# اثر آرایش کاشت و سن نشاء بر روی برخی صفات فیزیولوژیکی و راندمان مصرف نور در ارقام بومی و پر محصول برنج خوزستان

مدینه بناری[۱]، پیمان حسیبی[۲*] و عبدالعلی گیلانی[۳]

۱ و ۲) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۳) مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

**نویسنده مسئول[*]: p.hassibi@scu.ac.ir**

**این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.**

**تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۲/۰۲** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲**

## چکیده

**کارایی مصرف نور از مهم‌ترین خصوصیات اکوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی محسوب می‌شود که در ارزیابی میزان نور جذب شده، تولید ماده خشک و عملکردآنها مؤثراست. با همین هدف،به منظور مطالعه راندمان مصرف نور در برخی ارقام برنج آزمایشی دو ساله طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پایلوت شهر قلعه تل استان خوزستان انجام شد. ارقام برنج شامل چمپا، عنبوری و دانیال به‌عنوان عامل اصلی، آرایش کاشت در سه سطح (۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵، ۳۰×۱۵ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل فرعی و سن نشاء (۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه) به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. نتایج نشان داد بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۵/۸) مربوط به نشاءهای ۳۰ روزه رقم چمپا در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر بود. بیش‌ترین سرعت رشد گیاه در نشاء ۳۰ روزه و تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر در رقم دانیال (۳۳//۳ گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد. سرعت فتوسنتز خالص در نشاء ۵۰ روزه رقم دانیال در انتهای فصل رشد به علت آرایش عمودی برگ‌ها روندی صعودی پیدا کرد. در ابتدای فصل رشد، بیش‌ترین سرعت رشد نسبی به مقدار ۰/۱۸ گرم در مترمربع در روز در نشاء ۴۰ روزه رقم عنبوری، در آرایش کاشت ۳۰×۱۵ سانتی‌متر حاصل گردید. افزایش تعداد کپه در واحد سطح درآرایش کاشت از ۱۵×۱۵ سانتی‌متری باعث شد تا گیاه سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برسد که منجر به افزایش راندمان مصرف نور در این آرایش کاشت گردید و تغییر آرایش کاشت از ۱۵×۱۵ سانتی‌متر به ۳۰×۱۵ سانتی‌متر باعث کاهش راندمان مصرف نور از ۲/۱۶ به ۱/۶۰ گرم بر مگاژول شد. نتایج برهم‌کنش تیمارها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد شلتوک در هر سه رقم چمپا، عنبوری و دانیال در نشاء ۳۰ روزه در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متری به‌ترتیب ۶۵۶۳، ۶۱۰۰ و ۹۴۶۶ کیلوگرم در هکتار بود. در مجموع نشاءهای ۳۰ روزه ارقام برنج مورد مطالعه در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر با توجه داشتن شاخص سطح برگ بالاتر، سرعت رشد محصول بیش‌تر و راندمان مصرف نور جهت بهبود عملکرد برنج در منطقه محل اجرای آزمایش مناسب‌تر هستند و رقم دانیال با توجه با توجه به تفاوت عملکرد شلتوک نسبت به دیگر ارقام ( ۳۰ درصد) و تراکم پذیری بیشتر جهت نیل به پایداری عملکرد به عنوان راهکاری در شرایط خوزستان است.**

**واژه‌های کلیدی:** شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و کارایی استفاده از تشعشع.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

**مقدمه**

برنج یکی از محصولات پر استفاده در دنیا است که ۹۰ درصد آن در آسیا تولید و مصرف می‌شود. این گیاه یک سوم کل سطح زیر کشت جهانی غلات را به خود اختصاص داده و منحصراً برای مصرف انسان کشت می‌شود ( Mohidem *et al*., 2022). بر اساس آخرین آمار در ایران، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ سطح زیر کشت اراضی شالیزاری کشور بالغ بر ۶۳۷،۲۰۹ هکتار بوده است. ۱۰/۹ درصد از این اراضی زیر کشت متعلق به استان خوزستان می‌باشد. همچنین مقدار تولید این محصول در سطح کل کشور بالغ بر ۲،۹۴۳،۳۷۵ تن بوده که از این میزان تولید، سهم استان خوزستان ۲۸۴،۳۶۳ تن در هکتار بود (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱). در صورت عدم وجود آفات و بیماری‌ها، تولیدات گیاهی اغلب رابطه‌ای خطی با مقدار تابش تجمعی دریافتی دارند و تابش فتوسنتزی مهمترین عامل رشد خواهد بود (Swarna *et al*., 2017). هر عاملی که سرعت فتوسنتز برگ را تغییر دهد باعث تغییر در راندمان مصرف نور می‌شود (Ahmad *et al* ., 2009). در غیاب تنش‌ها، راندمان مصرف نور برای گونه‌های C3 مناطق معتدله بین یک تا ۱/۵ گرم بر مگاژول و برای گونه‌های C3 مناطق گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول می‌تواند متغیر باشد (Sinclair and Muchow, 1999). نشاءهای جوان به علت برخورداری از سطح برگ کم در زمان انتقال، ضمن ایجاد تعادل بین میزان تعرق و جذب آب توسط ریشه، طول دوره بازیافت را کاهش داده و در نتیجه رشد و پنجه‌زنی مجدد بوته‌ها زودتر آغاز می‌گردد. با طولانی‌تر شدن دوره رشد در زمین اصلی، فرصت بیش‌تری برای بهره‌گیری از عوامل رشد از جمله نور را داشته و در نهایت عملکرد بالاتری را تولید می‌نمایند (Yoseph and Gebre, 2014). آرایش کاشت نقش مهمی در جذب نور دارد زیرا تغییر شکل کانوپی باعث اجتناب از سایه و رقابت برای نور می‌شود. شاخص سطح برگ و ساختار کانوپی برتجمع نور، توانایی نور برای ورود به گیاه و فرایند فتوسنتز بسیار تاثیرگذار است. ارقام جدید و اصلاح شده برنج به سن نشاء در زمان انتقال به زمین اصلی حساس بوده و استقرار اولیه در زمین اصلی، بستگی کامل به انتخاب صحیح سن نشاء دارد (رمضانی و جلالی، ۱۳۹۳). در مناطقی از ایران از جمله خوزستان وجود نور فراوان یکی از منابع مهم و بالقوه در تولید گیاهان است و از سویی نور قابل ذخیره نبوده و یکی از عوامل محدود کننده گیاهان زراعی محسوب می‌شود. بنابراین باید با بهره‌گیری از روش‌های مناسب تولید، از آن استفاده کرد (Dandrea *et al*. 2008). استان خوزستان با داشتن بیش از ۳۴۰۰ ساعت آفتابی در سال، عدم وجود روزهای ابری و بارندگی در طول دوره رشد گیاه برنج دارای پتانسیل بالقوه‌ای برای تولید بیش‌تر نسبت به سایر مناطق برنج خیز است. چنین به نظر می‌رسد که می‌توان جهت سازگاری با تغییر اقلیم، با به‌کار گرفتن روش‌های صحیح مدیریتی از این منبع نامحدود به‌صورت بهینه استفاده و اثرات دمای بالا را به حداقل رسانید. لذا این آزمایش با هدف تعیین نقش هم-زمان آرایش کاشت و سن نشاء بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام برنج و بهبود راندمان مصرف نور طراحی و اجرا گردید.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

## مواد وروش ها

این تحقیق مزرعه‌ای در سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع پایلوت شهر قلعه تل در شمال شرقی استان خوزستان با مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۷۰۰ متر از سطح دریا و۳۱۹۳ ساعت آفتابی در سال اجرا شد. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد برنج در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱: متوسط درجه حرارت‌های ماهانه وساعات آفتابی ایستگاه هواشناسی ایذه در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹و ۹۹-۱۳۹۸**

| ۱۳۹۹ -۱۴۰۰ | | | ۱۳۹۸-۹۹ | | | ماه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین ساعات آفتابی | میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد) | میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد) | میانگین ساعات آفتابی | میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد) | میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد) | |
| ۸/۶ | ۱۷/۸ | ۳۶/۲ | ۷/۹ | ۱۵/۶ | ۳۴/۸ | فروردین |
| ۱۲ | ۲۴/۹ | ۴۳/۸ | ۱۲/۱ | ۲۳ | ۴۵/۱ | اردیبهشت |
| ۱۱/۸ | ۲۶/۷ | ۴۴/۱ | ۱۱/۴ | ۲۴/۳ | ۴۲/۹ | خرداد |
| ۱۰/۸ | ۲۵/۱ | ۴۴/۲ | ۱۱/۳ | ۲۵ | ۴۳/۳ | تیر |
| ۱۰/۸ | ۲۱/۸ | ۴۰/۳ | ۱۰/۵ | ۲۱/۷ | ۴۰/۸ | مرداد |
| ۹/۸ | ۱۴/۷ | ۳۵/۷ | ۹/۵ | ۱۷/۹ | ۳۶/۷ | شهریور |
| ۶/۶ | ۱۱/۱ | ۲۵/۱ | ۷ | ۱۰/۸ | ۲۷/۲ | مهر |

در این آزمایش ارقام برنج شامل چمپا، عنبوری و دانیال به‌عنوان عامل اصلی، آرایش کاشت در سه سطح ۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵، ۳۰×۱۵ سانتی‌متر به‌عنوان عامل فرعی و سن نشاء ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه به‌عنوان عامل فرعی بودند. ویژگی‌های ارقام مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

**جدول ۲: شناسه ارقام مورد مطالعه**

| خصوصیات | رقم چمپا(رقم بومی) | رقم عنبوری (رقم بومی) | رقم دانیال (رقم پرمحصول) |
|---|---|---|---|
| پنجه‌دهی | متوسط | بوته‌های قوی و کم پنجه | متوسط |
| ارتفاع بوته | ۱۵۰-۱۴۵ سانتی‌متر | ۱۵۰-۱۴۵ سانتی‌متر | ۹۵-۹۰ سانتی متر |
| دوره رشد | ۱۳۵-۱۳۰ روز | ۱۴۵ تا ۱۵۰ روز | ۱۳۵-۱۳۰ روز |
| ریشک | بدون ریشک | ریشک‌ها کوتاه قهوه ای رنگ | بدون ریشک |
| دانه | دانه متوسط و معطر | دانه‌های متوسط نسبتاً معطر | بلند |
| میانگین تولید شلتوک در هکتار | ۴.۵-۴ تن | ۵-۴.۵ تن | ۷-۶.۵ تن |

با توجه به لزوم رعایت تناوب و همچنین یکنواختی خاک محل آزمایش، شبدر برسیم به میزان ۳۰ کیلوگرم بذر در هکتار، به‌عنوان پیش کاشت، کشت شد. تهیه خزانه در اواخر اردیبهشت هر سال پس از شخم و تسطیح در زمینی به مساحت ۱۵۰ مترمربع انجام شد. بذرپاشی بذور برنج جوانه‌دار شده هر رقم به‌میزان ۵۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار در اول خرداد انجام شد. تهیه زمین اصلی با اجرای شخم در دو مرحله، روتیواتور و ماله‌کشی و تسطیح انجام شد. به‌منظور تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه مرکبی تهیه

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

گردید و به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۳ ارائه شده است.

**جدول ۳: مشخصات فیزیکی وشیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش**

| سال آزمایش | بافت خاک | ماده آلی (درصد) | پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) | فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم) | نیتروژن کل (درصد) | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | واکنش خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۸-۱۳۹۹ | لومی رسی | ۰/۷۱ | ۱۴۸ | ۳/۵ | ۷۷ | ۰/۸۹ | ۷/۱۸ |
| ۱۳۹۹-۱۴۰۰ | لومی رسی | ۰/۷۷ | ۱۵۳ | ۴/۵ | ۹۵ | ۰/۸۷ | ۷/۱۶ |

کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه فنی محاسبه شدند. نیتروژن (از منبع اوره) برای ارقام محلی ۱۰۰ کیلوگرم و برای رقم دانیال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل ۵۰ کیلوگرم و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شدند. کودهای فسفر و پتاس به‌علاوه یک سوم کود نیتروژن در زمان انتقال گیاهچه (به‌صورت پایه) و بقیه آن به‌صورت سرک به خاک داده شدند. گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا در آرایش ۱۵×۱۵ سانتی‌متر به‌عنوان شاهد متداول منطقه در نظر گرفته شدند. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۴×۲/۵ متر (۱۰ مترمربع) در نظر گرفته شد. گیاهچه‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه به‌ترتیب در اول، ۱۰ و ۲۰ تیر هر سال در زمین اصلی نشاکاری شدند. نمونه‌برداری‌های اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به‌ترتیب ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ روز پس از نشاکاری انجام شد و برداشت نهایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با حذف اثر حاشیه از سطح دو متر مربع صورت گرفت. سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (WINAREA-UT-11, UK) و وزن خشک بوته‌ها با نمونه‌برداری و خشکاندن آنها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند. صفات و شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده به‌شرح زیر بودند.

برای برآورد شاخص سطح برگ[1] (LAI) روزانه که جهت محاسبه مقدار تجمعی تابش جذب شده در پوشش گیاهی به‌کار می‌رود، از رابطه ۱ استفاده شد (Tsubo *et al*., 2001).

رابطه ۱: $y = a + b / (1+\exp(-(x-c)/d))$

a: عرض از مبدأ، b: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c: حداکثر شاخص سطح برگ، d: نقطه عطف منحنی و x: تعداد روز پس از نشاکاری هستند. به منظور محاسبه راندمان مصرف نور [2] (RUE)، میزان تابش روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی قلعه تل با روش ارائه شده توسط Goudriaan و Vanlaar (۱۹۹۳) محاسبه و سپس براساس تعداد ساعات آفتابی دریافت شده از ایستگاه هواشناسی اصلاح و تابش جذب شده روزانه برای گیاه برنج با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه: ۲ $I_{abs}=I_o (1-e^{(-K.LAI)})$

[1]- Leaf area index
[2] -Radiation Use Efficiency

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

Iabs: میزان تابش جذب شده توسط پوشش گیاهی و I0: میزان تابش خورشیدی رسیده به بالای پوشش گیاهی هستند. کارایی مصرف تابش از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر مترمربع) و میزان تابش تجمعی (مگاژول بر مترمربع) محاسبه شد (Tsubo *et al*., 2001).

سرعت رشد گیاه[1] (CGR): با محاسبه نسبت تغییرات وزن خشک بین دو نمونه‌برداری (W2-W1) بـه فاصـله زمـانی بین دو نمونه‌برداری (T2-T1) در واحد سطح (GA)، با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Rakesh *et al*., 2017).

رابطه: ۳ $CGR= 1/GA\times (W2-W1) / ( T2-T1)$

سرعت فتوسنتز خالص[2] (NAR): عبارت است از مواد فتوسنتزی ساخته شده در واحد سطح در واحد زمان و واحد آن گرم در مترمربع در روز می‌باشد و از رابطه ۴ محاسبه شد (Gabriel *et al*. 2015).

رابطه: ۴ $$NAR = \frac{dw}{dt}.\frac{1}{LA}$$

در این رابطه dw وزن خشک گیاه در دو فاصله زمانی بر حسب گرم، LA میانگین سطح برگ و dt فواصل زمانی نمونه‌برداری شده می‌باشد.

سرعت رشد نسبی[3] (RGR): عبارت است از ماده خشک تجمع یافته در گیاه در واحد زمان که برحسب گرم بر مترمربع در روز بیان می‌شود، و از طریق رابطه ۵ محاسبه گردید (Rajput, *et al*., 2017).

رابطه: ۵ $RGR=(lnW2-lnW1)/ (T2-T1)$

در این رابطهW2-W1 تغییرات وزن خشک گیاه در دو فاصله زمانی، T2-T1 فواصل زمان نمونه برداری می‌باشد.

پس از اجرای آزمون بارتلت و اطمینان از همگن بودن واریانس خطای آزمایش، تجزیه آماری به صورت مرکب با فرض تصادفی بودن اثر سال انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ (LAI)

براساس جدول تجزیه واریانس مرکب، اثر رقم، آرایش کاشت و سن نشاء و همچنین اثرات متقابل رقم در آرایش کاشت در سن نشاء بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار گردید. این در حالی است که اثر سال بر این صفت ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از

[1]- Crop growth rate
[2] -Net assimilation rate
[3] -Relative growth rate

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

انتقال نشاء معنی‌دار بود (جدول ۴).

**جدول ۴: تجزیه مرکب شاخص سطح برگ در روزهای پس انتقال نشاء در ارقام مورد مطالعه**

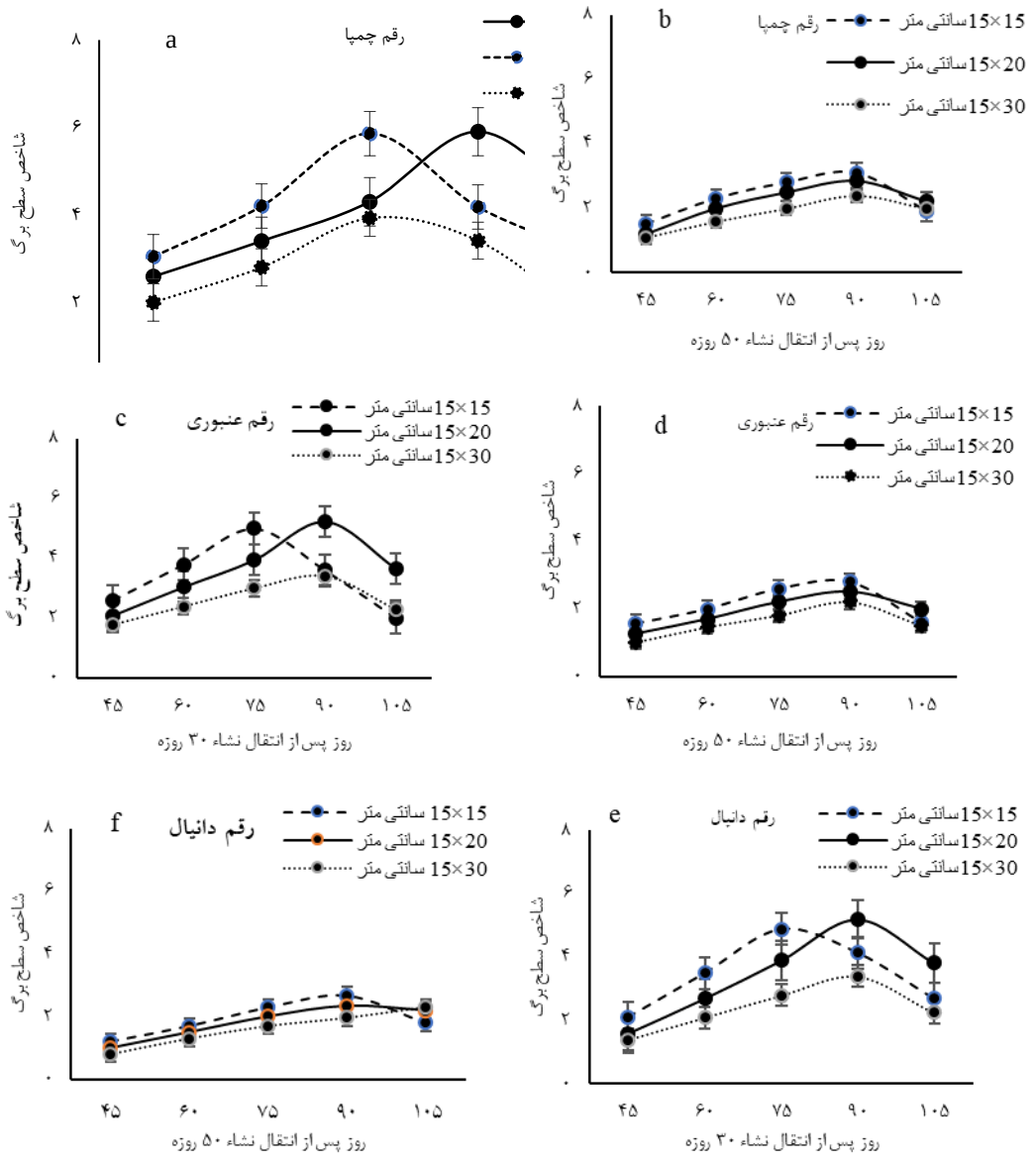
| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شاخص سطح برگ | | | | |
| منابع تغییرات | درجه ازادی | ۴۵ روز پس از انتقال نشاء | ۶۰ روز پس از انتقال نشاء | ۷۵ روز پس از انتقال نشاء | ۹۰ روز پس از انتقال نشاء | ۱۰۵ روز پس از انتقال نشاء |
| سال | ۱ | ۰/۰۲۳$^{ns}$ | *۰/۴۲ | ۰/۲۴ * | ۰/۳۴* | $^{ns}$۰/۰۵۶ |
| رقم | ۲ | ۲/۹۰** | ۳/۱۲** | ۵/۳۴ ** | ۷/۳۳** | ۵/۳۹ ** |
| رقم× سال | ۲ | ۰/۰۱۵$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۵۶۰ | ۰/۰۱۵ $^{ns}$ | ۰/۰۱ $^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۴۴ |
| اشتباه آزمایشی | ۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۷۰ | ۰/۱۶ | ۰/۰۶۱ |
| آرایش کاشت | ۲ | ۴/۰۴** | ۹/۹۰** | ۲۳/۶۸** | ۳۲/۱۸** | ۱۶/۵۹** |
| آرایش کاشت × سال | ۲ | ۰/۰۰۷$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۹۳ | ۰/۰۴۳$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۷۳ |
| رقم× آرایش کاشت | ۴ | ۰/۱۰$^{ns}$ | ۰/۱۰۹* | *۰/۱۳ | ۰/۲۴ $^{ns}$ | *۱/۸۲ |
| رقم× آرایش کاشت × سال | ۴ | ۰/۰۱۳$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۱۷ | $^{ns}$۰/۰۱۴ | ۰/۰۱$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۱۵ |
| سن نشاء | ۲ | ۱۵/۸۳** | ۲۳/۳۵** | **۱۹/۵۱ | ۶۷/۰۲** | ۲۹/۹۰** |
| سن نشاء× سال | ۲ | ۰/۰۱۱$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۵ | $^{ns}$/۰۸۰ | ۰/۲۹$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۲۹ |
| رقم × سن نشاء | ۴ | ۰/۲۹** | ۰/۳۸** | **۰/۴۱ | ۱/۵۷* | ۱/۶۶* |
| رقم×سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۳۱/ | $^{ns}$۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۵$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۸۱ |
| آرایش کاشت × سن نشاء | ۴ | ۰/۲۶** | ۱/۲۹** | **۴/۲۸ | ۷/۷۷** | ۴/۲۴** |
| آرایش کاشت × سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۰۰۵$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۱۴ | $^{ns}$۰/۰۲۴ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ns۰/۰۵۴ |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء | ۸ | ۰/۱۲** | ۰/۳۶** | ۰/۲۷** | ۱/۳۰* | ۲/۴۴* |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء × سال | ۸ | ۰/۰۰۶$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۲ | ۰/۰۱۸$^{ns}$ | ۰/۰۲$^{ns}$ | $^{ns}$۰/۰۰۷ |
| اشتباه آزمایشی | ۹۶ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۴۴ | ۰/۱۱ | ۰/۰۵۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۹/۸۸ | ۵/۷۱ | ۷/۰۷ | ۷/۶۶ | ۸/۳۵ |

ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که روند توسعه سطح برگ بوته‌های ارقام برنج، طی فصل رشد غیرخطی بود و مانند سایر گیاهان زراعی از جمله گندم و کلزا شکل سیگموئیدی داشت. نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد که شاخص سطح برگ در گیاهچه‌های ۳۰ روزه رقم چمپا (شاهد متداول منطقه)، در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متر، ۵/۸ بود که ۷۵ روز پس از نشاکاری در زمین اصلی به‌دست آمد (شکل ۱- a). به‌نظر می‌رسد که دمای مناسب هوا در زمان انتقال گیاهچه‌های ۳۰ روزه باعث کوتاه‌تر شدن دوره بازیافت گردید که این موضوع باعث تولید سریع‌تر برگ‌ها و پنجه‌های جدید و افزایش سطح برگ‌های گیاه شد. این یافته با نتایج Francescangeli و همکاران (۲۰۰۶) در گیاه برنج مطابقت داشت. با افزایش سن نشاء در رقم چمپا شاخص سطح برگ در هر سه آرایش کاشت کاهش یافت. به طوری‌که نشاء ۵۰ روزه با کم‌ترین تعداد برگ به بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۳/۱) رسید (شکل۱-b). رقم عنبوری در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر به نحو مناسبی سطح زمین را پوشش داده و با استفاده حداکثری از منابع، شاخص سطح برگ بیش‌تری داشته و در نتیجه جذب تابش فعال فتوسنتزی در بوته‌های آن بیشتر بود. این یافته با نتایج Rosati و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت (شکل ۱- c). شاخص سطح برگ در گیاهچه‌های ۵۰ روزه رقم عنبوری در تیمار ۳۰×۱۵، ۲/۴ بود. به‌نظر می‌رسد که تاخیر در نشاکاری باعث مواجه شدن گیاه با عوامل نامساعد محیطی و کاهش شاخص سطح برگ و کاهش جذب تابش خورشیدی شده است.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

این موضوع با نتایج Lachlan و Victor (۲۰۱۷) منطبق بود (شکل ۱- d). در رقم دانیال در ابتدای رشد شاخص سطح برگ پایین بوده و با افزایش رشد، مقدار آن افزایش یافت. زمان کافی جهت استقرار، دوره رشد رویش طولانی در زمان وقوع حداکثر تابش در منطقه مورد آزمایش باعث شد تا نشاء ۳۰ روزه رقم دانیال حداکثر بهره‌وری را از تشعشع خورشیدی داشته باشد و توانست سطح برگ مطلوبی را تولید نمایند (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۷). در نشاء۵۰ روزه این رقم تغییرات شاخص سطح برگ متفاوت بود. تولید پنجه‌های جدید باعث افزایش جزئی شاخص سطح برگ پس از گلدهی شد (بناری و همکاران، ۱۴۰۲) (شکل ۱- e,f).




**شکل ۱: برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام محلی و اصلاح شده برنج**

**مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند.**

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

**سرعت رشد محصول (CGR)**

براساس جدول تجزیه واریانس مرکب، اثر رقم، آرایش کاشت و سن نشاء و همچنین اثرات متقابل رقم در آرایش کاشت در سن نشاء بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار گردید. این در حالی است که اثر سال بر این صفت ۴۵ و ۶۰ روز پس از انتقال نشاء معنی‌دار گردید (جدول ۵). در مراحل اولیه نمونه برداری ارقام محلی از سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به رقم دانیال برخوردار بودند اما با ادامه روند رشد، رقم دانیال به دلیل داشتن برگ‌های عمودی‌تر اجازه نفوذ بهتر نور را به درون کانوپی داده و باعث افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید (شکل۲). نتایج اثرات متقابل نشان داد که در نشاء ۳۰ روزه رقم چمپا در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر، کاهش سرعت رشد محصول در مراحل پایان رشد ممکن است به این دلیل باشد که سطح برگ به حدی رسیده که بدلیل افزایش شاخص سطح برگ، برگ های پایینی گیاه نور کافی برای تثبیت دی اکسیدکربن دریافت نکرده اند که با نتایج Ram و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت (شکل۲- a ).

**جدول ۵: تجزیه مرکب سرعت رشد محصول در روزهای پس انتقال نشاء در ارقام مورد مطالعه**

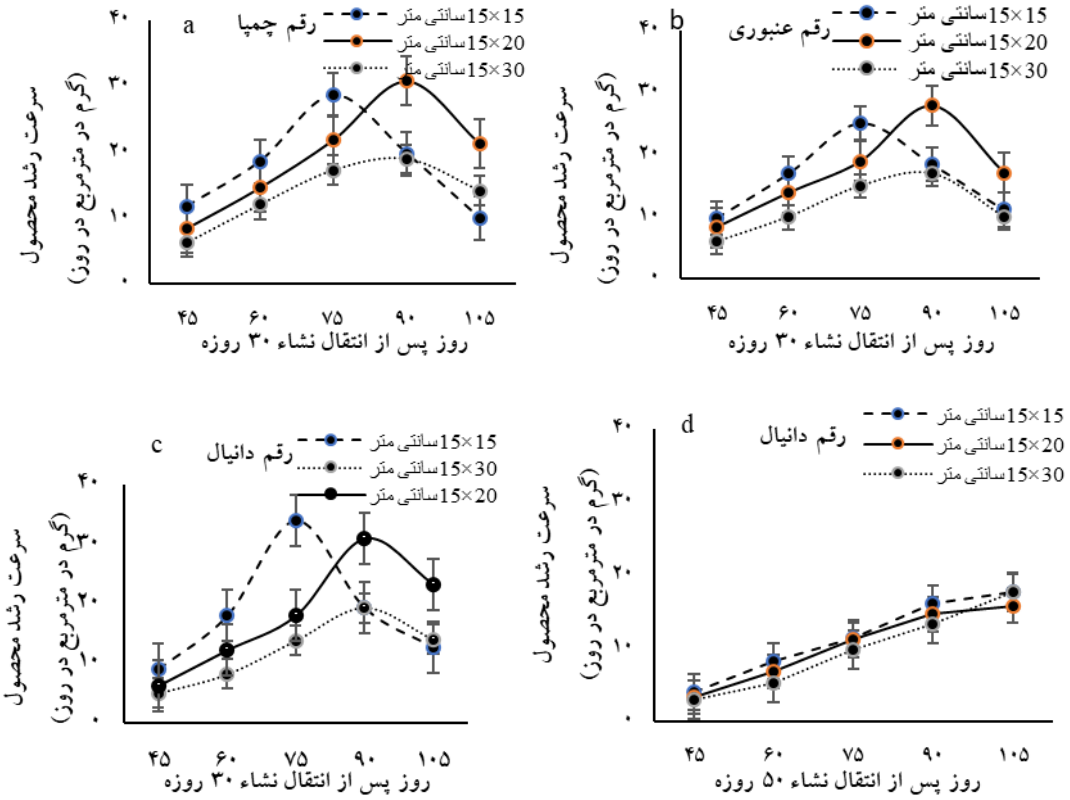
| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سرعت رشد محصول | | | | |
| منابع تغییرات | درجه ازادی | ۴۵ روز پس از انتقال نشاء | ۶۰ روز پس از انتقال نشاء | ۷۵ روز پس از انتقال نشاء | ۹۰ روز پس از انتقال نشاء | ۱۰۵ روز پس از انتقال نشاء |
| سال | ۱ | ۷/۷۷** | ۹/۷۷* | ۴/۷۶ns | ۰/۴۰ns | ۰/۳۰ns |
| رقم | ۲ | ۴۸/۶۹** | ۵۱/۷۲** | ۱۰۳** | ۱۲۶/۴۴** | ۲۳/۵۸* |
| رقم× سال | ۲ | ۲/۴۱* | ۰/۶۱ns | ۱/۱۱ns | ۲/۱۵ns | ۰/۹۴ns |
| اشتباه آزمایشی | ۸ | ۰/۵۰ | ۱/۵۴ | ۲/۲۷ | ۳/۰۹ | ۱/۲۰ |
| آرایش کاشت | ۲ | ۶۵/۵۶** | ۲۹۳** | ۴۲۴** | ۶۶۰** | ۴۲۶** |
| آرایش کاشت × سال | ۲ | ۰/۸۹ns | ۲/۱۸ns | ۳/۵۳ns | ۱/۷۸ns | ۰/۷۸ns |
| رقم× آرایش کاشت | ۴ | ۱/۹۷* | ۶/۳۱* | ۱۴/۰۳* | ۱۴/۲۶* | ۱۸/۵۹* |
| رقم× آرایش کاشت × سال | ۴ | ۰/۷۷ns | ۱/۱۹ns | ۲/۲۰ns | ۱/۵۲ns | ۰/۸۵ns |
| سن نشاء | ۲ | ۲۲۴/۴۶** | ۶۵۵** | ۹۵۵** | ۶۸۷** | ۸۳۱** |
| سن نشاء× سال | ۲ | ۱/۰۷ns | ۱/۶۰ns | ۲/۶۳ns | ۱/۲۳ns | ۱/۰۸ns |
| رقم × سن نشاء | ۴ | ۶/۸۱** | ۶/۵۹* | ۳۴/۸۰** | ۲۹/۸۷** | ۱۳۱/۹۹** |
| رقم×سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۴۷ns | ۴/۲۷ns | ۳/۴۰ns | ۱/۴۳ns | ۰/۶۹ns |
| آرایش کاشت × سن نشاء | ۴ | ۶/۱۴** | ۴۵/۴۶** | ۱۵۷/۲۸** | ۲۲۰/۱۸** | ۷۹/۴۰** |
| آرایش کاشت × سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۴۹ns | ۳/۴۵* | ۲/۲۹ns | ۱/۴۳ns | ۰/۹۰ns |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء | ۸ | ۱/۹۷* | ۴/۷۶* | ۱۳/۳۵* | ۱۷/۰۱* | ۲۱/۶۸* |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء × سال | ۸ | ۰/۵۰ns | ۱/۶۵ns | ۱/۲۳ns | ۱/۶۱ns | ۰/۱۲ |
| اشتباه آزمایشی | ۹۶ | ۰/۵۸ | ۱/۳۷ | ۱/۸۱ | ۳/۴۶ | ۱/۷۹ |
| ضریب تغییرات ( درصد) | | ۱۰/۷۱ | ۹/۱۰ | ۸/۲۸ | ۷/۹۸ | ۷/۶۴ |

ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

در نشاء ۳۰ روزه رقم عنبوری در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر، سرعت رشد محصول معادل ۲۵/۱۳ گرم بر مترمربع در روز بود که پس از مرحله گلدهی (۷۵ روز پس از انتقال نشاء)، روند کاهشی در پیش گرفت. در تیمار۲۰ ×۱۵ سانتی‌متر این مقدار ۲۸گرم بر مترمربع در روز (۹۰ روز پس از انتقال نشاء) حاصل شد (شکل۲- b ). انتقال زودتر نشاء باعث افزایش LAI شد که سبب دریافت تشعشع بیشتر و در نتیجه افزایش سرعت رشد محصول گردید که با یافته‌های سعیدزاده و همکاران (۱۳۸۹) منطبق بود. در نشاء ۳۰روزه رقم دانیال در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر، سرعت رشد محصول معادل ۳۳/۳۳

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

گرم در متر مربع در روز بود که ۷۵ روز پس از انتقال نشاء حاصل شد (شکل۲- c). در نشاء ۵۰ روزه این رقم، به علت ظهور پنجه ها و برگ های جدید سرعت رشد محصول تا پایان فصل رشد افزایش یافت (بناری و همکاران، ۱۴۰۲) (شکل۲-d).




**شکل ۲: برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام محلی و اصلاح شده برنج.**

**مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند.**

### سرعت فتوسنتز خالص (NAR)

براساس جدول تجزیه واریانس مرکب، اثر رقم، آرایش کاشت و سن نشاء و همچنین اثرات متقابل بر سرعت فتوسنتز خالص معنی‌دار گردید. این در حالی است که اثر سال بر این صفت ۶۰ و ۷۵ روز پس از انتقال نشاء معنی‌دار بود (جدول۶). سرعت فتوسنتز خالص در نشاء ۳۰ روزه رقم چمپا در هر سه آرایش کاشت ۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵ و ۳۰×۱۵ سانتی‌متر در ابتدای انتقال نشاء حداکثر بود و با گذشت زمان روند نزولی داشت و در انتهای فصل رشد به حداقل رسید (شکل۳-a). در اوایل رشد زمانی که گیاهچه‌ها کوچک و برگ‌ها به اندازه‌ای بوده که هیچ کدام در سایه دیگری قرار نداشت، به علت جذب تشعشات خورشیدی سرعت فتوسنتز خالص حداکثر بود. ولی با افزایش شاخص سطح برگ و سایه اندازی برگ‌ها سرعت فتوسنتز خالص روند کاهشی در پیش گرفت. که با نتایج لیموچی و نورزاده‌حداد (۱۳۹۵) منطبق بود.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

سرعت فتوسنتز خالص در اوایل فصل رشد در نشاء ۵۰ روزه رقم عنبوری نسبت به نشاء۳۰ و روزه به مراتب کم‌تر بود که از دلایل آن می‌توان به سطح برگ و سایه‌اندازی بیشتر برگ‌های این نشاء نسبت به دیگر سنین نشاء باشد که باعث شده در طول دوره بازیافت در زمین اصلی، سرعت فتوسنتز خالص کاهش یابد (شکل۳-b,c). اما با تولید پنجه‌ها و برگ‌های جدید و افزایش شاخص سطح برگ سرعت فتوسنتز خالص مجددا افزایش یافت که با نتایج Gabriel و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت. در نشاء ۴۰ و ۵۰ روزه رقم دانیال مقدار سرعت فتوسنتز خالص نسبت به ارقام محلی بیش‌تر است که ممکن است به دلیل سوختگی شدید برگ‌های ارقام محلی باشد که با نتایج گیلانی و همکاران (۱۳۸۲) مطابقت داشت (شکل۳-d,e). سرعت فتوسنتز خالص در نشاء ۵۰ روزه این رقم نیز در انتهای فصل رشد روندی صعودی پیدا کرد، زیرا آرایش عمودی برگ‌ها باعث گردید تا سایه اندازی قابل توجهی به وجود نیاید و نفوذ نور به درون جامعه گیاهی افزایش یافته که این به نوبه خود باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش سرعت فتوسنتز خالص در این رقم گردید.

**جدول ۶: تجزیه مرکب سرعت فتوسنتز خالص در روزهای پس انتقال نشاء در ارقام مورد مطالعه**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سرعت فتوسنتز خالص | | | | |
| منابع تغییرات | درجه ازادی | ۴۵ روز پس از انتقال نشاء | ۶۰ روز پس از انتقال نشاء | ۷۵ روز پس از انتقال نشاء | ۹۰ روز پس از انتقال نشاء | ۱۰۵ روز پس از انتقال نشاء |
| سال | ۱ | ns۰/۰۲ | *۱۵/۸۳ | *۳/۵۶ | ns۰/۷۲ | ns۱/۲۱ |
| رقم | ۲ | **۷۳ | **۱۴/۹۰ | **۲۰/۱۲ | **۴۵/۰۴ | **۱۱۸/۶۴ |
| رقم× سال | ۲ | ns۰/۳۰ | ns۰/۶۰ | ns۰/۵۷ | ns۰/۱۳ | *۳۹/۲۳ |
| اشتباه آزمایشی | ۸ | ۰/۷۳ | ۰/۶۶ | ۰/۶۴ | ۰/۳۷ | ns۰/۵۳ |
| آرایش کاشت | ۲ | *۱۰/۵۴ | **۱۴/۸۲ | **۶۳/۵۸ | **۹۲/۱۲ | **۳۰۲/۳۰ |
| آرایش کاشت × سال | ۲ | ns۰/۹۱ | *۸/۰۶ | ns۰/۰۷ | ns۰/۱۷ | ns۰/۲۳ |
| رقم× آرایش کاشت | ۴ | **۱۴/۹۱ | **۱۶/۹۲ | **۱۵/۵۱ | *۵/۹۷ | *۳۵/۵۸ |
| رقم× آرایش کاشت × سال | ۴ | ns۰/۱۹ | ns۰/۱۹ | ns۰/۱۵ | ns۰/۰۷ | *۵۳/۲۵ |
| سن نشاء | ۲ | **۲۳۸ | **۸۵۴ | **۲۱۳/۸۰ | **۲۲۸/۷۳ | **۲۰۷۶ |
| سن نشاء× سال | ۲ | ns۰/۶۲ | *۷/۰۷ | ns۰/۹۵ | ns۱/۴۱ | ns۰/۳۲ |
| رقم × سن نشاء | ۴ | **۲۰۹ | **۹۳/۳۴ | **۱۸/۵۳ | *۳/۴۹ | **۸۱/۵۶ |
| رقم×سن نشاء× سال | ۴ | ns۰/۴۵ | ns۰/۲۴ | *۶/۱۰ | ns۰/۱۵ | ns۰/۲۳ |
| آرایش کاشت × سن نشاء | ۴ | **۳۰۷ | **۱۳۹/۵۷ | **۵۸/۸۰ | *۳/۹۸ | *۴۸/۹۰ |
| آرایش کاشت × سن نشاء× سال | ۴ | ns۰/۴۰ | ns۰/۰۵ | ns۰/۰۲ | ns۰/۲۵ | *۳۶/۱۲ |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء | ۸ | *۱۲۲ | *۶/۸۳ | *۱۳/۶۳ | **۱۳/۴۱ | **۵۵/۹۵ |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء × سال | ۸ | ns۰/۵۲ | ns۰/۰۶ | ns۰/۲۲ | ns۰/۱۲ | ns۰/۱۹ |
| اشتباه آزمایشی | ۹۶ | ۱/۶۲ | ۱/۲۳ | ۰/۸۲ | ۰/۹۵ | ۱/۳۶ |
| ضریب تغییرات ( درصد) | | ۹/۷۵ | ۱۲/۷۹ | ۱۱/۶۷ | ۱۰/۳۲ | ۹/۵۹ |

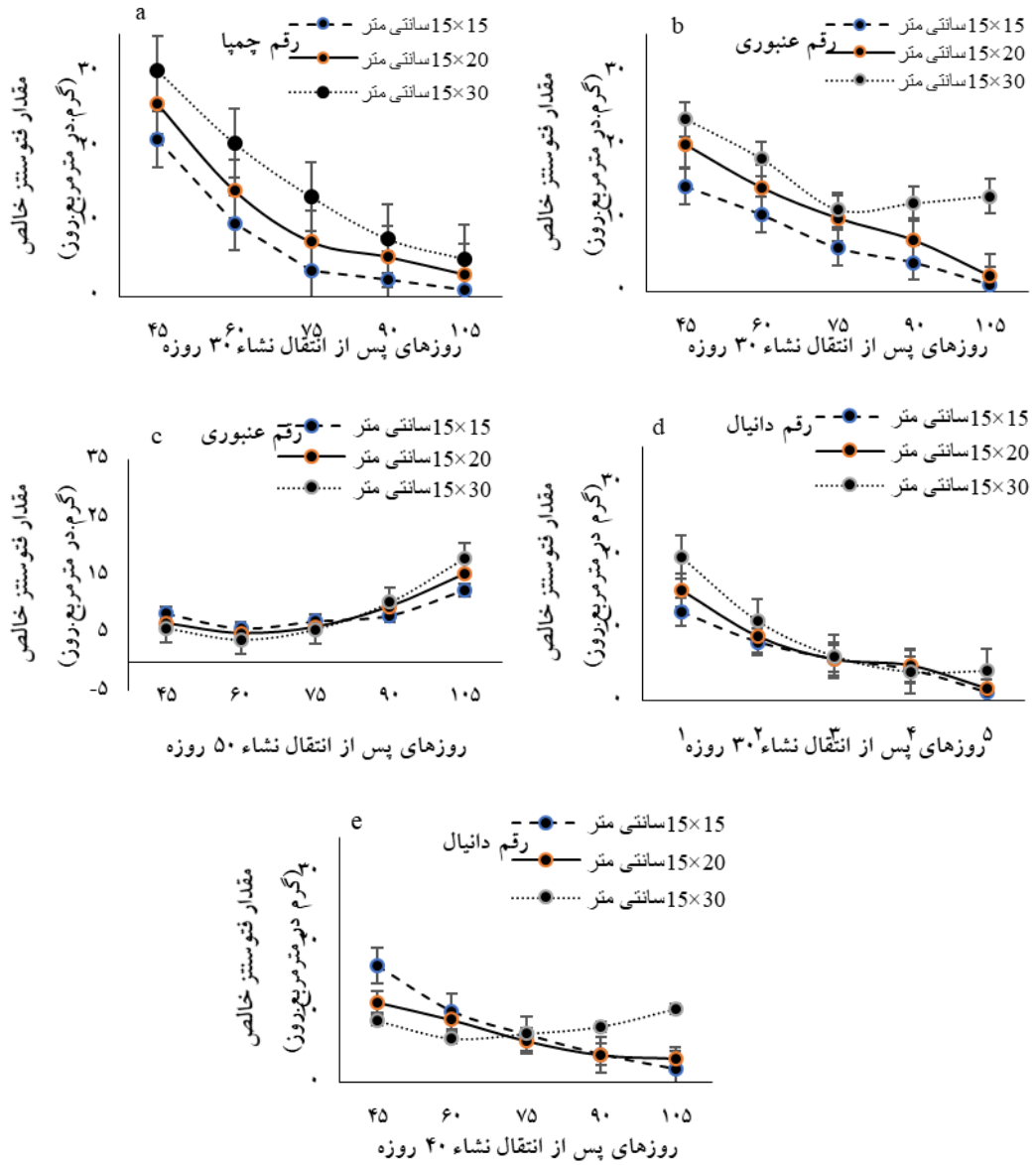
ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

### سرعت رشد نسبی (RGR)

براساس جدول تجزیه واریانس مرکب، اثر رقم، آرایش کاشت و سن نشاء و همچنین اثرات متقابل رقم در آرایش کاشت در سن نشاء بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار گردید. این در حالی است که اثر سال بر این صفت ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از انتقال نشاء معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج اثرات متقابل تیمارها نشان داد سرعت رشد نسبی در نشاء۳۰ روزه رقم چمپا در ابتدای

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

انتقال، در آرایش کاشت ۱۵×۱۵، ۲۰×۱۵ و ۳۰×۱۵ سانتی‌متر به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۱ و ۰/۲۳ گرم در مترمربع در روز بود و با افزایش سن گیاه روند نزولی داشت و در انتهای فصل رشد، در هر سه تیمار به حداقل خود رسید (شکل۴-a). می‌توان گفت در اوایل دوران رشد به علت نفوذ نور به درون کانوپی و سایه اندازی کمتر برگ‌ها میزان سرعت رشد نسبی بالا است.




**شکل ۳: برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در ارقام محلی و اصلاح شده برنج.**

**مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند.**

همچنین تغییرات سرعت رشد نسبی نشاء ۵۰ روزه، در طول فصل رشد نسبت به نشاء ۳۰ روزه کمتر است (شکل۴-b). کاهش سرعت رشد نسبی به دلایل متعددی رخ می‌دهد از جمله افزایش بافت‌های ساختمانی که در فعالیت‌های فتوسنتزی

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

نقشی ندارد و همچنین کاهش مواد مغذی خاک را می‌توان اشاره کرد (Sridhar *et al*., 2019 ;ابراهیمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۷).

**جدول ۷: تجزیه واریانس مرکب سرعت رشد نسبی در روزهای پس انتقال نشاء در ارقام مورد مطالعه**

| | | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سرعت رشد نسبی | | | | |
| منابع تغییرات | درجه ازادی | ۴۵ روز پس از انتقال نشاء | ۶۰ روز پس از انتقال نشاء | ۷۵ روز پس از انتقال نشاء | ۹۰ روز پس از انتقال نشاء | ۱۰۵ روز پس از انتقال نشاء |
| سال | ۱ | ۰/۰۰۰۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۱۴* | ۰/۰۰۶۱* | ۰/۰۰۸۳* | ۰/۰۰۰۴۱ $^{ns}$ |
| رقم | ۲ | ۰/۰۱۰$^{*}$ | ۰/۰۳۰* | ۰/۰۷۸** | ۰/۰۱۳$^{**}$ | ۰/۰۰۳۶** |
| رقم× سال | ۲ | ۰/۰۰۰۲۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۳۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۶۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۲۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۱۱$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۸ | ۰/۰۰۱۲۲ | ۰/۰۰۳۲۵ | ۰/۰۰۰۸۷ | ۰/۰۰۰۶۱ | ۰/۰۰۰۰۷۸ |
| آرایش کاشت | ۲ | ۰/۰۲۹$^{**}$ | ۰/۰۲۵$^{**}$ | ۰/۰۲۲$^{**}$ | ۰/۰۰۴۵** | ۰/۰۰۵۶** |
| آرایش کاشت × سال | ۲ | ۰/۰۰۰۳۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۲۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۳۱* | ۰/۰۰۱۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۲۲$^{ns}$ |
| رقم× آرایش کاشت | ۴ | ۰/۰۰۰۴۵** | ۰/۰۰۰۳۹** | ۰/۰۰۰۹۷** | ۰/۰۰۰۳۲* | ۰/۰۰۰۱۴ $^{ns}$ |
| رقم× آرایش کاشت × سال | ۴ | ۰/۰۰۰۰۰۷۴ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۰۶۳ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۶ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۳۹ $^{ns}$ |
| سن نشاء | ۲ | ۰/۰۴۳** | ۰/۰۳۶** | ۰/۰۴۲** | ۰/۰۰۲۵** | ۰/۰۰۰۸۷** |
| سن نشاء× سال | ۲ | ۰/۰۰۰۰۱۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۴* | ۰/۰۰۰۳۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۸۲$^{ns}$ |
| رقم × سن نشاء | ۴ | ۰/۰۰۲۷** | ۰/۰۰۳۲** | ۰/۰۰۱۸** | ۰/۰۰۰۸۶** | ۰/۰۰۱۸** |
| رقم×سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۰۰۰۰۰۶۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۰۷۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۹۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۹۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۴۰$^{ns}$ |
| آرایش کاشت × سن نشاء | ۴ | ۰/۰۰۱۳** | ۰/۰۰۱۰** | ۰/۰۰۵۱* | ۰/۰۰۱۴** | ۰/۰۰۰۵۵** |
| آرایش کاشت × سن نشاء× سال | ۴ | ۰/۰۰۰۰۱۶۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۲۵۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۶ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۳۱ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۶۸$^{ns}$ |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء | ۸ | ۰/۰۰۰۶۱* | ۰/۰۰۰۴۵* | ۰/۰۰۰۱۹* | ۰/۰۰۱۱ * | ۰/۰۰۰۵۶** |
| رقم× آرایش کاشت× سن نشاء × سال | ۸ | ۰/۰۰۰۰۱۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۳۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۶۴ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۵۱ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۲۳* |
| اشتباه آزمایشی | ۹۶ | ۰/۰۰۰۰۴۴ | ۰/۰۰۰۰۴۴ | ۰/۰۰۰۰۸۴ | ۰/۰۰۰۱۵ | ۰/۰۰۰۰۷۱ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۴/۱۰ | ۵/۴۳ | ۷/۱۲ | ۸/۲۳ | ۶/۴۰ |

ns، * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

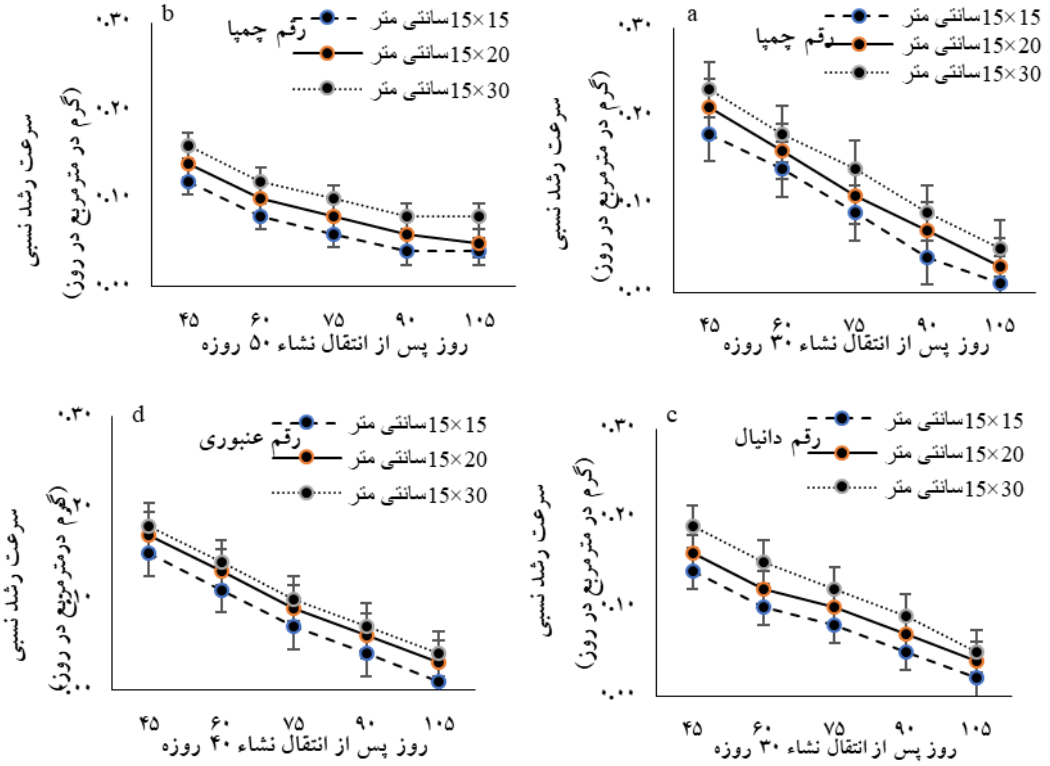
در نشاء ۴۰ روزه رقم عنبوری در ابتدای فصل رشد، در آرایش کاشت ۳۰×۱۵ سانتی‌متر نسبت به دیگر تیمارها بیشترین سرعت رشد نسبی به مقدار خود ۰/۱۸ گرم در گرم در مترمربع در روز به‌دست آمد (شکل۴-c). می‌توان گفت که در آرایش‌های کاشت با تعداد کپه کم‌تر، برگ‌ها در معرض تشعشع زیادتری قرار گرفته، بنابراین در واحد زمانی مقدار ماده خشک که به گیاه افزوده می شود بیش‌تر است، لذا از سرعت رشد نسبی بشتری برخوردار هستند. سایر محققین نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند(Ichsan *et al*., 2021). رقم پر محصول دانیال هر چند در ابتدای فصل رشد سرعت رشد نسبی کمتری داشت اما آرایش عمودی برگ‌ها آن اجازه نفوذ نور را به درون کانویی داده و باعث افزایش فتوسنتز در واحد سطح برگ و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک گردید. در نشاء ۳۰ روزه در آرایش‌های مختلف کاشت، تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر نسبت به دیگر تیمارها سرعت رشد نسبی کمتری داشت (شکل۴-d). از دلایل آن می‌توان به تعداد کپه بیش‌تر (۴۴ کپه) که باعث افزایش رقابت میان بوته‌ها شد، اشاره کرد.

**راندمان مصرف نور (RUE)**

نتایج این آزمایش نشان داد که در تمام آرایش‌های مختلف کاشت، تجمع ماده خشک برنج ارتباط خطی با تشعشع تجمعی جذب شده داشت و ضریب همبستگی بیش از ۹۰درصد بود. بیش‌ترین راندمان مصرف نور در تیمار ۱۵×۱۵

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

سانتی‌متر ۲/۱۶ گرم بر مگاژول بود (شکل۵-a). به‌نظر می‌رسد در این آرایش کاشت، افزایش تعداد کپه در واحد سطح باعث شد تا گیاه سریعتر به حداکثر شاخص سطح برگ برسد که این مرحله هم‌زمان با بیش‌ترین ساعات آفتابی در منطقه بود که منجر به افزایش راندمان مصرف نور در این آرایش کاشت گردید که با نتایج Li و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت.



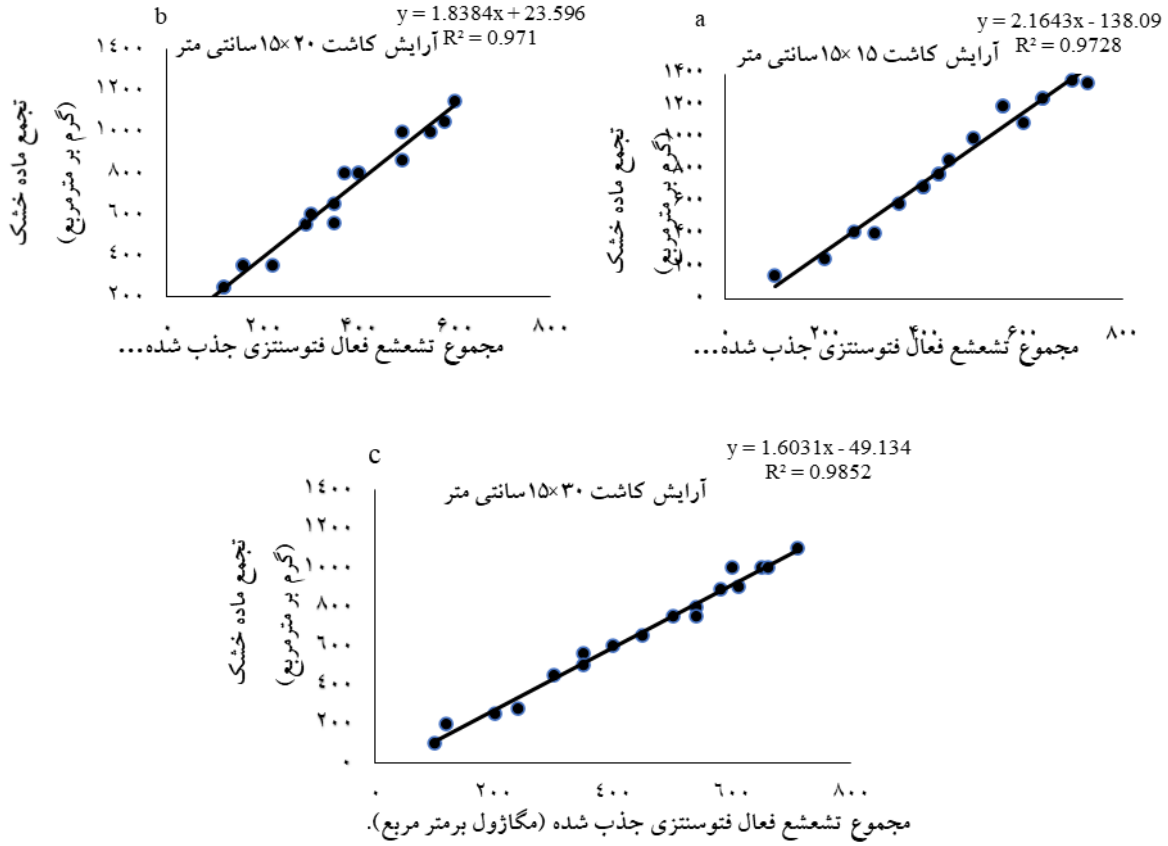

**شکل ۴: برهمکنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام محلی و اصلاح شده برنج.**

**مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار هستند.**

همچنین در آرایش‌های کاشت با تعداد کپه بیش‌تر، تجمع ماده خشک بالاتر ناشی از جذب فعال فتوسنتزی و به طور بارز نتیجه افزایش راندمان مصرف نور می‌باشد. در آرایش کاشت ۲۰×۱۵ کارایی استفاده از تشعشع ۱/۸۳گرم بر مگاژول به دست آمد (شکل۵-b). جذب تشعشع نوری توسط کانوپی به شاخص سطح برگ وابسته بوده و کاهش آن می‌تواند ناشی از پیری برگ‌های پایینی و سایه اندازی برگ‌های بالایی نسبت داده شود که این امر راندمان مصرف نور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (محمدپور، ۱۳۹۶). الگوی تغییرات کارایی استفاده از تشعشع در همه تیمارها از الگوی رشد شاخص سطح برگ تبعیت کرد، بدین ترتیب متناسب با افزایش شاخص سطح برگ، میزان تابش جذب شده توسط کانوپی در تمامی تیمارها نیز به تدریج افزایش یافت. در آرایش کاشت ۳۰×۱۵ سانتی‌متر راندمان مصرف نور ۱/۶۰گرم بر مگاژول بود که نسبت به دو آرایش کاشت دیگر از مقدار کمتری برخوردار بود (شکل۵-c). در آرایش کاشت با تراکم کم به دلیل تشعشع فراوان و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

سطح برگ پایین، برگ‌ها در حالت اشباع نوری قرار گرفته و این موجب شد تا راندمان مصرف نور کاهش یابد که با نتایج نظام زاده قلعه سری (۱۳۸۹) منطبق بود.



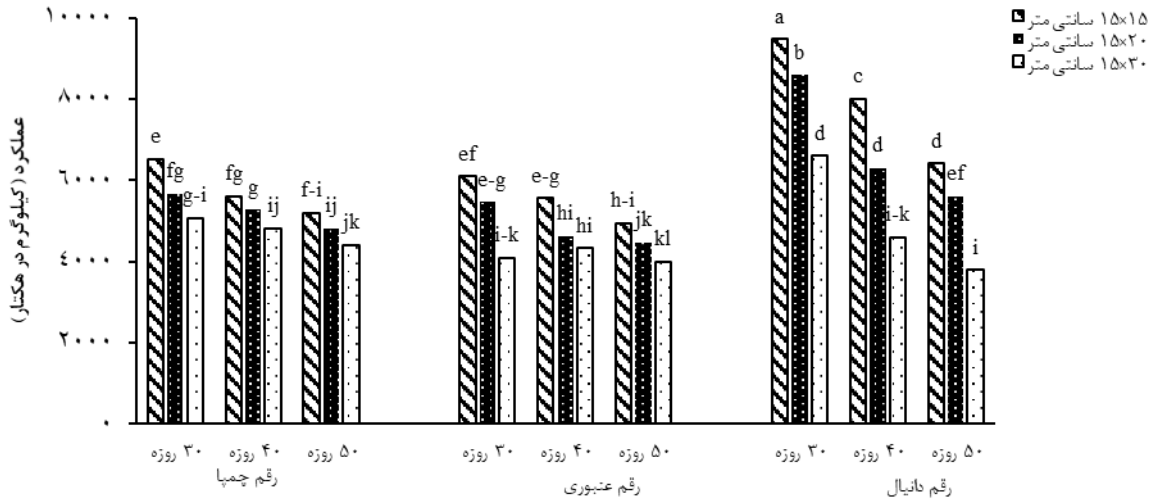

**شکل ۵: رابطه رگرسیونی بین مجموع تابش فعال فتوسنتزی جذب شده و وزن خشک گیاه ارقام برنج در تیمارهای آرایش کاشت (شیب خط رگرسیون کارایی مصرف تابش را نشان می‌دهد).**

### عملکرد شلتوک

رقم چمپا در نشاء ۳۰ روزه در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر (شاهد منطقه) دارای عملکرد ۶۵۲۳ کیلوگرم شلتوک در هکتار بود (شکل۴). این برتری می‌تواند به تعداد بوته کافی(۴۴ کپه در متر مربع) و تشعشع مناسب در محل انجام آزمایش که امکان نفوذ نور به داخل سایه انداز و بهره گیری موثر از آن را در آرایش ۱۵×۱۵ سانتی‌متری فراهم ساخت نسبت داد. که با نتایج گیلانی و همکاران، (۱۳۸۲) مطابقت دارد. در رقم عنبوری نیز بیش‌ترین عملکرد شلتوک، در نشاء ۳۰ به میزان ۶۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل۴). نشاءهای جوان به‌علت سطح برگ کم در زمان انتقال توانستند دوره بازیافت را کاهش و فرصت بیش‌تری برای بهره‌گیری از عوامل رشد را داشته باشند (رفیعی، ۱۳۸۷). رقم دانیال در تیمار ۱۵× ۱۵سانتی‌متر (۴۴ کپه در متر مربع) دارای بیش‌ترین عملکرد به میزان ۹۴۶۶ کیلوگرم شلتوک در هکتار بود (شکل۶).

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

با افزایش سن نشاء (۵۰ روزه)عملکرد به شدت کاهش یافت که نشان می‌دهد ارقام پر محصول در دامنه مناسبی از شرایط محیطی قادر به تولید بیشتر هستند که با نتایج Rajput و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت.




**شکل ۶: برهم‌کنش رقم، آرایش کاشت و سن گیاهچه برعملکرد شلتوک ارقام محلی و اصلاح شده برنج**

## نتیجه‌گیری

برای دستیابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع پوشش گیاهی، وصول سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب حداکثر تابش خورشید و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. نتایج این آزمایش نشان داد که سرعت رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص و سرعت رشد نسبی در هر سه سن نشاء ۳۰، ۴۰ و ۵۰ روزه، متاثر از زمان انتقال گیاهچه متفاوت بود. در آرایش کاشت ۱۵×۱۵ سانتی‌متری، بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی نسبت به دیگر آرایش‌های کاشت، با بیشترین ساعات آفتابی همراه بوده و باعث افزایش راندمان مصرف نور گردید. رقم دانیال به‌دلیل داشتن برگ‌های عمودی‌تر اجازه نفوذ بهتر نور را به درون کانوپی داده و باعث افزایش سرعت رشد محصول گردید. سرعت فتوسنتز خالص در اوایل فصل رشد در نشاء ۵۰ روزه رقم عنبوری نسبت به نشاء۳۰ و روزه به دلیل سطح برگ و سایه‌اندازی بیش‌تر برگ‌های این نشاء کم‌تر بود. رقم پر محصول دانیال هر چند در ابتدای فصل رشد سرعت رشد نسبی کم‌تری داشت اما آرایش عمودی برگ‌ها آن اجازه نفوذ نور را به درون کانویی داده و باعث افزایش فتوسنتز در واحد سطح برگ و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک گردید. بیش‌ترین راندمان مصرف نور در تیمار ۱۵×۱۵ سانتی‌متر مشاهده شد. در این آرایش کاشت، افزایش تعداد کپه در واحد سطح باعث شد تا گیاه سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برسد که منجر به کارایی استفاده از تشعشع بیش‌تر در این آرایش کاشت گردید. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان اظهار کرد که نشاکاری گیاهچه‌های جوان‌تر برنج، باعث کوتاه‌تر شدن دوره بازیافت، تولید سریع‌تر برگ‌ها و پنجه‌های جدید و افزایش سطح

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

برگ‌های گیاه، افزایش سرعت رشد محصول و بهره‌مندی حداکثر از تابش خورشیدی برای دستیابی به عملکرد دانه بالاتر ارقام برنج خواهد شد.

**سپاسگزاری**

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تامین هزینه این پژوهش کـه قسـمتی از قـرارداد پژوهانـه شماره ۹۹/۳/۰۲/۱۸۲۸۷۹ می‌باشد، تشکر و قدردانی می‌شود.

**منابع**

**ابراهیمی راد، ح.، بابازاده، ح.، امیری، ا. صدقی، ح. ۱۳۹۷.** اثر تراکم کاشت و مدیریت آبیاری بذر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در منطقه کوشال لاهیجان، استان گیلان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۹(۲): ۳۸۳-۳۷۷.

**بناری، م. حسیبی،پ. گیلانی، ع. ۱۴۰۲.** اثر آرایش کاشت و سن گیاهچه بر عملکرد دانه و کارایی مصرف تابش ارقام محلی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.) در خوزستان. نشریه علوم زراعی ایران (۱): ۳۹۰-۴۰۶.

**رفیعی، م. ۱۳۸۷.** تاثیر تاریخ کاشت برنج بر عملکرد چند رقم برنج در شرایط آب و هوای خرم آباد. مجله علوم بذر و نهال، جلد ۲۳. شماره ۲. ۲۶۳-۲۵۱.

**رمضانی، ا.، جلالی، ا. ه. ۱۳۹۳.** تاثیر سن نشا و میزان بذر مصرفی در سینی نشا بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در منطقه اصفهان. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، (۱۲)۴: ۱۰-۱.

**سعیدزاده، ف.، تقی زاده، ر. ملازم، د. ۱۳۸۹.** بررسی اثرات کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در شرایط اقلیمی غرب گیلان. مجله دانش نوین کشاورزی. ۶(۱۸): ۴۶-۳۷.

**گزارش سطح، تولید و عملکرد محصولات زراعی. ۱۴۰۱.** مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۲۸.

**گیلانی،ع. سیادت، ع. فتحی، ق. ۱۳۸۲.** تأثیر تراکم و سن نشاء بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه سه رقم برنج در شرایط خوزستان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴(۲).

**گیلانی، ع. سیادت، ع. جلالی، س. لیموچی، ک. ۱۳۹۷.** بررسی توزیع مجدد مواد فتوسنتزی در واکنش به تنش گرما در ارقام برنج شمال خوزستان. علوم گیاهان زراعی ایران. ۸ (۱).

**لیموچی، ک. نورزاده حداد، م. ۱۳۹۵.** بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی رقم‌های برنج در شمال خوزستان. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴ (۴۷).

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

**لیموچی، ک. یارنیا، م. سیادت، ع. رشیدی، و. گیلانی، ع. ۱۳۹۷.** مطالعه روابط رگرسیونی شاخص‌های فیزیولوژیکی برنج در مراحل مختلف رشد در شرایط آب و هوایی استان خوزستان پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۰(۲).

**محمدپور، ن. ۱۳۹۶.** تاثیر تراکم و آرایش کاشت بر جذب وکارایی مصرف نور و عملکرد سویا (*Glycine max*). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی کردستان، کردستان، ایران.

**نظام زاده قلعه سری، ا. ۱۳۸۹.** تعیین ویژگی‌های فیزیولوژیکی موثر بر عملکرد دانه ارقام بومی، اصلاح شده و امید بخش (*Oryza sativa L.*) تحت شرایط تنش نیتروژن. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

**Ahmad, A., Iqbal1, S., Ahmad, S., Khaliq, T., Nasim, W., Husnain, Z., Hussain, A., Zia, M. Hoogenboom, G. 2009.** Seasonal growth, radiation interception, its conversion efficiency and biomass production of *Oryza sativa* under diverse agro-environments in Pakistan. **41(3)**:30-41.

**Dandrea, K. E., M.E. Otegui, and A.G. Cirilo. 2008.** Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. Field Crops Research. 105:228–239.

**Francescangeli, N., Sangiacomo, M.A. Marti, H. 2006**. Effects of plant density in *Oryza sativa* on yield and radiation use efficiency. *Scientia Horticulturae*, **110**:135–143.

**Gabrie, G. Varon, A. Hermann, R. 2015**. Growth and yield of rice cultivars sowed on different dates under tropical conditions. Cien. Inv. Agr. **42(2)**:217-226.

**Goudriaan, J. Vanlaar, H.H. 1993.** Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press. **11(1)**: 5-13.

**Ichsan, C. Bakhtiar, N. Efendi, U. Sabaruddin, S. 2021.** Morphological and physiological change of rice (Oryza sativa L.) under water stress at early season. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 644 -012030.

**Lachlan, L. and Victor, O. 2017.** Associations between yield, intercepted radiation and radiation use efficiency in chickpea. **68(2)**: 140-147.

**Li, D. Tang, Q. Zhang, Y. Qin, J. Li, H. Chen, L. Yang, S.2012.** Effect of nitrogen regimes on grain yield, nitrogen utilization, radiation use efficiency, and sheath blight disease intensity in super hybrid rice. Journal of Integrative Agriculture. 11(1): 134-143.

**Mohidem, N.A. Hashim, N. Shamsudin, R. Che Man, H. 2022**. Rice for Food Security: Revisiting Its Production, Diversity, Rice Milling Process and Nutrient Content. Agriculture 729-741.

**Rajput, A., Rajput, S.S. and Jha, G. 2017.** Physiological parameters leaf area index, crop grow rate, relative growth rate and net assimilation rate of different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in SRI. **5(1):**362- 367.

Ram, H., Singh, J.P., Bohra, J.S., Rajiv, K., Singh, K Sutaliya, J.M. 2014. Effect of seedlings age and plant spacing on growth, yield, nutrient uptake and economics of rice (*Oryza* sativa) genotypes under system of rice intensification. Indian Journal of Agronomy, 59(2),.256-26.

**Rakesh, P., Vijay, P., Madurima, Das. Mahesh, M.R. 2017.** Plant growth analysis. Physiological techniques to analyze the impact of climate change on crop plants Crop and pastur sciences. **20(4):** 6-25.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

**Rosati, A., Metcalf, S. G., Lampinen, B. D. 2004.** A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. Annals of Botany, **93(5):** 567–574.

**Sinclair, T.R. and Muchow, R.C. 1999.** Radiation use efficiency. Advances in Agronomy, **65**: 215-265.

**Sridhar, K. Srinivas, A. Avil Kumar, K. Ramprakash, T. Raghuveer Rao, P.2019.** Physiological growth parameters of rabi rice under alternate wetting and drying irrigation with. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. **8(1)**: 1-15.

**Swarna, R., Leela Rani, P., Sreenivas, G., Raji Reddy, D. Madhavi, A. 2017.** Growth performance and radiation use efficiency of transplanted rice under varied plant densities and nitrogen levels. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **6(5)**: 1429-1437.

**Tsubo, M., Walker, S. and Mukhala, E. 2001.** Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Filed Crops Research*, **71:**17-29.

**Varon, G.G. Díaz, H.R.2015.** Growth and yield of rice cultivars sowed on different dates under tropical conditions. *Cien. Inv. Agr*. **42(2)**:217-226.

**Yoseph, T. Gebre, W. 2014.** Determination of optimum seed rate for productivity of rice at Woito, southern Ethiopia. Agriculture, Forestry and Fisheries. **3(3)**: 199-202.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]

# Effect of planting pattern and seedling age on some physiological traits and radiation use efficiency in local and high-yielding rice (*Oryza sativa L.*) cultivars in khouzestan province.

M. Banari[1], P. Hassibi*[2] and A.Guilani[3]
1 & 2) Department of Plant Production and Genetics, Faulty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3) Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran..
**Corresponding author:** **p.hassibi@scu.ac.ir**
**This article is taken from a doctoral dissertation.**

**Received date: 2024.04.21** **Accepted date: 2024.07.23**

## Abstract

**Radiation use efficiency is important ecophysiological characteristics for realization of crops growth, development and radiation absorption. With the same aim, in order to study In order to study of radiation use efficiency in rice cultivars, This two-years experiment was conducted in a split-split-plot arrangement based on randomized complete block design with three replications during 2019-2020 and 2020-2021growing seasons. The main plot was cultivar at three levels included Champa, Anbouri and Danial, the sub plot was planting arrangement at three levels included 15 cm× 15 cm, 15 cm× 20 cm and 15 cm× 30 cm and the sub sub plot was seedling age at three levels included 30, 40 and 50-day old seedlings. results showed that the highest LAI (5.8) was related to the 30-days seedlings of Champa variety in the planting arrangement of 15x15 cm. The highest CGR plant was obtained in the 15x15 cm treatment in the Daniel cultivar (33.3 g/m2 day). The rate of net photosynthesis in 50-day seedlings of Daniel variety at the end of the growing season found an upward trend due to the vertical arrangement of the leaves. At the beginning of the growing season, the 40-day transplant of Anbouri cultivar, in the planting arrangement of 15 x 30 cm showed the highest relative growth rate 0.18 g.m2.d. Increasing the number of hills per unit area in the planting arrangement of 15x15 cm caused the faster maximum LAI, which led to an increase in the radiation use efficiency in this planting arrangement and changing the planting arrangement from 15x15 cm to 30x15 cm. reduced the radiation use efficiency from 2.16 to 1.60 g.MJ-1. The results results of showed that the highest yield of rice in all three cultivars of Champa, Anbori and Daniyal in 30 days of transplanting in 15 x 15 cm planting arrangement was 6563, 6100 and 9466 kg/ha, respectively. Generalll, the 30-day seedlings of the studied rice cultivars in the planting arrangement of 15x15 cm were more suitable for improving the yield of rice in the area where the experiment was done due to having a higher LAI, higher CGR and radiation use efficiency, and Daniyal cultivar according to the Due to the difference in the performance of paddy compared to other varieties (30%) and more compressibility, it is a solution to achieve the stability of the performance in the conditions of Khuzestan.**

**Key words:** leaf area index, Relative growth rate, Net assimilation rate and Radiation Use Efficiency

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2024-12-29 ]