رقم هاشمی در آبیاری غرقاب بیش‌ترین ارتفاع گیاه (۱۳۵/۱ سانتی‌متر) و در آبیاری با دور ۱۴ روز (۱۳۱/۶ سانتی‌متر) کم‌ترین ارتفاع گیاه را نشان داد. رقم گیلانه نیز مشابه با رقم هاشمی در آبیاری غرقاب بالاترین ارتفاع (۱۱۰/۵ سانتی‌متر) و در آبیاری با دور ۱۴ روز کم‌ترین ارتفاع (۱۰۰/۶ سانتی‌متر) را نشان داد (شکل ۲-B).



شکل ۲. A. اثرمتقابل سال در رقم بر ارتفاع گیاه؛ B. اثرمتقابل آبیاری در رقم بر ارتفاع گیاه. I1، I2 و I3 به ترتیب آبیاری غرقاب و آبیاری با دور ۷ و ۱۴ روز

Fig. 2. A. Effect of year ×cultivar on height, B- Effect of Irrigation × cultivar on height. I1- continuous submergence; I2 and I3: 7 and 14 days irrigation interval, respectively

طبق نتایج تجزیه مرکب اثر ساده آبیاری و کود و اثر متقابل کوددهی در سال بر طول برگ پرچم معنی‌دار شدند. طبق نتایج مقایسه میانگین آبیاری غرقاب طول برگ پرچم بیش‌تری را در مقایسه با دو رژیم دیگر نشان داد و افزایش دور آبیاری از طول برگ پرچم کاست (شکل ۳-A). کوددهی در سال دوم مطالعه بر طول برگ پرچم در هر سه سطح مؤثرتر بود (شکل ۳-B). بیش‌ترین طول برگ پرچم زمانی مشاهده شد که ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مصرف گردید (۳۵/۳ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۶ و ۳۵/۴ سانتی‌متر در سال ۱۳۹۷). بر اساس نتایج جدول تجزیه مرکب، اثر ساده رقم و اثرمتقابل سال در رقم بر عرض برگ پرچم در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم گیلانه در هر دو سال عرض برگ پرچم بیش‌تری را در مقایسه با رقم هاشمی نشان داد که این تفاوت در سال اول مطالعه ازلحاظ آماری معنی‌دار و در سال دوم مطالعه معنی‌دار نبود (شکل ۳-C).



شکل ۳.A. اثر ساده رژیم آبیاری بر طول برگ پرچم؛ B. اثرمتقابل سال در کوددهی بر طول برگ پرچم؛ C. اثرمتقابل سال در رقم بر عرض برگ پرچم. I1 ، I2 و I3 به ترتیب آبیاری غرقاب و آبیاری با دور ۷ و ۱۴ روز؛ N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن

Fig. 3. A. Effect of different levels of water stress on flag leaf length; B- Effect of year × N fertilizer on flag leaf engthg; C- Effect of year ×cultivar on flag leaf width; I1: continuous submergence; I2 and I3: 7 and 14 days irrigation interval respectively; N1, N2 and N3: 50, 75 and 100 kg ha^{-1} N fertilizer respectively

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفات موردمطالعه در دو رقم برنج

Table 2. Combined analysis of variance for water stress and N fertilizer on studied trait in two rice cultivars

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ماده خشک کل Total dry matter	ارتفاع ساقه Shoot Height	شاخص سطح برگ بیشینه LAI_{max}	محتوای نسبی آب برگ پرچم RWC
Year(Y)	سال	1	18249.5**	314.1^{ns}	0.39**	3.6^{ns}
R(year)	بلوک داخل سال	4	230.68^{ns}	44.6^{ns}	0.005^{ns}	4.42^{ns}
a	آبیاری	2	244140.4**	433.4^{ns}	15.9**	116.4**
Y × a	سال×آبیاری	2	1822.2**	62.18^{ns}	0.12**	7.42^{ns}
Erorr a	اشتباه فاکتور آبیاری	8	386.09	47.28	0.006	4.6
b	کود	2	350386.49**	421.8^{ns}	13.2**	2269.3**
Y × b	سال×کود	2	601.4^{ns}	46.33^{ns}	0.43**	0.15^{ns}
a×b	آبیاری ×کود	4	2582.9**	60.3^{ns}	1.98**	55.9**
Y × a ×b	سال×کود×آبیاری	4	4331.85**	11.1^{ns}	0.129**	6.9^{ns}
Erorr b	اشتباه فاکتور کود	24	330.6	17.1	0.009	4.8
c	رقم	1	92306.1**	23592.4**	5.04**	206.7**
Y ×c	سال×رقم	1	2.23^{ns}	278.2**	0.132**	2.8^{ns}
a×c	آبیاری × رقم	2	1371.2*	184.7*	0.489**	102.2**
Y×a×c	سال×رقم×آبیاری	2	198.2^{ns}	9.2^{ns}	0.145**	7.3^{ns}
b×c	کود ×رقم	2	3909.3**	279.1^{ns}	0.540**	103.4**
Y×b×c	سال×کود×رقم	2	2799.6**	34.4^{ns}	0.046**	4.4^{ns}
a×b×c	آبیاری×کود×رقم	4	8939.7**	48.2^{ns}	0.31**	45.8**
Y ×a×b×c	سال×رقم×کود×آبیاری	4	1859.5**	29.19^{ns}	0.089**	8.14^{ns}
Erorr c	اشتباه باقی‌مانده	36	295.4	20.7	0.007	4.54
CV(%)	ضریب تغییرات		2.8	3.8	2.94	2.7

جدول ۲. ادامه **Table 2. Continued**

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ضریب خاموشی نور k	عرض برگ پرچم Flag leaf width	طول برگ پرچم Flag leaf length	عدد کلروفیل متر SPAD
Year(Y)	سال	1	0.003^{ns}	0.01^{ns}	9.5^{ns}	32.56^{ns}
R(year)	بلوک داخل سال	4	0.0099^{ns}	0.019^{ns}	49.5*	9.09^{ns}
a	آبیاری	2	0.00057^{ns}	0.02^{ns}	128.4**	450.02**
Y×a	سال×آبیاری	2	0.0018^{ns}	0.01ns	3.1^{ns}	148.14**
Erorr a	اشتباه فاکتور آبیاری	8	0.0039	0.013	20.4	7.12
b	کود	2	0.023*	0.044^{ns}	47.9*	752.11**
Y×b	سال×کود	2	0.0019^{ns}	0.003^{ns}	106.3**	16.48^{ns}
a×b	آبیاری ×کود	4	0.098**	0.022^{ns}	21.3^{ns}	145.05**
Y× a×b	سال×کود×آبیاری	4	0.0051^{ns}	0.01^{ns}	5.6^{ns}	73.7**
Erorr b	اشتباه فاکتور کود	24	0.048	0.01	16.4	4.67
c	رقم	1	0.84**	0.44**	210.3	229. 1**
Y×c	سال×رقم	1	0.0005^{ns}	0.25**	0.82	14.01^{ns}
a×c	آبیاری × رقم	2	0.006^{ns}	0.004^{ns}	35.1^{ns}	13.99^{ns}
Y×a×c	سال×رقم×آبیاری	2	0.012^{ns}	0.005^{ns}	8^{ns}	7.62^{ns}
b×c	کود ×رقم	2	0.068**	0.0025^{ns}	7.4^{ns}	37.7**
Y×b×c	سال×کود×رقم	2	0.0005^{ns}	0.008^{ns}	10.7^{ns}	11.13^{ns}
a×b×c	آبیاری×کود×رقم	4	0.217**	0.0041^{ns}	19.3^{ns}	24.5**
Y ×a×b×c	سال×رقم×کود×آبیاری	4	0.00015^{ns}	0.014ns	30.9^{ns}	8.64^{ns}
Erorr c	اشتباه باقی‌مانده	36	0.006	0.025	14.9	5.69
CV(%)	ضریب تغییرات		13.23	16.44	11.8	6.57

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *and ** non significant and significant at 5% and 1% level, respective

کاهش ارتفاع ساقه و طول برگ پرچم در مواجهه با تنش خشکی می‌تواند ناشی از اختلال در تقسیم سلولی و یا اختلال در طویل‌شدن سلول‌ها باشد (Pandey and Shukla, 2015). رقم اصلاح‌شده گیلانه ارتفاع کم‌تری نسبت به رقم بومی هاشمی نشان داد. رقم هاشمی به‌عنوان رقمی بومی در مقایسه با رقم اصلاح‌شده گیلانه طول برگ پرچم بیش‌تر و عرض برگ پرچم کم‌تری را نشان داد. گزارش شده است که ارقام پاکوتاه مدرن اغلب برگ‌های نسبتاً کوتاه با زاویه تند نسبت به ساقه داشته و اغلب تاخوردگی لوله‌مانند حین خشکی نشان می‌دهند. درحالی‌که واریته‌های بومی اغلب داری برگ‌های بلندی بوده که در مواجهه با تنش خشکی پژمرده شده و زاویه بزرگ‌تر با ساقه داشته که سریع‌تر حین خشکی رول می‌شوند. واریته‌های با برگ‌های بزرگ‌تر و پژمرده و دارای زاویه بیش‌تر آب بیش‌تری را از طریق رول‌شدن حفظ می‌کنند، اما این حفظ بیش‌تر آب به قیمت کاهش سطح پذیرنده انرژی نورانی خورشید و کاهش سطح تعرق‌کننده در این ارقام اتفاق می‌افتد (Chutia and Prasad Borah, 2012).

عدد کلروفیل‌متر (SPAD)

عدد کلروفیل‌متر برای تعیین وضعیت نیتروژن برگ و تخمین سریع کلروفیل برگ در برنج کاربرد دارد (Peng et al., 1995). بر اساس جدول تجزیه مرکب، اثر سال بر این صفت معنی‌دار نشد. اثرمتقابل آبیاری در کوددهی در رقم در سطح یک درصد بر عدد کلروفیل‌متر معنی‌دار شد (جدول ۲).

بیش‌ترین عدد SPAD در تیمار غرقاب با مقدار ۵۱/۸۲ و با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در رقم گیلانه و کم‌ترین میزان آن با مصرف ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در دور آبیاری ۱۴ روز و در رقم گیلانه (۲۷/۶۵) به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش آب × کود × رقم بر برخی صفات مطالعه‌شده

Table 3. Mean comparison of some studied traits in water stress×fertilizer×cultivar

رژیم آبیاری Irrigation	کود نیتروژن N fertilzer (Kg ha^{-1})	رقم Cultivar		عدد کلروفیل‌متر SPAD	محتوای نسبی آب برگ پرچم ٪ RWC $_{flag\ leaf}$	ضریب استهلاک نوری k
I1	N1	گیلانه	Gilaneh	31.73^{d}	68.57^{ef}	0.29^{d}
I1	N1	هاشمی	Hashemi	33.51^{de}	74.05^{e}	0.28^{de}
I1	N2	گیلانه	Gilaneh	36.8^{c}	80.29^{b}	0.17^{e}
I1	N2	هاشمی	Hashemi	41.65^{bc}	87.82^{a}	0.136^{e}
I1	N3	گیلانه	Gilaneh	46.31^{ab}	86.47^{a}	0.14^{e}
I1	N3	هاشمی	Hashemi	51.85^{a}	88.06^{a}	0.14^{e}
I2	N1	گیلانه	Gilaneh	29.62^{de}	68.05^{f}	0.46^{bc}
I2	N1	هاشمی	Hashemi	31.28^{d}	72.49^{e}	0.48^{b}
I2	N2	گیلانه	Gilaneh	35.73^{d}	75.96^{c}	0.42^{c}
I2	N2	هاشمی	Hashemi	35.1^{d}	81.82^{b}	0.41^{cd}
I2	N3	گیلانه	Gilaneh	36.4^{cd}	83.05^{a}	0.39^{c}
I2	N3	هاشمی	Hashemi	40.1^{c}	85.89^{a}	0.291^{d}
I3	N1	گیلانه	Gilaneh	28.81^{e}	66.78^{f}	0.68^{a}
I3	N1	هاشمی	Hashemi	27.65^{e}	65.07^{f}	0.582^{b}
I3	N2	گیلانه	Gilaneh	32.56^{d}	74.2^{e}	0.406^{c}
I3	N2	هاشمی	Hashemi	33.23^{d}	78.98^{bc}	0.32^{cd}
I3	N3	گیلانه	Gilaneh	35.26^{d}	81.44^{b}	0.361^{c}
I3	N3	هاشمی	Hashemi	35.06^{d}	82.83d	0.297^{d}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤ ۰/۰۵).

† I1، I2 و I3 به ترتیب آبیاری غرقاب و آبیاری با دور ۷ و ۱۴ روز، N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه

In each column, means with at least one similar letter are no different at 5% level (p≤0.05)

† I1- continuous submergence I2 and I3: 7 and 14 days irrigation interval respectively; N1, N2 and N3: 50, 75 and 100 Kg ha^{-1} N fertilizer respectively

کاهش عدد کلروفیل‌متر با افزایش دور آبیاری قبلاً نیز گزارش شده است (Aslam et al., 2002). در پژوهش حاضر، رقم گیلانه عدد کلروفیل‌متر بالاتری نسبت به رقم بومی هاشمی نشان داد و افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو رقم تأثیری مثبتی بر عددکلروفیل‌متر نشان داد (جدول ۴). مهدوی و همکاران (Mahdavi et al., 2005) در بررسی بین ۱۰ رقم برنج گزارش کردند که ارقام اصلاح‌شده عدد کلروفیل‌متر بالاتری را نشان می‌دهند. برگ‌ها در ارقام بومی نازک‌تر و تراکم نیتروژن و عدد کلروفیل‌متر در آن‌ها کم‌تر است که سبب کاهش جذب نور و کاهش ظرفیت فتوسنتز در این ارقام می‌شود. در برنج ارتباط مستقیمی بین محتوای نیتروژن برگ در واحد سطح برگ با عدد قرائت‌شده کلروفیل‌متر در هر دو سیستم آبیاری غرقاب و آبیاری با دور متناوب قبلاً گزارش شده است و این پیشنهاد می‌کند که از عدد کلروفیل‌متر می‌توان برای تعیین نیاز کود N در هر دو سیستم آبیاری استفاده کرد (Cabangon et al., 2011).

محتوای نسبی آب برگ پرچم

بر اساس جدول تجزیه مرکب اثر آبیاری در کوددهی در رقم بر محتوای نسبی آب برگ پرچم در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین این صفت نشان داد که با افزایش دور آبیاری و افزایش مقدار کود نیتروژن، این صفت در هر دو رقم به ترتیب کاهش و افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳). همسو با نتیجه پژوهش حاضر در برنج افزایش محتوای نسبی آب برگ با افزایش مصرف کود نیتروژن از صفر تا ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش شده است (Rashid et al., 2016). محتوای نسبی آب تخمین مناسبی از وضعیت آبی گیاه

برحسب کمبود آب سلولی است (Lu et al., 2004)؛ بنابراین به نظر مصرف کود نیتروژن در حفظ محتوای بیش‌تر آب برگ در برنج کمک می‌کند (Rashid et al., 2016).

در پژوهش حاضر بالاترین محتوای نسبی آب برگ پرچم در تیمار آبیاری غرقاب و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و در رقم هاشمی معادل ۸۸/۰۶ درصد و کم‌ترین مقدار این صفت در تیمار آبیاری با دور ۱۴ روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و در رقم هاشمی معادل ۶۵/۰۷ درصد مشاهده شد که در این تیمار بین دو رقم تفاوت معنی-داری مشاهده نشد (جدول ۳).

در مطالعه چهار رقم برنج (Vandana, IR36, IR72 and Swarna) گزارش شده است که ارقام Vandana و Swarna تنظیم اسمزی و محتوای نسبی آب برگ بهتری را نشان دادند (Dasgupta et al., 2015). کاهش محتوای نسبی آب برگ پرچم همراه با تخلیه تدریجی آب خاک در برنج توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (Chaum et al., 2010; Zaman et al., 2018).

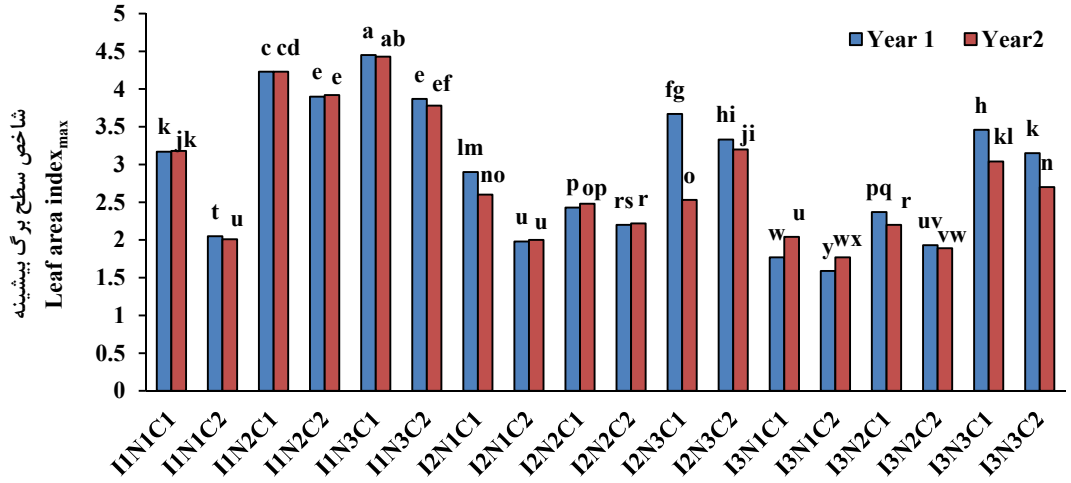
ضریب استهلاک نور

بر اساس جدول تجزیه مرکب برهمکنش سه عامل موردمطالعه بر ضریب استهلاک نوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین مشخص می‌شود که با افزایش دور آبیاری افزایش در ضریب استهلاک نور نیز مشاهده می‌گردد (جدول ۳). باجگین و همکاران (Bajgain et al., 2015) ضمن گزارش افزایش k تحت تنش خشکی در سویا بیان کردند که تفاوت در ضریب خاموشی نور گیاهان تنش دیده و تنش ندیده ناشی از اندازه کانوپی در این گیاهان و افزایش زاویه برگ درنتیجه هدر رفت تورژسانس در سلول‌ها است. در پژوهش حاضر، مصرف بیش‌تر کود نیتروژن در هر سطح آبیاری سبب کاهش ضریب استهلاک نور شده است که احتمالاً به اثر این عامل بر افزایش سطح برگ مربوط است. تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری با دور ۱۴ روز و رقم گیلانه بالاترین مقدار ضریب استهلاک نوری معادل ۰/۶۸ را نشان دادند. تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری غرقاب کم‌ترین ضریب استهلاک نور را نشان داد که این عدد در این تیمار کودی و آبیاری در هر دو رقم یکسان و معادل ۰/۱۴ بود (جدول ۳). به‌طورکلی با کوتاه شدن دوره‌های آبیاری و ایجاد شرایط غرقاب و مصرف کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ضریب استهلاک نور به‌طور معنی‌داری در هر دو رقم کاهش نشان داده است که این را می‌توان به افزایش شاخص سطح برگ و کاهش زاویه برگ نسبت داد. گو و همکاران (Gu et al., 2017) گزارش کردند که با مدیریت آبیاری و کود توانستند سطح برگ برنج را در دو رقم Yongyou 2640 و Wuyunjing 24 افزایش و ضریب خاموشی نور را در این ارقام کاهش دهند و بیان کردند که کاهش ضریب خاموشی نور ناشی از زاویه برگ کوچک‌تر است که توزیع یکنواخت نور داخل کانوپی را موجب می‌شود. همچنین کوچک بودن عدد k نتیجه برگ‌های افراشته‌تر با زاویه کوچک‌تر است که این برگ‌ها اجازه عبور بیش‌تر نور خورشید به لایه‌های پایین کانوپی را داده و اشباع نوری لایه-های بالایی کانوپی را حداقل کرده و توزیع یکنواخت نور در کانوپی را موجب می‌شوند (Peng et al., 2008).

شاخص سطح برگ بیشینه و تجمع ماده خشک

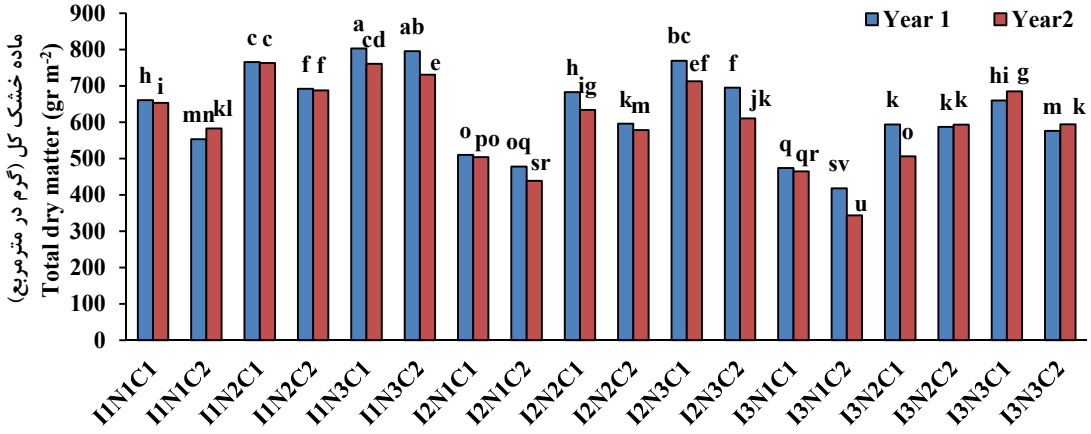
طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال بر این دو صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر چهارگانه سال در آبیاری در کوددهی در رقم در این دو صفت در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که همراه با افزایش دور آبیاری سطح برگ بیشینه و ماده خشک کل کاهش نشان دادند. کوددهی بر این صفات اثر مثبتی نشان داد. در هر سه سطح آبیاری و هر دو سال، پاسخ دو رقم به سطح سوم از کود نیتروژن (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن) بهتر از دو سطح دیگر بود. این پاسخ مثبت سطح برگ بیشینه و ماده خشک کل به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در سطوح I2 و I3 مشهودتر بود (شکل ۴). احتمالاً درزمانی که گیاه با افزایش دور آبیاری با تنش خشکی مواجهه شده، مصرف کود به تعدیل اثر تنش خشکی کمک کرده است. در هر دو سال مطالعه مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در رقم گیلانه و رژیم آبیاری غرقاب، بالاترین سطح برگ بیشینه و تجمع ماده خشک را نشان داد، همچنین کم‌ترین سطح برگ بیشینه و تجمع ماده خشک در رقم هاشمی و در دور آبیاری ۱۴ روز و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد. شاخص سطح برگ بزرگ‌تر در آبیاری غرقابی در مقایسه با آبیاری تناوبی در مطالعه راماکریشنا و همکاران (Ramakrishna et al., 2007) گزارش شده است. گیاه در مواجهه با تنش خشکی رشد خود را کند و در تنش‌های شدید متوقف می‌کند. کاهش

رشد می‌تواند ناشی از رشد ضعیف ریشه (Pandey and Shukla, 2015) و اختلال در سطح فتوستنزکننده درنتیجه کاهش تعداد برگ و سطح برگ باشد. کاهش سطح و تعداد برگ نیز نتیجه کاهش تقسیم و طویل‌شدن سلول‌ها است (Shao et al., 2008).



شکل ۴. برهمکنش سال در آبیاری در کوددهی در رقم بر شاخص سطح برگ. I1، I2 و I3 به ترتیب آبیاری غرقاب و آبیاری با دور ۷ و ۱۴ روز؛ N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن؛C1، رقم گیلانه و C2، رقم هاشمی

Fig. 4. Effect of year × irrigation × N fertilizer× cultivar on leaf area index$_{max.}$ I1: continuous submergence, I2 and I3: 7 and 14 days irrigation interval respectively; N1, N2 and N3: 50, 75 and 100 Kg ha^{-1} N fertilizer respectively; C1: Gilaneh and C2, Hashemi



شکل ۵. برهمکنش سال در آبیاری در کوددهی در رقم بر ماده خشک کل. I1، I2 و I3 به ترتیب آبیاری غرقاب و آبیاری با دور ۷ و ۱۴ روز؛ N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن؛ C1، رقم گیلانه و C2، رقم هاشمی

Fig. 5. Effect of year × irrigation × N fertilizer× cultivar on total day matter. I1: continuous submergence, I2 and I3: 7 and 14 days irrigation interval respectively; N1, N2 and N3: 50, 75 and 100 Kg ha^{-1} N fertilizer respectively; C1: Gilaneh and C2, Hashemi

لازم به ذکر است که تنش خشکی پیری در برگ‌ها را نیز تسریع می‌کند. کاهش سطح برگ در این شرایط می‌تواند فتوسنتز را با اثر بر بخش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آن کاهش دهد (Pandey and Shukla, 2015). کاهش فتوسنتز و اسمیلات‌های تولیدی منجر به کاهش تولید بیوماس کل و عملکرد می‌گردد. در پژوهش حاضر افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو رقم منجر به تولید سطح برگ بیش‌تر شد. بهترین سطح کودی توصیه‌شده سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بوده که شاخص سطح برگ بیشینه بالاتری را نشان داد و به گیاه کمک کرد که این سطح

را مدت بیش‌تری حفظ نماید. همچنین در هر سه سطح آبیاری موردمطالعه مصرف این سطح از کود سبب افزایش سطح برگ شد. سطح فتوسنتز کننده بیش‌تر در این تیمار کودی در هر دو رقم و در همه سطوح آبیاری موردمطالعه سبب تجمع بیش‌تر ماده خشک شد. به نظر می‌رسد که این سطح کودی با توانایی تولید برگ بیش‌تر و حفظ سبزمانی در دوره طولانی‌تر در جذب انرژی نورانی و تبدیل آن به اسمیلات‌ها کاراتر از دو سطح دیگر عمل کرده که درنهایت سبب افزایش معنی‌دار ماده خشک شده است که با نتایج (Rezaei et al., 2009) در مصرف این سطح از کود نیتروژن در رقم هاشمی مطابقت دارد. افزایش ماده خشک بیش‌تر در حضور و فراهمی نیتروژن بالاتر را همچنین می‌توان به‌سرعت فتوسنتز بالاتر ناشی از محتوای کلروفیل و فعالیت روبیسکو بیش‌تر نسبت داد (Toth et al., 2002).

نتیجه‌گیری نهایی

در مطالعه حاضر کاهش ارتفاع ساقه، طول برگ پرچم، سطح برگ بیشینه، عدد کلروفیل‌متر، محتوای نسبی آب برگ پرچم، تجمع ماده خشک و افزایش ضریب استهلاک نور ناشی از تنش خشکی مشاهده شد، درحالی‌که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در هر سه سطح آبیاری در هر دو رقم توانست ارتفاع ساقه، طول برگ پرچم، سطح برگ بیشینه، عدد کلروفیل‌متر، محتوای نسبی آب برگ پرچم، تجمع ماده خشک را افزایش داده و ضریب استهلاک نور را کاهش داد. در شرایط تنش خشکی هر چه از سطح موردنیاز و بهینه کود نیتروژن کاسته شود، اثرات تنش خشکی و کاهش عملکرد ماده خشک بیش‌تر خواهد بود، لذا در صورت کمبود منابع آب می‌توان با افزایش سطح کود نیتروژن تا حدی اثرات تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک را کاهش داده و در تولید اسمیلات‌ها و ماده خشک بیش‌تر در زراعت دو رقم هاشمی و گیلانه در منطقه موردمطالعه امیدوار بود.

منابع

Aslam, M., Asad, S., Qureshi, M., 2002. Horinkova. Journal of Drainage and Water Management. 4, 150-164.

Babua, R.C., Jingxian, Z., Blum, A., Ho, T.H.D., Wu, R., Nguyen, H.T., 2004. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection. Plant Science. 166, 855–862.

Bajgain, R., Kawasakia, Y., Akamatsua, Y., Tanakaa, Y., Kawamurab, H., Katsuraa, K., Tatsuhiko, S., 2015. Biomass production and yield of soybean grown under convertedpaddy fields with excess water during the early growth stage. Field Crops Research. 180, 221–227.

Blum, A., 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research. 56, 1159–1168.

Bouman, B.A.M., Tuong, T.P., 2001. Field water management to save water andincrease its productivity in irrigated lowland rice. Agricultural Water Management. 9, 11–30.

Cabangon, R.J., Castillo, E.G., Tuong, T.P., 2011. Chlorophyll meter-based nitrogen management of rice grown under alternatewetting and drying irrigation. Field Crops Research. 121, 136–146.

Cabuslay, G.S., Arcelia, O., Alejar, A., 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science.163, 815-827.

Cao, X., Zhu, C., Zhong, C., Zhang, J., Wu, L., Jin, Q., Ma, Q., 2019. Nitric oxide synthase-mediated early nitric oxide burst alleviates water stress-induced oxidative damage in ammonium-supplied rice roots. BMC Plant Biology. 19, 1-14.

Cha-um, S., Yooyongwech, S., Supaibulwatana, K., 2010. Water deficit stress in the reproductive stage of four indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Botany Journal. 42, 3387–3398.

Chutia, J., Prasad, B.S., 2012. Water stress effects on leaf growth and chlorophyll content but not the grain yield in traditional rice (*Oryza sativa* L.) genotypes of Assam, India. II. Protein and proline status in seedlings under PEG induced water stress. American Journal of Plant Sciences. 3, 971-980.

Dasgupta, P., Das, B.S., Soumitra, K.S., 2015. Soil water potential and recoverable water stress in drought tolerantand susceptible rice varieties. Agricultural Water Management. 152, 110–118.

Evans, J., 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. Oecologia. 78, 9-19.

Gu, J., Chen, Y., Zhang, H., Li, Z., Zhou, Q., Yu, C., Kong, X., Liu, L., Wang, Z., Yang, J., 2017. Canopy light and nitrogen distributions are related to grain yield andnitrogen use efficiency in rice. Field Crops Research. 206, 74-85.

Haefele, S.M., Katob, Y., Singh, S., 2016. Climate ready rice: Augmenting drought tolerance with bestmanagement practices. Field Crops Research. 1-10.

Jalilian, A., Ghobadi, R., Shirkhani, A., Farnia, A., 2012 Effects of nitrogen and drought stress on yield components, yield and seed quality of corn (S.C.704). Agronomy Journal (Sazandegi and Pajouhesh). 102, 151-160. [In Persian with English Summary].

Koocheki, A., Sarmadnia, G., 1999. Physiology of Crop Plants. Mashhad Press. [In Persian].

Lu, Z.X., Villareal, S., Yu, X.P., Heong, K.L, Hu, C., 2004. Effect of nitrogen on water content, sap flow and tolerance of rice plants to brown planthopper. Rice Science. 11, 129–134.

Mahdavi, F., Esmaeili, M.A., Fallah, A., Pirdashti, H., 2005. Study of morphological characteristcs, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 7, 280-297. [In Persian with English Summary].

Omar, S.A., Nabil, N.I., Kalaji, M.H., Lawicki, A., 2018. Over Expression of Jatropha's Dehydrin Jcdhn-2 Enhances Tolerance to Water Stress in Rice Plants. Environmental Analysis and Ecology Studies. 3, 1-8.

Pandey, V., Shukla, A., 2015.Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. Rice Science. 22, 147-161.

Peng, S., Buresh, R.J., Huang, J., Zhong, X., Zou, Y., Yang, J., Wang, G., Liu, Y., Tang, Q., Cui, K., Zhang, F., Dobermann, A., 2010. Improving nitrogen fertilization in rice bysite-specific N management. Agronomy for sustainable agriculture. 30, 649–656.

Peng, S., Cassman, K.G., Kropff, M.J., 1995a. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogencontent of field-grown rice in the tropics. Crop Science. 35, 1627–1630.

Peng, S., Khush, G.S., Virk, P., Tang, Q., Zou, Y., 2008. Progress in ideotype breedingto increase rice yield potential. Field Crops Research. 108, 32–38.

Ramakrishna, Y., Singh, S., Parihar, S.S., 2007. Influence of irrigation regime and nitrogen management on productivity, nitrogen uptake and water use by rice (*Oryza sativa* L.). Indian Journal of Agronomy. 8, 179 -186.

Rashid, Md.M., Jahan, M., Islam, K.S., 2016. Impact of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Brown Planthopper and Tolerance of Its Host Rice Plants, Rice Science. 23, 119−131.

Razaei, M., Shokri Vahed, H., Amiri, E., Motomed, M.K., Azarpour, E., 2009. The effects on irrigation and nitrogen managemtn on yield and water productivity of rice. World Applied Sciences Journal. 8, 203- 210.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105-111.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C., Hong-Mei, M., 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologies. 331, 433–441.

Toth, V.R., Meszkaros, I., Veres, S., Nagy, J., 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. Plant Physiology. 159, 627–634.

Wang, Z., Zhang, W.B., Sarah, S., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., Zhang, J., 2016. Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influencedby irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. Field Crops Research. 193, 54–69.

Zaman, N.K., Abdullah, M.Y., Othman, S., ZAMAN, N.K., 2018. Growth and Physiological Performance of Aerobic and Lowland Rice as Affected by Water Stress at Selected Growth Stages. Rice Science. 25, 82-93.

Zhou, Yanhong., Ming Lam, H., Zhang, J., 2007. Inhibition of hotosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice. Journal of Experimental Botany. 58, 1207–1217.