# ارزیابی برخی از صفات مرفوفیزیولوژیکی و شاخص‌های رشد برنج (*Oryza sativa* L.) در روش‌های آبیاری

نعمت‌اله صداقت*[۱]، عباس بیابانی[۲]، حسین صبوری[۳]، مرتضی نصیری[۴]، الهیار فلاح[۵] و سعید صفی‌خانی[۶]

۱ و ۶) دانش آموخته دکتری گروه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد، گنبد، ایران.

۲ و ۳) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه گنبد، گنبد، ایران.

۴ و ۵) استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.

*** نویسنده مسئول: Nsedaghat1347@gmail.com**

**تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۵** **تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۸**

## چکیده

**به منظور بررسی تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد و صفات مرفوفیزیولوژیک برنج، آزمایشی در قالب طرح آماری به روش کرت-های یک بار خرد شده با سه سطح آبیاری و شش سطح محلول‌پاشی با سه تکرار در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج (مازندران، آمل) در سال ۱۳۹۶ به اجرا در آمد. با اندازه‌گیری وزن خشک کل و سطح برگ در شش نوبت در طول رشد برنج، روند تغییرات شاخص‌های رشد به روش تابعی نسبت به روز پس از نشاکاری رسم شد. نتایج نشان داد که عامل آبیاری از نظر عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و از نظر تعداد پنجه بارور در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. عامل کود در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید. برهم‌کنش آبیاری و کود از نظر عملکرد شلتوک در سطح احتمال پنج درصد و از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. بیش‌ترین عملکرد شلتوک با میانگین ۷۲۸۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با میانگین ۴۶۹۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به آبیاری غرقابی در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن+ پتاسیم و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با آب معمولی بوده است. بیش‌ترین شاخص سطح برگ در آبیاری اشباع به مقدار (۵/۲۷) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار (۴/۱۷) در رقم کشوری به دست آمد. بنابراین با توجه به دستیابی حداکثر شاخص سطح برگ، تجمع کل ماده خشک و سرعت رشد محصول در آبیاری اشباع می‌توان آن را در بین روش-های آبیاری برنج به عنوان گزینه برتر تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر پیشنهاد نمود.**

**واژه‌های کلیدی:**. برنج، شاخص سطح برگ، عملکرد و ماده خشک.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

**مقدمه**

برنج یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده (Ghosh and Chakma, 2015) که از نظر وسعت پس از گندم، بیش-ترین سطح زیر کشت اراضی کشاورزی جهان را به خود اختصاص داده است (قربانیان‌آستانه و همکاران، ۱۳۹۲). آبیاری AWD[1] (تناوب خشکی و رطوبت) یک روش آبیاری است که در طول فصل رشد، شرایط خاک به صورت غیر اشباع نگهداری می‌شود (Carigo *et al*., 2017). با انجام این روش در اراضی شالیزاری به جزء در مراحل استقرار نشاء و گل-دهی، مصرف آب ۴۰ـ۱۰ درصد کاهش یافت (صداقت و همکاران، ۱۳۹۳؛ Takayoshi *et al*., 2016). Busari و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که اثر تیمارهای آبیاری شامل غرقابی پیوسته، AWD و اشباع روی عملکرد دانه در سطح یک درصد و روی بهره‌وری آب و تعداد دفعات آبیاری، مقدار آب، کل آب مصرفی روزانه و تعداد کل دانه در خوشه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، اما بر ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، تعداد پنجه معنی‌دار نگردید. کاربرد عناصر روی و پتاسیم با افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت می‌شوند. جذب عناصر غذایی بیش‌تر توسط گیاه، رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه می‌شود (کوچکی‌دزفولی و همکاران، ۱۳۹۸). اگر عناصر کم مصرف به صورت محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار گیرند کمبود ناشی از مصرف خاکی را به‌طور کامل جبران می‌کنند و جایگزین مناسب در این زمینه به‌شمار می-روند. هم‌چنین در شرایط مزرعه، یعنی جایی که فاکتورهای موثر بر جذب خاکی مواد غذایی بسیار متغیر است، ممکن است محلول‌پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان باشد (Aytak *et al*., 2016). پاینده و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد دانه کلزا در تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ۳۱۱۰/۷ کیلوگرم در هکتار و کم-ترین عملکرد دانه با میانگین۲۲۸۰/۲۲ کیلوگرم در هکتار به تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی به دست آمد. هم-چنین به این نتایج دست یافتند که با افزایش در سطوح محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن افزایش یافت. بیش‌ترین این صفات از آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی شش در هزار به دست آمد که با تیمار چهار در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۳۲۹۰/۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی چهار در هزار به‌دست آمد. شناخت و بررسی شاخص‌های رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار بوده و میزان مشارکت هر یک از این شاخص‌ها را در عملکرد نهایی مشخص می‌کند. بر این اساس، تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف می‌باشد که گیاه در طول دوران حیات خود با آن ها مواجه می‌گردد (Traore *et al*., 2003). طالشی و همکاران (۱۳۸۳) در آزمایشی به

1- Alternate wetting and drying

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

این نتیجه دست یافتند که بالاترین شاخص سطح برگ (LAI)[1]، سرعت رشد محصول (CGR)[2] و دوام سطح برگ (LAD)[3] مربوط به لاین‌هایی بوده است که ارتباط مستقیم و مثبتی بین میزان CGR، LAI و LAD با عملکرد یعنی لاین‌های ۸۳۱۸، ۸۳۱۴ وجود داشته است که دلیل عمده آن بهبود شاخص‌های رشد صفات فوق‌الذکر روی لاین‌ها بوده است. لاین‌های ۸۳۱۸ و ۸۳۱۴ به ترتیب با عملکرد دانه ۶۸۴۳٫۳ و ۶۶۶۰ کیلوگرم در هکتار در گروه لاین‌های مطلوب قرار گرفتند و لاین ۸۳۰۲ با میانگین عملکرد ۵۳۱۳٫۳ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد دانه را داشته است. گزارشات حاکی از آن است که کاربرد توام کودهای آلی، زیستی و شیمیایی نیتروژن سبب افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی طی مراحل مختلف رشد برنج شده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج می‌گردد (مهدی‌نیا افرا و همکاران، ۱۳۹۹). با محلول‌پاشی عناصر غذایی و یا تغذیه برگی می‌توان بر میزان پوکی دانه کاست و مانع از کاهش عملکرد شلتوک به مقدار بیشتری شد. این پژوهش به منظور بررسی اثرات روش‌های آبیاری بر برخی از صفات مرفولوژیکی و روند تغییرات شاخص‌های رشد با هدف شناسایی، عکس‌العمل و ارائه صفات کاربردی در مورد کشت برنج رقم کشوری اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان آمل اجرا شد. سه روش آبیاری شامل آبیاری غرقاب دایم به عنوان شاهد[4] (TI)، آبیاری اشباع (SI)[5] و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در کرت‌های اصلی و شش سطح محلولپاشی شامل آب معمولی، آب معمولی + نیتروژن، نیتروژن + پتاسیم، نیتروژن + پتاسیم + روی، نیتروژن + پتاسیم + روی + بور و نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن در کرت‌های فرعی مقایسه گردید. در روش AWD رطوبت خاک با اندازه‌گیری روزانه ارتفاع آب در لوله‌های مشبک تعبیه شده در داخل خاک و کاهش آب به عمق ۱۵ سانتی‌متر زیر سطح خاک و آبیاری مجدد تا پنج سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک، تنظیم شد. عامل دوم محلول‌پاشی عناصر غذایی در شش سطح (آب معمولی (شاهد)، نیتروژن (اوره ۴۶٪ نیتروژن)، نیتروژن + پتاسیم (کلرید پتاسیم ۶۰٪ پتاسیم)، نیتروژن + پتاسیم + روی (سولفات روی ۳۴٪ روی)، نیتروژن + پتاسیم + روی + بور (اسید بوریک ۱۷٪ بور)، نیتروژن + پتاسیم + روی + بور + مولیبدن (مولیبدات سدیم)) بوده که هر کدام به نسبت پنج در هزار در مرحله گل‌دهی (۵۰ درصد گل‌دهی و ۱۵ روز پس از آن)

1- Leaf area index
2- Crop growth rate
3- Duration area leaf
5- Traditional irrigation
6- Saturation irrigation

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

برای تمام کرت‌ها به‌طور یکنواخت محلول‌پاشی گردید. رقم مورد آزمایش کشوری بود. مساحت زمین اصلی جهت نشاکاری ۱۰۰۰ متر مربع بوده که حدود ۳ ماه قبل از انجام آزمایش، اولین شخم و اواسط اردیبهشت شخم دوم عمود بر شخم اول انجام شد. به منظور جلوگیری از نشت جانبی مرزها کرت‌ها با پوشش نایلونی کاملاً پوشیده شده و کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه محققین مؤسسه تحقیقات برنج کشور به صورت یکنواخت در تمام کرت‌ها مصرف گردید (جدول ۱).

**جدول ۱: تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

| بافت خاک | شن | سیلت | رس | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | واکنش خاک | مواد خنثی شونده | کربن آلی | نیتروژن کل | فسفر | پتاسیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | درصد | | | | | درصد | | | میلی گرم برکیلوگرم | |
| رسی | ۳۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۰/۸۶ | ۷ | ۳۶/۴ | ۳/۴ | ۰/۲ | ۸/۶ | ۱۱۸ |

نشاکاری با فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر، گیاهچه‌ها در مرحله ۴ـ۳ برگی (ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) در کرت‌هایی به ابعاد ۴ × ۳ متر انجام شد. با توجه به اهمیت زیاد آب در مرحله گل‌دهی و به منظور جلوگیری از عقیم شدن سنبلچه‌ها یک هفته قبل تا یک هفته بعد از گل‌دهی مزرعه به صورت غرقاب همانند شاهد آبیاری شد. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات زراعی و مرفوفیزیولوژیکی در زمان‌های مشخص انجام و عملیات داشت مبتنی بر دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- مازندران (آمل) صورت گرفت. برداشت محصول پس از رسیدن دانه‌ها و حذف بوته‌ها در حاشیه‌ها از متن هر کرت به اندازه سه متر مربع، انجام گرفت و عملکرد بر اساس رطوبت ۱۴٪ دانه محاسبه گردید. برای تعیین شاخص برداشت ۴ کپه از هر کرت آزمایش برداشت و به مدت ۲۴ ساعت در مزرعه ماند تا رطوبت زیادی آن خارج شود. سپس ساقه‌ها و دانه‌ها به طور جداگانه در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. وزن خشک آن‌ها توزین و از تقسیم وزن دانه (عملکرد اقتصادی) به وزن دانه با کاه (عملکرد بیولوژیکی) شاخص برداشت محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و وزن خشک و شاخص‌های رشد در شش نوبت به فاصله هر هفته یک بار (پس از دو هفته نشاکاری) نمونه‌برداری صورت گرفت. در هر نمونه‌برداری تعداد دو کپه به طور تصادفی انتخاب و کف‌بر شدند. سطح برگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ (Model LI 3100, S . R. NON LAM 1308 Li Cor The USA) اندازه‌گیری شد. بخش هوایی بوته‌ها جهت خشک کردن و به دست آوردن وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس نمونه‌های خشک شده با ترازوی دیجیتال توزین شد و به عنوان ماده خشک ثبت گردید. شاخص‌های رشد شامل شاخص سطح برگ (LAI)، وزن خشک کل گیاه (TDM)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

(RGR)، نسبت سطح برگ (LAR)[1] و سرعت جذب خالص (NAR)[2] محاسبه شدند. به منظور توصیف روند تغییر شاخص برگ نسبت به روز پس از نشاکاری، از رابطه ۱ استفاده شد که بهترین برازش را با نقاط اندازه‌گیری شده نشان داد. در این معادله شاخص سطح برگ با LAI، تعداد روز پس از نشاکاری با dat[3] و ضرایب معادله با a، b و c مشخص شده‌اند (سلطانی، ۱۳۸۴).

رابطه ۱: (LAI=((a×exp((-a)×(dat-b×c))/(1+exp((-a))××((dat-b)))2)

برای توصیف وزن خشک در طول در زمان از رابطه ۲ استفاده شد (سلطانی، ۱۳۸۴). در این معادله a ضریب معادله، b مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد تجمع ماده خشک، DMmax حداکثر تجمع ماده خشک، dat تعداد روز پس از کاشت و Y ماده خشک است.

رابطه ۲: (Y=DMmax/(1+exp(-a×(dat-b)))××2)

برای توصیف تغییرات سرعت رشد محصول در مقابل زمان از رابطه ۳ استفاده شد:

رابطه ۳: (CGR=((a×exp((-a)×(x-b))×maxdm))/((1+exp((-a)×(x-b)))××2)

برای محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR)، نسبت سطح برگ (LAR) و سرعت جذب خالص (NAR) از رابطه‌های ۴، ۵ و ۶ استفاده شد:

رابطه ۴: RGR= CGR/TDM

رابطه ۵: LAR = CGR/TDM

رابطه ۶: NAR= RGR/LAR

داده‌های آزمایش حاصله بر اساس نوع آزمایش در اکسل ثبت شده و توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین تیمارها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. هم‌چنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

1- Leaf area Rate
2- Net Assimilation Rate
3- Day after transplanting

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر عامل آبیاری بر عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد، و از نظر تعداد پنجه بارور در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده ولی از نظر تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت معنی‌دار نشد. در حالی که اثر عامل کود در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید. هم‌چنین برهم‌کنش آبیاری و کود از نظر اثر بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال پنج درصد و از نظر اثر بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و در دیگر صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید (جدول ۲).

**جدول ۲: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه**

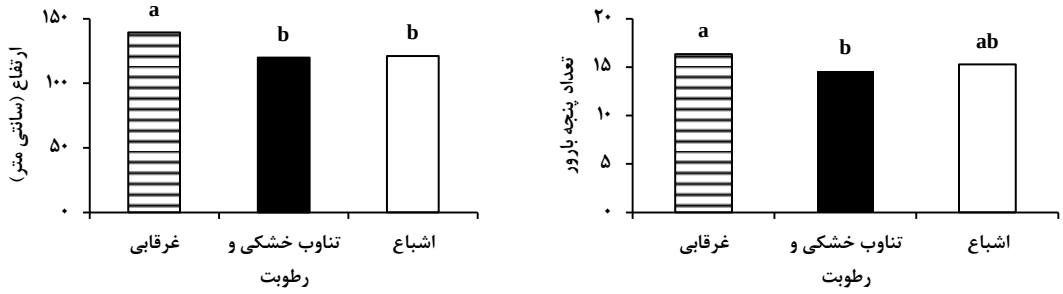
| منابع تغییرات | درجه آزادی | عملکرد شلتوک | عملکرد بیولوژیک | تعداد دانه در خوشه | شاخص برداشت | ارتفاع بوته | تعداد پنجه بارور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۵۹۲۱۶٫۳۹ ns | ۳۰۶۰۷۰۵۷٫۸۱ ** | ۱۳۶۳٫۰۱ ** | ۱۵۲٫۴۰ ns | ۱۴۷٫۳۷ ns | ۱٫۷۳۸ ns |
| آبیاری | ۲ | ۲۹۸۵۱۴۰٫۴۶ ** | ۲۳۳۷۴۸۶۳٫۶۷ ** | ۵۱۸٫۸۱ ns | ۲۵٫۸۹ ns | ۲۱۴۲٫۱۲ ** | ۱۴٫۰۷ * |
| کود | ۵ | ۷۳۲۴۷۷٫۷۶ ns | ۶۳۱۶۱۹۲٫۴۷ ns | ۳۴۸٫۴۱ ns | ۶۴٫۳۳ ns | ۹۳٫۷۰ ns | ۳٫۶۶ ns |
| آبیاری× کود | ۱۰ | ۸۷۷۵۸۳٫۲۶ * | ۱۳۴۴۳۴۸۱٫۰۱ ** | ۲۲۱٫۲۸ ns | ۶۸٫۵۶ ns | ۲۶٫۲۷ ns | ۰٫۷۳ ns |
| خطا | ۳۴ | ۳۹۷۲۳۷٫۷۵ | ۳۳۰۳۸۸۲٫۷۳ | ۲۱۷٫۵۱ | ۴۹٫۹۹ | ۱۱۹٫۳۳ | ۳٫۴۰ |
| ضریب تغییرات | - | ۱۱٫۵۴ | ۱۷٫۴۵ | ۱۰٫۳۵ | ۱۵٫۴۸ | ۸٫۶۲ | ۱۱٫۹۷ |

** , *, ns به ترتیب در سطح ۱ و ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

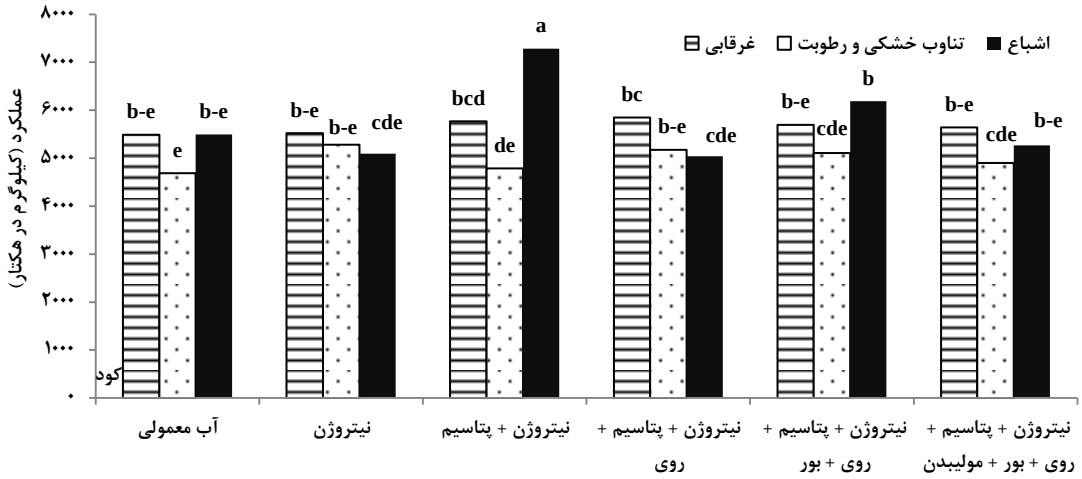
مقایسه میانگین اثر ساده تیمارها نشان می‌دهد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری غرقابی با میانگین ۱۳۹/۳۵ سانتی‌متر به دست آمد. تیمارهای آبیاری تناوبی و اشباع به ترتیب با میانگین ۱۲۱/۰۸ و ۱۱۹/۸۹ سانتی‌متر از نظر آماری با همدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند و در یک گروه واقع شدند. تیمارهای آبیاری غرقابی و اشباع از نظر تعداد پنجه بارور به ترتیب با میانگین ۱۶/۳۴ و ۱۵/۲۸ عدد بیش‌ترین تعداد را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). آب نقش مهمی در افزایش ارتفاع گیاه برنج دارد. به عبارت دیگر هر چه آب در مزرعه برنج بیش‌تر باشد، ارتفاع گیاه هم بیش‌تر خواهد شد و تنش رطوبتی باعث کاهش ارتفاع می‌گردد. برهم‌کنش دو عامل آبیاری و کود نشان داد که بیش‌ترین عملکرد شلتوک با میانگین ۷۲۸۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با میانگین ۴۶۹۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط از تیمارهای آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم و تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با آب معمولی به‌دست آمد (شکل ۲). محمودی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که تغذیه برگی عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی اثر معنی‌داری بر وزن خشک گیاه و عملکرد شلتوک داشت.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

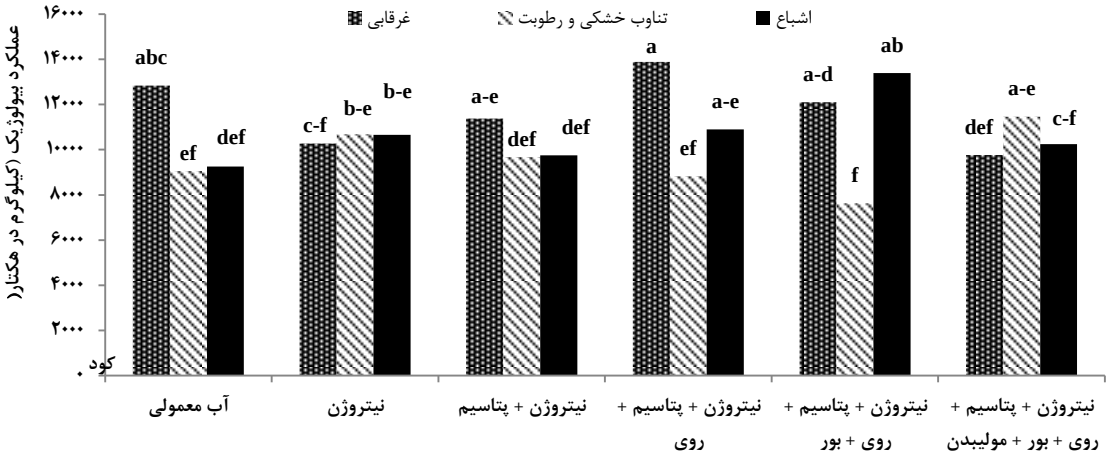



**شکل ۱: مقایسات میانگین اثر ساده تیمارها برای صفات مورد مطالعه**




**شکل ۲: برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی برگی عناصر غذایی بر عملکرد شلتوک**

برهم‌کنش دو عامل آبیاری و کود نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۳۸۸۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با میانگین ۷۶۲۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب مربوط از تیمارهای آبیاری غرقابی در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن+ پتاسیم + روی و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن+ پتاسیم + روی + بور به دست آمد (شکل ۳).

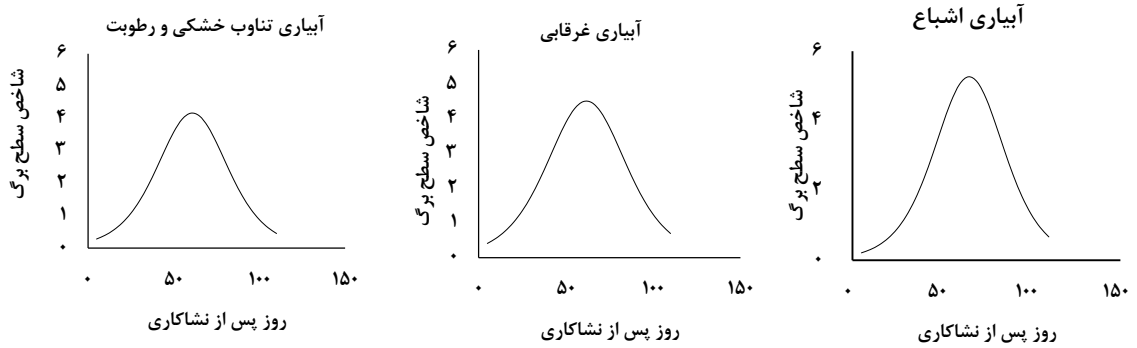



**شکل ۳: برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی برگی عناصر غذایی بر عملکرد بیولوژیک**

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

**شاخص سطح برگ** (LAI)

روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل ۴ نشان داده شده است. بر این اساس، تا ۶۵ روز پس از نشاکاری روند تغییرات به صورت افزایشی و سپس کاهشی بوده است. به نظر می‌رسد که کاهش شاخص سطح برگ در انتهای فصل رشد به علت پژمردگی برگ‌های پائینی و ریزش برگ‌ها باشد. حداکثر شاخص سطح برگ حدود ۶۵ روز پس از نشاکاری در آبیاری اشباع به مقدار (۵/۲۷) و آبیاری غرقابی به مقدار ۴/۴۷ و حداقل شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۴/۱۷ در رقم کشوری حاصل شد. همچنین آبیاری اشباع در رقم کشوری نسبت به سایر روش-های آبیاری زودتر به حداکثر شاخص سطح برگ رسید. این‌طور به نظر می‌رسد کمبود آب در اوایل رشد گیاه برنج منجر به کوچک شدن برگ، کاهش سطح برگ و فتوسنتز گیاه خواهد شد.




**شکل ۴: روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) رقم کشوری در روش‌های آبیاری**

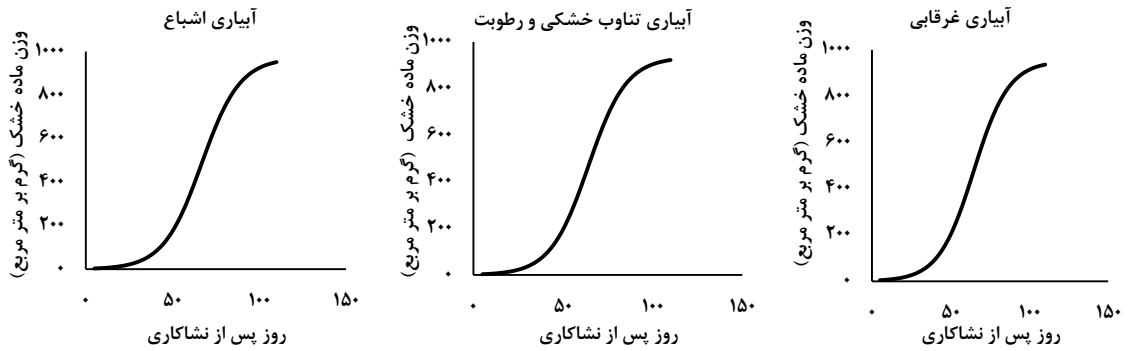
با پیشرفت رشد گیاه، سطح برگ بوته‌های برنج افزایش یافته در نزدیک خوشه‌دهی به حداکثر می‌رسد و سپس به دلیل مرگ برگ‌های پائینی کاهش می‌یابد با افزایش سطح برگ اهمیت سرعت فتوسنتز برگ در تعیین ماده خشک کاهش می-یابد (Amam and Ceghatolaslami, 2005). شاخص سطح برگ بهترین معیار برای تعیین ظرفیت تولید ماده خشک می‌باشد (Adamsen and Coffelt, 2005). از آن‌جایی که حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث می‌شود (Manaffe and Kloepper, 2004) هر اندازه سطح برگ گیاه در این موقع بیش‌تر باشد به همان اندازه نیز گیاه قادر به استفاده بهتر و بیش‌تر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تری پیدا می‌کند که در نهایت بر عملکرد دانه اثر می‌گذارد (Sharma, 2003). افزایش سطح برگ قبل از مرحله گلدهی در افزایش تولید مواد فتوسنتزی و ذخیره هیدرات‌کربن در ساقه و برگ‌ها و سپس انتقال مجدد به دانه بعد از مرحله گرده افشانی از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج این آزمایش نشان داده که بیشترین سطح برگ و در فاصله زمانی کمتر از نشاکاری متعلق به تیمار آبیاری

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

اشباع بود و یکی از عواملی که منجر به افزایش تولید در این تیمار در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری گردید می‌تواند افزایش تولید مواد فتوسنتزی ناشی از افزایش سطح برگ قبل از مرحله گلدهی و انتقال مجدد ماده خشو تولید شده به دانه بعد از مرحله گرده افشانی باشد این طور به نظر می‌رسد که در روش آبیاری اشباع، اکسیژن بیشتری به ریشه گیاه برنج رسیده و باعث معدنی شدن بهتر مواد آلی خاک شده و در نتیجه مواد غذایی بیشتری به قسمت‌های مختلف گیاه به خصوص ساقه‌ها، برگ‌ها و دانه‌های برنج منتقل خواهد شد. بنابراین با افزایش سطح برگ، سطح اندام‌های فتوسنتز کننده، دریافت انرژی خورشیدی در طول زمان، تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد شلتوک برنج افزایش پیدا خواهد کرد که با گزارش صداقت و همکاران (۱۳۹۳) مشابهت دارد.

**وزن ماده خشک** [1](TDM)

روند تغییرات تجمع کل ماده خشک در شکل ۵ نشان داده شده است به طوری که تا ۳۵ روز پس از نشاکاری روند تجمع کل ماده خشک به آهستگی در حال افزایش بوده و از ۳۵ تا ۸۵ روز پس از نشاکاری روند افزایش سریعی داشته سپس مقدار آن در ۹۰ روز پس از نشاکاری ثابت باقی ماند. حداکثر تجمع کل ماده خشک در آبیاری اشباع به مقدار ۹۵۱/۸۳ گرم در متر مربع و آبیاری غرقابی به مقدار ۹۳۶/۸۸ گرم در متر مربع به‌دست آمد. حداقل تجمع ماده خشک کل مربوط به آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۹۲۲/۰۷ گرم در متر مربع در رقم کشوری حاصل شد. به‌طور کلی میزان ماده خشک گیاه یک استاندارد بحرانی برای تعیین عملکرد دانه است و اساس افزایش عملکرد دانه، در اختیار داشتن ماده خشک کافی در گیاه است (Song *et al*., 2013).




**شکل ۵: روند تغییرات کل ماده خشک (TDM) رقم کشوری در روش‌های مختلف آبیاری**

افزایش ماده خشک در تیمارها در اوایل دوره رشد سرعت کم‌تری داشت، اما با گرم تر شدن هوا، سرعت آن افزایش یافته است و با نزدیک‌تر شدن به آخر دوره رشد و مرحله رسیدگی از سرعت آن کاسته شد. سپس به مدت چندین روز

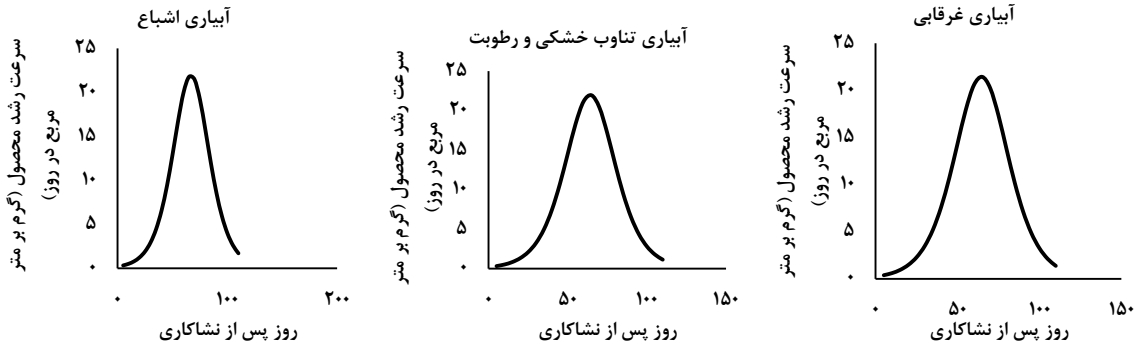
1- Total dry matter

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

تغییر چندانی نداشت (Goudriaan and Monteith, 2003) که با نتایج حاصله از این تحقیق مطابقت دارد. تولید ماده خشک همانطور که در شکل های ۵ نشان داده می‌شود یک روند سیگوئیدی یا S شکل است، این روند بیانگر این است که گیاه چند روز اول بعد از کاشت تولید ماده خشک نداشته و عمدتا از ماده خشک ذخیره شده برای حفظ و نگهداری خود استفاده می‌کند اما بعد از استقرار و جذب مواد غذایی، آب و دی اکسید کربن در حضور نور خورشید، میزان سطح برگ و نهایتا تولید مواد فتوسنتزی یا ماده خشک در واحد سطح افزایش می‌یابد. در مرحله نهایی که مرحله کاهش سطح برگ همراه با پیری و خشک شدن برگ‌ها و تبدیل بافت‌های فعال فتوسنتزی به بافت‌های ساختمانی و انتقال ماده خشک به دانه‌ها می‌باشد روند نمودار همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می شود، حالت ثابت دارد که با نتایج محققین در این خصوص منطبق می‌باشد. همان‌طور که ذکر شد تولید ماده خشک بالا در روش آبیاری اشباع می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد شلتوک باشد، زیرا مواد فتوسنتزی تولید شده در این روش نسبت به دیگر روش‌های آبیاری، به مقدار بیش‌تری به دانه‌ها انتقال می‌یابند.

### سرعت رشد محصول (CGR)

روند تغییرات سرعت رشد محصول در شکل ۶ نشان داده شده است. سرعت رشد محصول شاخصی از تولید ماده خشک گیاه در واحد زمین در واحد زمان و در یک دوره زمانی مشخص می‌باشد به عبارتی شاخص قابلیت تولید کشاورزی است. سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن درصد نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود، کم است. که در محدوده ۶۵-۳۵ روز پس از نشاکاری روند صعودی به خود می‌گیرد. حداکثر سرعت رشد محصول در آبیاری اشباع به مقدار ۲۱/۷۸ گرم بر مترمربع در روز، آبیاری غرقابی به مقدار ۲۱/۴۲ گرم بر مترمربع در روز و کم‌ترین سرعت رشد محصول مربوط به آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۲۱/۱۶ گرم بر مترمربع در روز در رقم کشوری حاصل شد.




**شکل ۶: روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) رقم کشوری در روش‌های مختلف آبیاری**

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

تغییرات سرعت رشد گیاه بر مبنای روزهای پس از کاشت، نشان می‌دهد که در کل تیمارها، سرعت رشد گیاه ابتدا افزایش و بعد از رسیدن به میزان حداکثر کاهش می‌یابد. این امر از افزایش تدریجی و فزاینده جذب نور خورشید متناسب با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل دوره رشد و در نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاهان ناشی می‌شود. با پیر شدن برگ‌ها به دلیل کاهش سرعت تجمع ماده خشک، سرعت رشد گیاه نیز کاهش یافت. علت منفی شدن این شاخص در مراحل آخر رشد گیاه، کاهش ماده خشک بر اثر ریزش برگ‌ها است (Ngoujia *et al*., 2001). حداکثر سرعت رشد محصول برای هر گونه معین و در شرایط مطلوب هنگامی پدید می‌آید که پوشش برگ‌ها کامل باشد و این حالت نشان دهنده حداکثر توانایی تولید ماده خشک و حداکثر میزان تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی در گیاه است، اما از مرحله گل‌دهی به بعد به علت زرد شدن برگ‌ها و ریزش آن ها، شاخص سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه CGR کاهش می‌یابد. سرعت رشد محصول که نشان دهنده‌ی افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان است، مهم ترین شاخص جهت تجزیه و تحلیل رشد می‌باشد و به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان زراعی به کار گرفته شده است (ناظری و همکاران، ۱۳۹۱). همان طور که در شکل ۶ نشان داده می‌شود روند تغییرات CGR همانند LAI است، به عبارتی با افزایش سطح برگ که با فزایش جذب نور خورشید همراه است منجر به سرعت رشد بیشتر محصول یا تولید ماده خشک در واحد زمین و زمان می‌گردد. بالا بودن CGR بیانگر کارائی جذب بیشتر نور توسط یرگ‌ها و انتقال ماده خشک تولید شده به مخزن‌های فرعی و اصلی می‌باشد. این نتایج بیانگر این است که رقم برنج کشوری روزانه به طور متوسط ۲۱ گرم ماده خشک در هر مترمربع تولید می‌نماید که اگر دوره رشد فعال رقم برنج کشوری را که از مرحله استقرار تا رسیدگی فیزیولوژیکی می باشد، حدود ۷۰ روز در نظر بگیریم مقدار تولید ماده خشک حدود ۱۴۰۰ گرم در مترمربع یا ۱۴ تن در هکتار می‌باشد. اگر شاخص برداشت را ۴۵ درصد در نظر بگیریم به طور میانگین از کل وزن خشک تولیدی، حدود ۶۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به وزن دانه و ۷۷۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط وزن کاه و کلش می‌باشد. به نظر می‌رسد که در روش آبیاری اشباع به دلیل تهویه بهتر، جذب انرژی خورشیدی و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده که با توجه به رابطه مستقیم با شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول (CGR) هم افزایش می‌یابد که با نتایج (Ngoujia *et al*., 2001) مطابقت دارد.

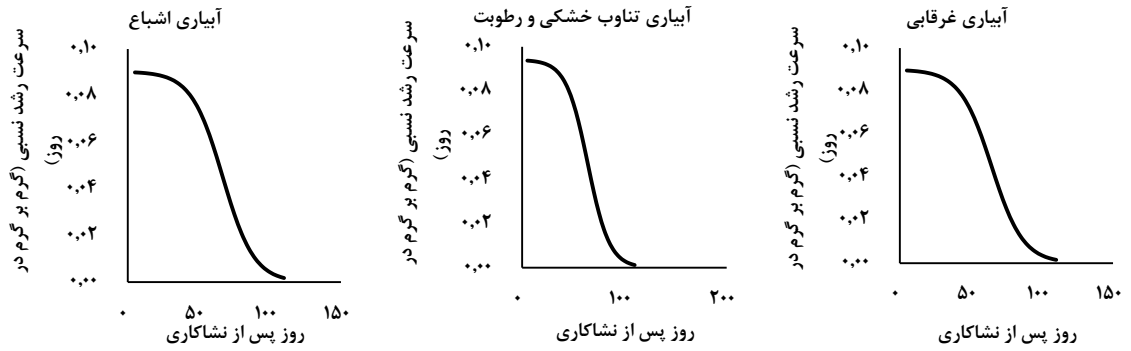
**سرعت رشد نسبی (RGR)**

روند تغییرات سرعت رشد نسبی در شکل ۵ نشان داده که در ابتدای رشد گیاه، مقدار آن افزایشی و سپس روند آن کاهشی بوده است. حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای رشد در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۰/۰۹۳ گرم بر

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

گرم در روز و کم‌ترین آن در آبیاری غرقابی به مقدار ۰/۰۸۹ گرم بر گرم در روز در رقم کشوری به‌دست آمد به طوری که در آبیاری سنتی از روند تندی برخوردار بوده است (شکل ۷).



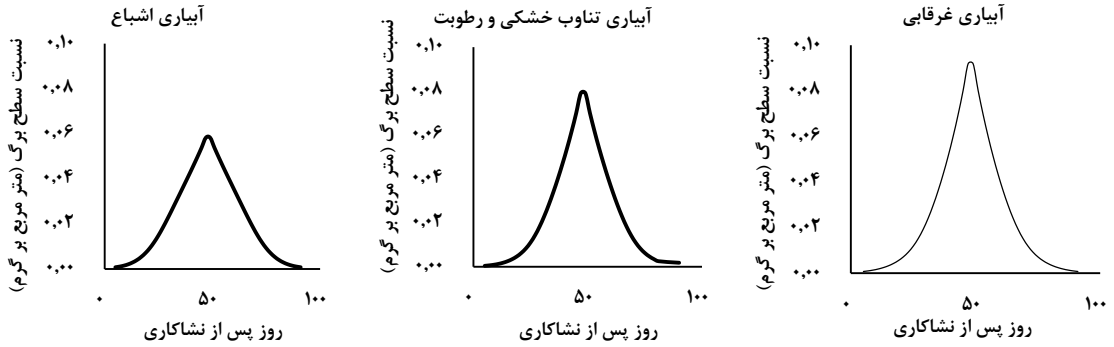

**شکل ۷: روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) رقم کشوری در مدیریت‌های مختلف آبیاری**

سرعت رشد نسبی نمایانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است که آن را شاخص کارآیی نیز نامیده و بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌نمایند (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). سرعت رشد نسبی در این مطالعه از ابتدا تا انتهای فصل رشد یک روند کاهشی بود و با گذشت زمان سرعت رشد نسبی کاهش یافت و در انتهای فصل به حداقل مقدار ممکن خود رسید. در ابتدای فصل به دلیل وجود حداکثر بافت‌های جوان و وزن کم گیاه، نسبت به سایر مراحل رشد در بیش‌ترین مقدار خود قرار داشت اما با گذشت زمان به علت افزایش بافت‌های غیر زنده و مسن، افزایش نسبت بافت‌های غیر فتوسنتز کننده به بافت‌های فتوسنتز کننده، سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و کاهش توان فتوسنتزی در واحد سطح، مقدار سرعت رشد نسبی روند کاهشی پیدا کرد. سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد زیرا با گذشت زمان قسمت‌های مهم گیاه مانند ساقه قدرت فتوسنتز و فعالیت‌های متابولیکی اثرگذار در رشد گیاه را از دست داده و غیرفعال می‌شوند و سهم زیادی در رشد گیاه ایفا نمی‌کنند و به همین دلیل با گذشت زمان، رشد گیاه با افزایش مقدار تنفس در اواخر دوره رشد، منفی می‌گردد (ناظری و همکاران، ۱۳۹۱). همانطور که در شکل‌های ۷ مشاهده می‌شود بالا بودن میزان RGR نشان دهنده بالا بودن تولید مواد فتوسنتزی در واحد سطح زمین نیست اما بیانگر فعالیت سطح مشخصی از اندام فتوسنتر کننده نسبت به وزن همان اندام می‌باشد. سرعت رشد نسبی عمدتا به بهره‌وری با نور خورشید و نهاده‌های مصرفی مرتبط است و در مراحل پایانی رشد چون سایه اندازی برگ‌ها بیشتر شده و میزان جذب نور خورشید به ازای واحد سطح برگ کاهش می‌یابد گیاه افزایش وزن کمتری نسبت به وزن قبلی خواهد داشت. اگر با مدیریت صحیح تاریخ، فاصله کاشت و تغذیه کافی، گیاه در مراحل پایانی رشد با جذب نور بیشتری مواجه شود، افزایش RGR می تواند در بالابردن تولید نقش مهمی داشته باشد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

### نسبت سطح برگ (LAR)

نسبت سطح برگ بیان کننده نسبت بین سطح برگ یا بافت‌های فتوسنتزکننده به کل بافت‌های تنفس کننده یا وزن کل گیاه است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۰). روند تغییرات نسبت سطح برگ در شکل ۸ نشان می‌دهد که حداکثر مقدارآن در محدوده ۵۰-۲۰ روز پس از نشاکاری صورت گرفته است. حداکثر نسبت سطح برگ در آبیاری غرقابی به مقدار ۰/۰۹۲ متر مربع بر گرم و در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۰/۰۷۹ متر مربع بر گرم بوده است. حداقل نسبت سطح برگ در آبیاری اشباع به مقدار ۰/۰۵۸ متر مربع بر گرم در رقم کشوری حاصل شد.




**شکل ۸: روند تغییرات نسبت سطح برگ (LAR) رقم کشوری در روش‌های مختلف آبیاری**

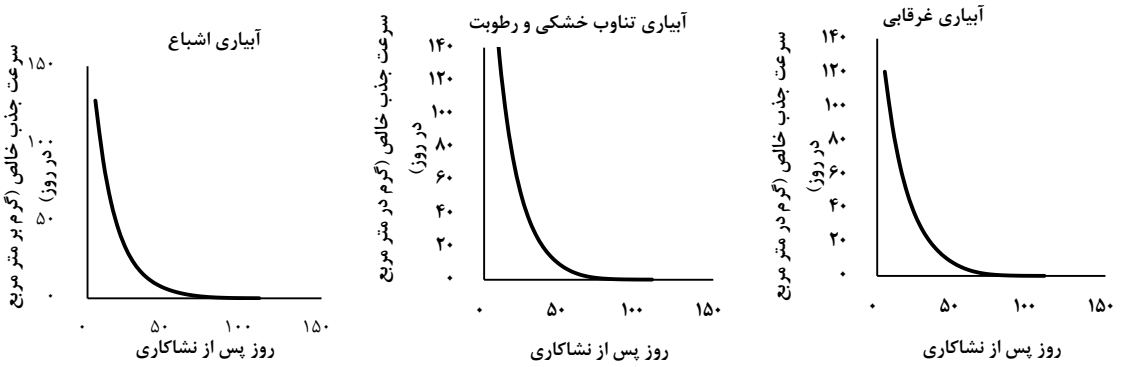
### سرعت جذب خالص (NAR)

سرعت جذب خالص بیانگر این است که هر واحد سطح برگ چقدر ماده فتوسنتزی در روز تولید می‌کند. در واقع راندمان و کارایی فتوسنتز را بیان می‌کند. روند تغییرات سرعت جذب خالص در شکل ۹ نشان می‌دهد که در اوایل رشد بوته‌ها، سرعت جذب خالص به دلیل آنکه تمام سطح برگ در معرض نور خورشید بوده و فعالانه فتوسنتز می‌کنند، در حداکثر مقدار خود بوده و به تدریج با گذشت زمان، روند کاهشی داشته است. حداکثر سرعت جذب خالص در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به مقدار ۱۹۲/۳۲ گرم بر مترمربع در روز نسبت به سایر روش‌های آبیاری در رقم کشوری بدست آمد. به طوری که در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در طی رشد گیاه برنج از شیب تندی برخوردار بودند. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات صداقت و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

معادله پیش بینی تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل تاریخ پس از نشاکاری برنج در جدول ۳ آمده است. در این تحقیق حداکثر شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در رقم کشوری در آبیاری اشباع و سرعت جذب خالص در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت به‌دست آمد. این نشان می‌دهد که در اوایل رشد چون هنوز تمام برگ‌ها

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

جوان و تولید کننده هستند، میزان تولید در واحد سطح برگ بسیار بیش‌تر از زمانی است که حداکثر شاخص سطح برگ و تولید ماده خشک اتفاق می‌افتد.




**شکل ۹: روند تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) رقم کشوری در روش‌های مختلف آبیاری**

**جدول ۳: تغییرات شاخص سطح برگ در گیاه برنج رقم کشوری در روش‌های مختلف آبیاری و سطوح کود**

| کود | n | a±se | b±se | c±se | $LAI_{max}$ | $T_{max}$ | RMSE | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **آبیاری غرقابی** | | | | | | | | |
| در شش سطح | ۱۰ | ۰/۰۶۵۹± | ۶۱/۸۰۹± | ۲۷۴/۴± | ۴/۵ | ۶۰ | ۰/۳ | ۰/۸۷ |
| **تناوب خشکی و رطوبت** | | | | | | | | |
| در شش سطح | ۱۰ | ۰/۷۲۴± | ۶۰/۹۲۲± | ۲۳۰/۶± | ۴/۲ | ۶۰ | ۰/۲ | ۰/۸۴ |
| **آبیاری اشباع** | | | | | | | | |
| در شش سطح | ۱۰ | ۰/۰۷۵۸ | ۶۵/۳۸۷۶ | ۲۷۸ | ۵/۳ | ۶۵ | ۰/۴ | ۰/۸ |

ضرایب (a،b و c) معادله پیش بینی تغییرات شاخص برگ در مقابل تاریخ پس از نشاکاری. تعداد مشاهدات (n)، حداکثر شاخص سطح برگ ($LAI_{max}$) و زمان وقوع آن بر حسب روز ($T_{max}$)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین ($R^2$) نیز آورده شده است.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد شلتوک با میانگین ۷۲۸۴ کیلوگرم در هکتار (با افزایش ۲۶/۲۴ درصد نسبت به شاهد) و کم‌ترین آن با میانگین ۴۶۹۰ کیلوگرم در هکتار (با کاهش ۱۴/۵۶ درصد نسبت به شاهد) به ترتیب مربوط به آبیاری اشباع در شرایط محلول‌پاشی نیتروژن + پتاسیم و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با آب معمولی بوده است. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۳۸۸۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با میانگین ۷۶۲۸ کیلوگرم در هکتار (با کاهش ۴۵/۰۶ درصد نسبت به شاهد) به ترتیب مربوط به آبیاری غرقابی در شرایط محلول‌پاشی

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

نیتروژن + پتاسیم + روی و آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در شرایط محلول‌پاشی با نیتروژن + پتاسیم + روی + بور بوده است. در این تحقیق حداکثر شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در رقم کشوری در آبیاری اشباع و سرعت جذب خالص در آبیاری تناوب خشکی و رطوبت بدست آمد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، شرایط منطقه، داشتن آب کافی می‌توان روش آبیاری اشباع را در روند رشد گیاه برنج به کار برد و از مزایای آن شامل صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری و در نهایت کاهش هزینه تولید و افزایش درآمد کشاورزان بهره‌مند شد. با این وجود با توجه به نوپا بودن چنین روش‌هایی نیاز به مطالعه بیش‌تر برای حصول اطمینان از نتایج به دست آمده ضروری است.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از کمک‌های مسئولین و کارشناسان مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) در اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

**پاینده، م.، مجدم، م. و دروگر، ن. ۱۳۹۷.** کاربرد عناصر ریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۳۸): ۳۷-۲۳.

**سلطانی، ا. ۱۳۸۴.** تعیین پارامترهای تجمع و توزیع نیتروژن در گیاه نخود. گزارش طرح پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

**صداقت، ن.، پیردشتی، ه.، اسدی، ر. و موسوی‌طغانی، س.ی. ۱۳۹۳.** اثر روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج. نشریه علمی پژوهشی پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸ (۱): ۹-۱.

**طالشی، ک.، اصولی، ن. و نصیری م. ۱۳۸۳.** بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد در ارقام مختلف برنج.

**قربانیان‌آستانه، ی.، امیری، ا.، رضوی‌پور، ت. و رضایی، م. ۱۳۹۲.** بررسی اثر سیستم نوین مدیریت کشت (SRI) بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در مزارع برنج. فصل‌نامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی (دانش نوین کشاورزی پایدار). ۹ (۴): ۶۱-۵۳.

**کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۰.** فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۰۰ صفحه.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

**کوچک دزفولی، م.، شکوه‌فر، ع.ل.، لک، ش.، علوی‌فاضل، م. و مجدم، م. ۱۳۹۸.** اثر زمان محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد دانه، ویژگی‌های مرفولوژیک و میزان عناصر موجود در برگ ذرت (S.C704) در شرایط کم-آبیاری. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۴): ۱۱۱-۹۱.

**محمودی، ب.، مبلغی، م.، افتخاری، ع. و نشایی‌مقدم، م. ۱۳۹۸.** بررسی کاربرد برگی عناصر غذایی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج پر محصول رقم ساحل. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۴): ۴۱-۲۳.

**مهدی‌نیاافرا، ج.، نیک نژاد، ی.، فلاح آملی، ه. و براری‌تاری، د. ۱۳۹۹.** اثر منابع مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر برخی مولفه‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف برنج در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲ (۴۵): ۴۴-۲۵.

**ناظری، پ.، کاشانی، ع.، خاوازی، ک.، اردکانی، م.ر. و میرآخوری، م. ۱۳۹۱.** بررسی تأثیر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کود زیستی میکروبی فسفاته حاوی روی و کود شیمیایی فسفر در لوبیا. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۳): ۱۲۶-۱۱۱.

**نصراله‌زاده، ص.، قاسمی گلعذانی، ک. و راعی، ی. ۱۳۹۰.** بررسی اثرات سایه‌اندازی روی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد دانه باقلا. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱ (۶): ۲۷-۱۵.

**Adamsen, F.J. and Coffelt, T.A. 2005**. Planting date effects on flowering, seed yield and oil content of rape and Crambe cultivars. Industrial Crops and Products, 21(3): 293-307.

**Amam, Y. and Seghatolaslsmi, M.J. 2005**. Crops yields. Shiraz University Press. 593 pp. (translation)

**Aytak, Z., Gulmezoglu, N., Sirel, Z., and Tolay, I. 2016.** The effect of zinc on yield, yiel components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Network of Bitany, Horticulture and Agrology. 42(1): 202-208.

**Busari, T. L., Senzanje, A., Odindo, A. O. and Buckley, C. A.2019.** Irrigation management techniques with anaerobic baffled reactor effluent: effect on rice growth, yield and water productivity. Water practice and technology. 14 (1): 88-100.

**Carrijo, D.R., Lundy, M.E. and Lindquist, B.A. 2017**. Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. Field Crops Research, 203: 173-180.

**Ghosh, B. and Chakma. N. 2015**. Impacts of rice intensification system on two C. D. blocks of Bardhaman district, West Bengal. Current Science. 109(2): 342-346.

**Goudriaan, J. and Monteith, J.L. 2003**. A mathematical function for crop growth based on light interception and leaf area expansion. Annals of botany, 66: 695-701.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

**Manaffe, W.F. and Kloepper, J.W. 2004**. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. Crop Science, 35: 150-164.

**Ngoujiv, M., Mc-Giffen, J.M.E., Mans- Field, S. and Ogbuchiekwe, E. 2001**. Comparison of methods to estimate weed populations and their performance in yield loss description models. Weed Sci. 49: 385-394.

**Sharma, A.K. 2003**. Biofertilizers for sustainable agriculture. 1st edition. Jodhpur: Agrobios, India, 456p.

**Song, G.Y., Xu, Z.J. and Yang, H.S. 2013.** Effects of N rates on N uptake and yield in erect panicle rice. Agricultural Science. 4: 499–508.

**Takayoshi, Y., Tunn, I.M., Kazunori, M. 12and Shigeki, Y. 2016**. Alternate Wetting and Drying (AWD) Irrigation Technology Uptake in Rice Paddies of the Mekong Delta, Vietnam: Relationship between Local Conditions and the Practiced Technology. Asian and African Area Studies, 15 (2): 234-256.

**Traore, S., Mason, S.C., Martin, A.R., Mortensen, D.A. and Spotanski, J.J, 2003**. Velvetleaf interference effects on yield and growth of grain sorghum. Weed Sci. 45:345-351.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]

# The evaluation of some morphophysiological characteristics and growth indices of rice (*Oryza sativa* L.) in irrigation methods

N. Sedaghat[*1], A. Biabani[2], H. Sabouri[3], M. Nasiri[4], A. Fallah[5] and S. Safikhani[6]

1 & 6) Ph.D. Graduated of Plant physiology, Gonbad University, Gonbad, Iran.

2 & 3) Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty Member of Gonbad University, Gonbad, Iran.

4 & 5) Assistant Professor and Scientific Staff of Rice Research Institute of Iran, Deputy of Mazandaran (Amol), Amol. Iran.

**Corresponding authors: Nsedaghat1347@gmail.com**

**Received date: 2020.02.04** **Accepted date: 2020.05.17**

## Abstract

**In order to investigate the analysis of growth characteristics and morphophysiological traits of rice, a test in the form of a split plot experiment with three irrigation levels and six spraying solutions with three replications was conducted at the Rice Research Institute (Mazandaran- Amol) in 2017. Treatments were included methods of irrigation and solubility with nutrients and Keshvari cultivars. By measuring dry weight and leaf area during six sampling periods during the growth of rice, the trend of changes in growth indices was plotted by functional method relative to the day after transplantation. The results of analysis of variance showed that the irrigation factor in terms of grain yield and biological yield was significant at 1% level and was not significant in other traits. Fertilizer factor in any of the traits was not meaningful. Also, the interaction between irrigation and fertilizer in terms of grain yield in five percent and in terms of biological yield was significant at level of 1 percent and in other traits was not significant. The highest grain yield (7284 kg. ha) and the lowest (4690 kg. ha), respectively, were related to irrigation under flood conditions of nitrogen + potassium and irrigation and drying under normal water solubility conditions. The highest leaf area index in saturated irrigation was obtained (5.27) and the lowest leaf area index was obtained for drought irrigation and moisture irrigation treatments (4.17) in the Keshvari cultivars. Therefore, considering the maximum leaf surface index, total dry matter accumulation and product growth rate in saturated irrigation, it can be suggested among rice irrigation methods as the best option under similar conditions with the present study.**

**Keywords:** Rice, Leaf area index, Yield and dry matter.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-07-04 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.47.7.1 ]