Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 1, Sprig 2021 (143-154)
DOI: 10.22059/ijfcs.2020.292288.654656

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص۱۵۴-۱۴۳)

واکنش رشد و عملکرد برنج به تاریخ بذرپاشی و روش کاشت در کشت مستقیم در رشت

اکبر لطیفی[۱]، هاشم امین پناه*[۲] و بیژن یعقوبی[۳]

۱و۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران،

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۱۱)

چکیده

تغییر نظام کشت برنج از کشت نشایی به کشت مستقیم، سبب کاهش قابل توجه نیروی کارگری و هزینه‌های تولید می‌شود. به‌منظور بررسی اثر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت بر رشد و عملکرد رقم هاشمی در کشت مستقیم، آزمایشی در سال ۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت انجام شد. عامل اصلی شامل تاریخ بذرپاشی (۱۱، ۱۸ و ۲۵ اردیبهشت و یک، هشت، ۱۵ و ۲۲ خرداد) و عامل فرعی شامل روش کاشت (دست‌پاش، کاشت خطی و کاشت کپه‌ای) بودند. همچنین، تیمار شاهد کشت نشایی نیز به تیمارهای آزمایشی افزوده شد. تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ بذرپاشی بر عملکرد شلتوک معنی‌دار بود، ولی اثر روش کاشت و اثر متقابل بین آن‌ها بر عملکرد شلتوک معنی‌دار نبود. حداکثر عملکرد شلتوک به‌میزان ٤٤١٤ و ٤٣٢٥ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب در تاریخ بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت به‌دست آمد و تأخیر در بذرپاشی، منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد شد، به طوری‌که عملکرد شلتوک در تاریخ بذرپاشی یک، هشت و ۱۵ خرداد در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت، به‌ترتیب ٤١، ٤٣ و ۷۰ درصد کاهش یافت. همچنین بین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم (١٨٤±٤٤١٤ کیلوگرم در هکتار) و کشت نشایی (٢١٥±٤٢٩٥ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در ضمن، وزن خشک علف‌های‌هرز تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت قرار نگرفت. به‌طورکلی و براساس نتایج این تحقیق، عملکرد مطلوب برنج در کشت مستقیم، با بذرپاشی از تاریخ ۱۱ تا ۲۵ اردیبهشت به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: دست‌پاش، زمان کاشت، کاشت خطی، کاشت کپه‌ای، کشت مستقیم برنج.

Response of rice growth and grain yield to seeding date and planting method in direct seeding in Rasht

Akbar Latifi[1], Hashem Aminpanah*[1] and Bijan Yaghoubi[2]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. 2. Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

(Received: November 12, 2019 - Accepted: March 30, 2020)

ABSTRACT

Changing rice cultivation system from puddle transplanting to direct seeding greatly reduces labor and crop production costs. A field experiment was conducted at Rice Research Institute of Iran-Rasht in 2018 as split plot based on a randomized complete block design to evaluate the effect of seeding date and planting method on growth and grain yield of Hashemi cultivar in direct seeding method. Main plots included seeding date (May 1, 8, 15, 22, 29 and June5 and 12) and sub plots were planting methods (broadcast seeding, row seeding and hill seeding). Moreover, transplanting plots were included to the experiment as control treatment. Analysis of variance showed that seeding date had significant effects on paddy yield but planting method and their interaction had no significant effect on paddy yield. Maximum paddy yield were recorded at the dates of 1 and 15 May (4414 and 4325 kg ha^{-1}, respectively). Paddy yield was significantly reduced when seeding date delayed, as grain yield reduce by 41%, 43%, and 70% at the seeding dates of 22 and 29 May, and 5 June compared to the seeding date of 1 May. There was no significant difference in paddy yield between direct seeding (4295±215 kg ha^{-1}) and transplanting (4414±184 kg ha^{-1}) production systems. Moreover, seeding date and planting method had no significant effect on weed biomass. In general, result revealed that optimum paddy yield in direct seeding was recorded at the seeding date of 1 and15 May.

Keywords: Broadcasting, direct seeded rice, hill seeding, line seeding, sowing date.

* Corresponding author E-mail: aminpanah@iaurasht.ac.ir

مقدمه

برنج، غذای مصرفی بیش از نیمی از جمعیت جهان (Chauhan *et al*., 2015) و یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی بر اساس سطح زیر کشت و میزان تولید است (FAO, 2017). زراعت برنج در دنیا به دو روش عمده انجام می‌شود. در آسیا و آسیای جنوب شرقی، کشت برنج بیشتر به‌صورت نشاکاری می‌باشد که شامل پرورش نشاها در خزانه و سپس انتقال نشا به زمین اصلی گلخراب‌شده می‌باشد که این امر، نیاز به آب فراوان دارد. با توجه به تغییر اقلیم و کاهش نزولات جوی، کمبود آب در سال‌های اخیر، به یک نگرانی مهم و جدّی در سرتاسر دنیا تبدیل شده است (Mahajan *et al*., 2012). این موضوع به‌ویژه در کشور ایران که متوسط بارندگی سالیانه آن به‌طور چشم‌گیری کمتر از متوسط جهانی است، از اهمیت دو چندانی برخوردار است. در عین حال، افزایش رقابت بین بخش کشاورزی و صنعت بر سر آب، منجر به کاهش سهم آب در بخش کشاورزی شده است (Chauhan *et al*., 2012)؛ بنابراین انتظار می‌رود که دستیابی شالیکاران به منابع آبی در آینده کاهش یابد (Mahajan *et al*., 2013) و ادامه حیات و پایداری بوم نظام‌های کشت نشایی برنج، در معرض خطر جدّی قرار گیرد (Chauhan *et al*., 2014). همچنین تحقیقات نشان داده است که گلخرابی، اثرات مخربی بر ساختمان خاک دارد و سبب کاهش عملکرد محصول بعدی (غیر از برنج) در تناوب می‌شود (Timsina and Connor, 2001). درمقابل، افزایش فراهمی عناصر غذایی (فسفر، مس و آهن) و کنترل بهتر علف‌های‌هرز از مزایای کشت نشایی به حساب می‌آید (Surendra *et al*., 2001).

در کشت مستقیم، بذرها به‌صورت دست‌پاش یا ردیفی در خاک مرطوب یا خشک کاشته می‌شوند و در نتیجه، آماده‌سازی خزانه و نشاکاری در این روش کشت حذف می‌شود (Chauhan *et al*., 2015). همچنین کشت مستقیم برنج به ۱۸-۱۱ درصد آب کمتری برای استقرار گیاه نسبت به سیستم نشاکاری نیاز دارد (Kumar and Ladha, 2011; Laing *et al*., 2018). با وجود مزایای متعدد کشت مستقیم برنج، به دلیل نبود آب ایستا در زمان سبز شدن گیاه زراعی و عدم وجود مزیت اندازه گیاهچه برنج نسبت به علف‌هرز، میزان خسارت علف‌های‌هرز در کشت مستقیم برنج بیشتر از کشت نشایی است (Chauhan *et al*., 2015; Kaur *et al*., 2017)؛ اگرچه با مصرف متوالی علف‌کش های مناسب در کشت مستقیم برنج می‌توان خسارت علف‌های هرز را به‌طور قابل توجهی کاهش داد.

تاریخ بذرپاشی و روش کاشت، از مهم‌ترین عوامل زراعی هستند که بر عملکرد برنج در کشت مستقیم تأثیر می‌گذارند. انتخاب تاریخ مناسب بذرپاشی در کشت مستقیم برنج جهت اجتناب از خسارت سرمازدگی گیاهچه‌ها در بهار به‌ویژه در مرحله حساس استقرار گیاهچه‌ها بسیار مهم است (Thakura *et al*., 2010). معمولاً کاشت بذر زودتر از زمان مناسب، سبب کاهش جوانه‌زنی، ظهور کند و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها، افزایش خسارت بیماری‌های خاکزاد و افزایش احتمال خطر سرمازدگی گیاهچه‌های برنج در کشت مستقیم می‌شود؛ در نتیجه، تاریخ بذرپاشی اثر مستقیمی بر میزان استقرار گیاهچه‌های برنج در کشت مستقیم دارد (Tiwari *et al*., 2018). با این وجود، تاریخ مناسب بذرپاشی سبب می شود که رشد رویشی در دوره زمانی با دمای مناسب هوا و حداکثر تشعشع خورشیدی اتفاق افتد. در مقابل، تاریخ بذرپاشی دیرهنگام هم می‌تواند خطر همزمانی مرحله رسیدگی و برداشت برنج با باران‌های شهریور ماه، افزایش احتمال ورس و در نتیجه کاهش عملکرد را به همراه داشته باشد. همچنین، امکان فرار از گرمای زیاد یا بارندگی در طی مرحله گرده‌افشانی و دوره پر شدن دانه باید در انتخاب تاریخ بذرپاشی مد نظر قرار گیرد (Jagadish *et al*., 2007). نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تاریخ مناسب بذرپاشی، منجر به افزایش تعداد پنجه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه، وزن ۱۰۰۰ دانه و در نتیجه عملکرد می‌شود (Akbar *et al*., 2010; Bashir *et al*., 2010). در تحقیقی، تاریخ بذرپاشی هشت اردیبهشت را برای رقم

خزر و ۱۸ اردیبهشت را برای ارقام طارم محلی و هاشمی در آمل پیشنهاد کردند (Jalali *et al*., 2015). نتایج تحقیق دیگری حاکی از آن است که تاریخ ۲۰ اردیبهشت، مناسب‌ترین تاریخ جهت دستیابی به بالاترین عملکرد برنج در کشت مستقیم در رشت بود (Basharkhah *et al*., 2010). کاهش عملکرد در کشت مستقیم، به کاهش طول دوره رشد ارقام و در نتیجه کاهش انتقال کربوهیدرات‌های غیرساختمانی به مخزن اصلی یعنی دانه نسبت داده شده است (Limochi *et al*., 2013). در کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب، بذرکاری به‌صورت دست‌پاش، کاشت بذر به‌صورت خطی و کاشت بذر به‌صورت کپه‌ای انجام می‌شود. گزارش شده است که مقاومت برنج به ورس در سیستم کشت مستقیم در کاشت به‌صورت کپه‌ای و خطی، به‌طور قابل توجهی نسبت به کاشت دست‌پاش بیشتر بود (Yoshinaga, 2005).

با وجود تحقیقات زیاد و تلاش‌های گسترده از اواسط دهه ۹۰ میلادی جهت کشت مستقیم برنج در دنیا، میزان پذیرش این روش در شمال کشور کم است؛ اگرچه در سال‌های اخیر، تشدید مشکلات مربوط به سیستم کشت نشایی برنج و معرفی علف‌کش‌های مناسب کشت مستقیم، علاقه‌مندی کشاورزان به کشت مستقیم برنج را افزایش داده است. در حال حاضر، اطلاعات کمی در زمینه تاریخ مناسب بذرپاشی و روش کاشت در کشت مستقیم برنج در شمال کشور وجود دارد. بنابراین، این تحقیق با هدف تعیین تاریخ مناسب بذرپاشی و روش مطلوب کشت مستقیم برنج در شمال کشور، رشت، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت با طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع حدود ۱۰ متر پایین‌تر از سطح دریا انجام شد. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک مزرعه آزمایشی نمونه‌برداری صورت گرفت که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ آمده است.

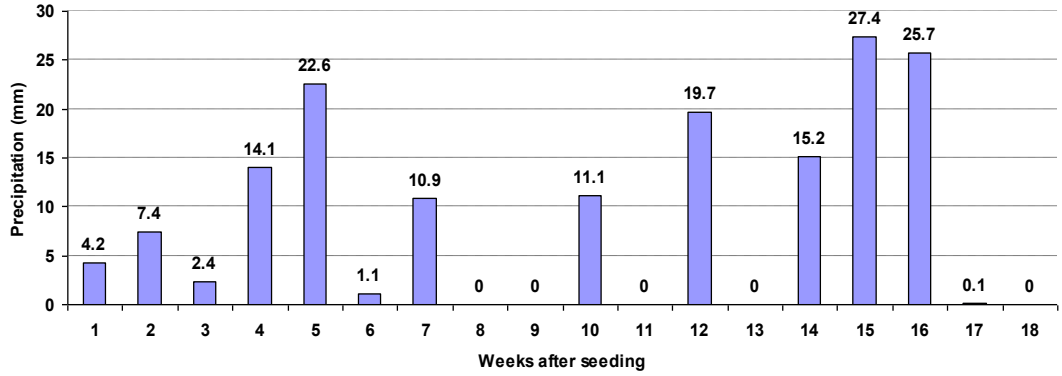
جدول ۱ – خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مزرعه آزمایشی (صفر-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physiochemical properties of the experimental field soil

Organic matter (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	Electrical conductivity (dS. m^{-1})	Total nitrogen (%)	Available phosphorus (ppm)	Available potassium (ppm)
2.1	13	45	42	7.1	1.24	0.108	11.2	134

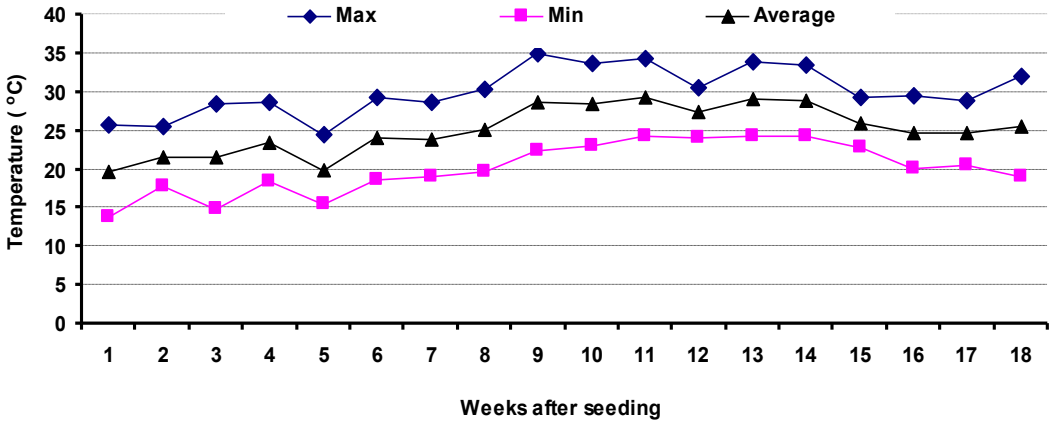
اطلاعات مربوط به میزان بارندگی و دما در طول دوره رشد برنج، به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ ارایه شده است. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت انجام شد. هفت تاریخ بذرپاشی (۱۱، ۱۸ و ۲۵ اردیبهشت و یک، هشت، ۱۵ و ۲۲ خرداد) به عنوان کرت اصلی و روش‌های کاشت دست‌پاش، کشت خطی و کشت کپه‌ای به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. همچنین یک کرت شاهد نشاکاری نیز جهت مقایسه عملکرد کشت مستقیم با کشت نشایی به تیمارهای آزمایشی در هر تکرار اضافه شد. ۹۰ کیلوگرم بذر در هکتار برای کشت مستقیم در نظر گرفته شد که با توجه به وزن ۱۰۰۰ دانه شلتوک برنج مورد استفاده (رقم هاشمی)، تراکم در واحد سطح، حدود ۳۶۰ عدد بذر در متر مربع بود. فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین کپه‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. شایان ذکر است که جهت جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌ها، ۴۸ ساعت قبل از بذرپاشی، بذرهای برنج در آب اکسیژن‌دار خیسانده و پیش جوانه‌دار شدند (Akhgari and Kaviani, 2019). در ضمن، نشاکاری در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۷ در کرت‌های مربوط به آن صورت پذیرفت و سه گیاهچه نشاهای ۳۰ روزه برنج رقم هاشمی در هر کپه با فاصله کاشت ۲۰ × ۲۵ سانتی‌متر در کرت‌هایی با ابعاد چهار در پنج متر به زمین اصلی منتقل شدند. در کشت مستقیم تا چهار هفته، فقط آبیاری سطحی و

سپس غرقاب متناسب با ارتفاع گیاهچه برنج اعمال شد و بعد از چهار برگی برنج تا دو هفته قبل از برداشت، ارتفاع آب حدود پنج تا هفت سانتی‌متر ثابت بود. علف‌کش‌های مورد استفاده در کشت مستقیم شامل کانسیل (فرمولاسیون WG 30% با نام عمومی تریافامون + اتوکسی‌سولفورون) و کلین‌ویید (فرمولاسیون SC40% با نام عمومی بیس‌پایریباک‌سدیم) بودند. علف‌کش کانسیل به میزان ۱۵۰ گرم در هکتار بعد از آماده‌سازی نهایی زمین و یک هفته قبل از بذرپاشی استفاده شد. همچنین علف‌کش کلین‌ویید به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر در هکتار در مرحله دو تا سه برگی علف‌های‌هرز با استفاده از سمپاش پشتی مصرف شد. در کشت نشایی نیز مخلوطی از علف‌کش بن‌سولفورون‌متیل و بوتاکلر، به‌ترتیب به‌میزان ۷۵ گرم و چهار لیتر در هکتار، پنج روز پس از نشاکاری و به‌روش دست‌پاش مصرف شد.



نمودار ۱- میزان بارندگی هفتگی در طول دوره رشد برنج

Figure 1. Weekly precipitation during rice growing period



نمودار ۲- میزان دمای هفتگی (بیشینه، میانگین و کمینه) در طول دوره رشد برنج

Figure 2. Weekly temperatures (maximum, minimum and average) during rice growing period

میزان کود نیتروژن مورد استفاده، ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای رقم بومی هاشمی بود که ۵۰ درصد آن در زمان آخرین مرحله آماده سازی زمین و ۵۰ درصد بقیه در زمان تشکیل اولین جوانه پانیکول در غلاف به خاک داده شد. همچنین ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار، به‌عنوان کود پایه در زمان آخرین مرحله آماده‌سازی زمین خاک اضافه و با خاک مخلوط شد. بر طبق عرف منطقه، وجین دستی علف‌های‌هرز در کرت‌های نشایی در سه هفته پس از نشاکاری صورت گرفت، در حالی

که در کشت مستقیم برنج، وجین دستی انجام نشد. چهار هفته پس از بذرپاشی، تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته در کرت‌های کشت مستقیم، با استفاده از کوآدرات ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر شمارش و ثبت شد. همچنین، جهت اندازه‌گیری زیست‌توده علف‌های‌هرز، نمونه‌برداری بلافاصله قبل از برداشت محصول از سطحی معادل ۰/۲۵ مترمربع در چهار نقطه از هر کرت انجام شد و سپس وزن خشک آن با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی محصول، عملکرد شلتوک در سطحی معادل چهار مترمربع اندازه‌گیری شد و بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. همچنین، تعداد پنجه بارور از مساحتی به اندازه یک متر مربع در هر کرت شمارش شد. در ضمن، تعداد ۱۰ خوشه ساقه اصلی در هر کرت، به‌طور تصادفی انتخاب شدند و تعداد دانه پر و پوک در هر خوشه شمارش و میانگین آن‌ها ثبت شد. درصد باروری خوشه از تقسیم تعداد دانه پر در خوشه به تعداد کل دانه در خوشه ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد. در ضمن، تعداد ۵۰۰ عدد دانه پر در بین توده بذر مذکور به‌طور تصادفی انتخاب شدند و وزن آن‌ها با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و وزن ۱۰۰۰ دانه برای هر تیمار محاسبه شد. برای اندازه‌گیری زیست‌توده برنج، در هر کرت، بوته‌های برنج از مساحت یک مترمربع در زمان رسیدگی محصول کف‌بر شدند و پس از ۲۴ ساعت آفتاب‌خشک، به مدت ۷۲ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از تقسیم وزن خشک شلتوک به زیست‌توده ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (ver.9.1) SAS و بر اساس آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج در صد انجام مقایسه شدند (SAS, 2004). با توجه به عدم تولید دانه در تاریخ بذرپاشی ۲۲ خرداد، این تاریخ در هنگام تجزیه داده‌ها حذف شد. همچنین جهت مقایسه آماری عملکرد کشت مستقیم با کشت نشایی، عملکرد شلتوک در بهترین تیمار تاریخ و روش کاشت با عملکرد شلتوک در کرت‌های نشایی از طریق خطای استاندارد انجام شد. قابل ذکر است که فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی و تأیید قرار گرفت.

نتایج و بحث

تعداد گیاهچه در متر مربع

اثر اصلی تاریخ بذرپاشی بر تعداد گیاهچه در متر مربع معنی‌دار بود، اما اثر اصلی روش کاشت و اثر متقابل آن با تاریخ بذرپاشی معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که حداکثر تعداد گیاهچه در متر مربع (۹۶ گیاهچه) در تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت مشاهده شد که از لحاظ آماری، اختلاف معنی‌داری با تعداد گیاهچه در تاریخ بذرپاشی ۲۵ اردیبهشت (۹۲ گیاهچه)، اول خرداد (۹۴ گیاهچه) و هشت خرداد (۸۸ گیاهچه) نداشت. تعداد گیاهچه در تاریخ بذرپاشی ۱۵ خرداد (۷۵ گیاهچه) و ۱۸ اردیبهشت (۷۹ گیاهچه) به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تاریخ‌های بذرپاشی بود (جدول ۳). کاهش معنی‌دار تعداد گیاهچه در متر مربع در تاریخ بذرپاشی ۱۸ اردیبهشت در مقایسه با تاریخ‌های بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت، به خاطر وقوع رگبار شدید بعد از بذرپاشی بود که سبب کاهش تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته شد. این امر سبب شد که عملکرد دانه نیز در این تاریخ بذرپاشی به‌طور معنی‌داری کمتر از تاریخ‌های بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت باشد. گزارش شده است که تاریخ بذرپاشی، اثر مستقیمی بر میزان استقرار گیاهچه‌های برنج در کشت مستقیم دارد (Tiwari *et al*., 2018).

تعداد خوشه در متر مربع

تعداد خوشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی قرار گرفت، درحالی‌که اثر روش کاشت و اثر متقابل آن با تاریخ بذرپاشی بر تعداد خوشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری در تعداد خوشه در میان تاریخ‌های بذرپاشی ۱۱، ۱۸ و ۲۵ اردیبهشت مشاهده نشد، ولی تأخیر بیشتر در تاریخ بذرپاشی، منجر به کاهش تعداد خوشه در متر مربع شد.

بذرپاشی در تاریخ یک، هشت و ۱۵ خرداد، منجر به کاهش معنی‌دار تعداد خوشه، به‌ترتیب به‌میزان ۱۳، ۱۹ و ۲۳ درصد در مقایسه با بذرپاشی در تاریخ ۱۱ اردیبهشت شد (جدول ۳). کاهش معنی‌دار تعداد خوشه در تاریخ‌های کشت دیرهنگام توسط محقق دیگری نیز گزارش شده است (Jalali *et al*., 2015). نمو سریع‌تر گیاه و کاهش طول دوره رویشی در تاریخ‌های بذرپاشی دیرهنگام، سبب کاهش تجمع زیست‌توده و میزان پنجه‌زنی در گیاه می‌شود که این امر در نهایت منجر به کاهش تعداد خوشه در گیاه می‌شود. به‌علاوه، در تاریخ‌های بذرپاشی دیرهنگام، در صد بیشتری از پنجه‌های گیاه توانایی تولید خو شه را از دست داده و غیربارور باقی می‌مانند.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های مورد بررسی در برنج تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت

Table 2. Variance analysis (mean squares) of the effects of seeding date and planting method on the measured traits

Source of variance	df	Seedling number m^{-2}	Panicle number m^{-2}	Filled grain number $panicle^{-1}$	Total grain number $panicle^{-1}$	Fertility percent
Replication	2	110^{ns}	3520^{ns}	173^{ns}	313^{*}	459^{ns}
Seeding Date (D)	5	648^{**}	15296^{**}	1457^{**}	270^{*}	2446^{**}
Error (a)	10	54	1017	69	71	113
Planting Method (M)	2	26^{ns}	191^{ns}	17^{ns}	2^{ns}	82^{ns}
D × M	10	9^{ns}	114^{ns}	34^{ns}	37^{ns}	36^{ns}
Error	24	52	124	33	46	31
CV (%)	-	8	3	13	12	7

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد بررسی تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت در برنج

Table 3. Mean comparison of the the effects of seeding date and planting method on the measured traits in rice

Trait / Treatments	Seedling number m^{-2}	Panicle number m^{-2}	Filled grain number $panicle^{-1}$	Total grain number $panicle^{-1}$	Fertility percent (%)
Planting Method					
Broadcast seeding	89 ^{a}	402 ^{a}	45 ^{a}	60 ^{a}	74.6 ^{b}
Row seeding	87 ^{a}	404 ^{a}	46 ^{a}	59 ^{a}	76.9 ^{a}
Hill seeding	86 ^{a}	398 ^{a}	43 ^{a}	58 ^{a}	72.6 ^{b}
LSD (0.05)	5	7	4	5	3.9
Seeding Date					
1 May	96 ^{a}	448 ^{a}	59 ^{a}	68 ^{a}	87.6 ^{a}
8 May	79 ^{b}	427 ^{a}	54 ^{ab}	62 ^{ab}	87.0 ^{a}
15 May	92 ^{a}	433 ^{a}	50 ^{b}	60 ^{abc}	84.3 ^{a}
22 May	94 ^{a}	391 ^{b}	45 ^{b}	59 ^{abc}	80.5 ^{a}
29 May	88 ^{a}	365 ^{bc}	36 ^{c}	56 ^{bc}	61.2 ^{b}
5 June	75 ^{b}	345 c	24 ^{d}	51 ^{c}	47.6 ^{c}
LSD(0.05)	8	33	9	9	11.2

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون برای هر صفت، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری (LSD≤0.05) با یکدیگر ندارند.

Means in the same column within the same traits followed by the same letter are not significantly different based on of LSD test at 5% level.

تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه و درصد باروری خوشه

تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه و درصد باروری خوشه، تنها تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ بذرپاشی قرار گرفتند (جدول ۲). حداکثر تعداد دانه پر در خو شه در تاریخ‌های بذرپاشی ۱۱ (۵۸ دانه در خوشه) و ۱۸ اردیبهشت (۵۳ دانه در خوشه) مشاهده شد و با تأخیر در تاریخ بذرپاشی، تعداد دانه پر در خوشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت .نتایج نشان داد که بذرپاشی در تاریخ یک، هشت و ۱۵ خرداد، منجر به کاهش تعداد دانه پر در خوشه به‌ترتیب به‌میزان ۲۴، ۴۰ و ۶۰ درصد در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت شد. بیشترین تعداد دانه در خوشه در تاریخ بذرپاشی ۱۱ و

۱۸ اردیبهشت و حداقل آن نیز در تاریخ بذرپاشی ۱۵ خرداد مشاهده شد (جدول ۳). با تأخیر در تاریخ بذرپاشی از ۱۱ اردیبهشت به ۱۸ خرداد، درصد باروری خوشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و از ۸۷/۵ درصد به ۴۶ درصد رسید (جدول ۳). این نتایج بیانگر تأثیر پذیری قابل توجه این جزء از عملکرد از تاریخ کاشت می‌باشد. سایر محققان نیز نشان دادند که تعداد دانه و در صد باروری خو شه تحت تاثیر معنی‌دار تاریخ کاشت قرار گرفت (Valad Abadi *et al*., 2011; Jalali *et al.*, 2015). به‌نظر می‌رسد که مصادف شدن گرده‌افشانی برنج در تاریخ‌های بذرپاشی دیرهنگام با هوای گرم می‌تواند منجر به عدم گرده‌افشانی مناسب و در نتیجه افزایش تعداد دانه های پوک در خوشه (Jagadish *et al*., 2010) و در نهایت کاهش تعداد دانه در خوشه (Tao *et al*., 2007) شود.

وزن ۱۰۰۰ دانه

وزن ۱۰۰۰ دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت قرار گرفت (جدول ۴). حداکثر وزن ۱۰۰۰ دانه در تاریخ‌های بذرپاشی ۱۱ تا ۲۵ اردیبهشت مشاهده شد و تأخیر بیشتر در تاریخ بذرپاشی، منجر به کاهش معنی‌دار وزن ۱۰۰۰ دانه شد، به‌طوری‌که بذرپاشی در تاریخ ۱۵ خرداد منجر به کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه به میزان ۳۸ درصد در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت شد (جدول ۵). وزن ۱۰۰۰ دانه در کاشت خطی به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در کا شت د ست‌پاش بود. اثر معنی‌دار تاریخ بذرپاشی بر وزن ۱۰۰۰ دانه در کشت مستقیم برنج توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Gill *et al*., 2006; Pal *et al*., 2017)، به‌طوری‌که تأخیر در تاریخ بذرپاشی منجر به کاهش معنی‌دار وزن ۱۰۰۰ دانه شد (Ahmed *et al*., 2016). به‌نظر می‌رسد که مصادف شدن دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها در دانه و در نتیجه کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Bahuguna *et al*., 2015).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های مورد بررسی در برنج تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت

Table 4. Analysis of variance (mean squares) of the effects of date and planting method on measured traits in rice

Source of variance	df	Thousand grain weight	Paddy yield	Biological yield	Harvest index	Weed dry weight
Replication	2	24^{*}	285715^{ns}	5762880^{ns}	45^{ns}	0.8^{ns}
Seeding Date (D)	5	139^{**}	12886159^{**}	32361464^{**}	448^{**}	16.2^{ns}
Error (a)	10	5	127817	2483637	48	21.1
Planting Method (M)	2	13^{*}	21043^{ns}	779068^{ns}	26^{ns}	2.8^{ns}
D × M	10	6^{ns}	446220^{ns}	1365916^{ns}	14^{ns}	1.5^{ns}
Error	24	4	225185	1193259	13	23.3
CV (%)	-	10	15	12	11	23

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

در همین راستا گزارش شده است که دمای زیاد، منجر به رشد و نمو سریع دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه شد (Ohe *et al*., 2007). همچنین گزارش شده است که دمای بالا در طی مرحله زایشی، از طریق تسریع پیر شدن خو شه، سبب کاهش وزن دانه شد (Kim *et al*., 2011). نتایج یک تحقیق، بازدارندگی توزیع مواد فتوسنتزی را دلیل احتمالی کاهش وزن دانه برنج در شرایط تنش گرما در طی مرحله گرده‌افشانی بیان کرد و محدودیت منبع و مخزن را عامل موثر در کاهش وزن دانه در این شرایط ندانست (Zhang *et al*., 2018). همچنین در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، همزمانی مرحله رسیدگی برنج با بارندگی شهریورماه و در نتیجه کاهش تعداد ساعات آفتابی نیز می‌تواند منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در برنج تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت

Table 5- Mean comparison of the effects of seeding date and planting method on measured traits in rice

Trait / Treatments	Thousand grain weight (g)	Paddy yield (kg. ha^{-1})	Rice biomass (kg. ha^{-1})	Harvest index (%)	Weed dry weight (g m^{-2})
Planting Method					
Broadcast seeding	20.3 ^{b}	3037 ^{a}	8903 ^{a}	33.0 ^{a}	20.2 ^{a}
Row seeding	22.0 ^{a}	3096 ^{a}	9140 ^{a}	33.0 ^{a}	21.0 ^{a}
Hill seeding	20.9 ^{ab}	3096 ^{a}	8726 ^{a}	35.1 ^{a}	20.6 ^{a}
LSD(0.05)	1.4	326	751	3.3	3.3
Seeding Date					
1 May	24.7 ^{a}	4414 ^{a}	10963 ^{a}	40.5 ^{a}	19.0 ^{a}
8 May	24.2 ^{a}	3377 ^{b}	8918 ^{b}	37.6 ^{a}	19.0 ^{a}
15 May	23.7 ^{ab}	4325 ^{a}	10607 ^{a}	41.2 ^{a}	21.0 ^{a}
22 May	21.3 ^{b}	2607 ^{c}	8859 ^{b}	30.0 ^{b}	21.2 ^{a}
29 May	17.2 ^{c}	2400 ^{c}	8563 ^{b}	28.5 ^{b}	20.9 ^{a}
5 June	15.4 ^{c}	1333 ^{d}	5629 ^{c}	24.2 ^{b}	22.6 ^{a}
LSD(0.05)	2.3	375	1655	7.3	4.8

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون برای هر صفت، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری (LSD≤0.05) با یکدیگر ندارند.

Means in the same column within the same traits followed by the same letter are not significantly different based on of LSD test at 5% level.

عملکرد شلتوک

اثر تاریخ بذرپاشی بر عملکرد شلتوک معنی‌دار بود، ولی اثر روش کاشت و نیز اثر متقابل روش کاشت و تاریخ بذرپاشی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد دانه به میزان ۴۴۱۵ و ۴۳۲۶ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب در تاریخ بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبشت به‌دست آمد (جدول ۵). نکته جالب توجه، کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک در تاریخ بذرپاشی ۱۸ اردیبهشت در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت بود. به‌نظر می‌رسد که دلیل این امر، وقوع بارندگی شدید (رگبار) بلافاصله پس از بذرپاشی بود که منجر به کاهش جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها و کاهش تعداد خوشه در متر مربع شد. همچنین نتایج نشان داد که با تأخیر در تاریخ بذرپاشی، عملکرد شلتوک به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که عملکرد شلتوک در تاریخ بذرپاشی یک، هشت و ۱۵ خرداد در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت، به‌ترتیب به‌میزان ۴۱، ۴۳ و ۷۰ درصد کاهش یافت (جدول ۵)؛ ضمن این که در تاریخ بذرپاشی ۲۲ خرداد، هیچ‌گونه برداشت شلتوک صورت نگرفت. کاهش خوشه در متر مربع، افزایش درصد پوکی دانه‌ها در خوشه و در نتیجه کاهش تعداد دانه پر در خوشه و کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه، از مهم‌ترین دلایل کاهش عملکرد شلتوک در تاریخ‌های بذرپاشی دیرهنگام بودند. در بررسی اثر تاریخ بذرپاشی بر عملکرد ارقام برنج در کشت مستقیم مشخص شد که کاهش طول دوره رشد ارقام و در نتیجه کاهش انتقال کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی به دانه، از عوامل مؤثر در کاهش عملکرد بود (Limochi *et al*., 2013). همچنین مصادف شدن گرده‌افشانی برنج در تاریخ‌های بذرپاشی دیرهنگام با هوای گرم می‌تواند منجر به کاهش زنده ماندن دانه‌های گرده و عقیم شدن گلچه‌ها (Sathishraj *et al*., 2015)، افزایش تعداد دانه های پوک در خوشه (Jagadish *et al*., 2010)، کاهش تعداد و وزن دانه (Tao *et al*., 2007) و در نتیجه کاهش جدی عملکرد شود (Bahuguna *et al*., 2015, Ishimaru *et al*., 2016; Ali *et al*., 2019). در همین راستا گزارش شده است که دمای بیشتر از ۳۳ درجه سانتیگراد در دوره گلدهی، منجر به افزایش عقیم ماندن گلچه‌ها در برنج شده است (Bheemanahalli *et al*., 2016). همچنین دمای بالا می‌تواند سبب اختلال در پارامترهای فیزیولوژیک از قبیل محتوای کلروفیل، میزان فتوسنتز خالص و فعالیت آنزیم ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز شود (Ou *et al*., 2005). در آزمایشی مشاهده شد که تأخیر بذرپاشی در کشت مستقیم، سبب کاهش قابل توجه عملکرد در ژنوتیپ‌های برنج شد و دلیل اصلی آن، کاهش اندازه و ظرفیت منبع اعلام شد (Pal *et al*., 2017). همچنین

گزارش شده است که در انتخاب تاریخ مناسب بذرپاشی، باید عدم تداخل سرمای دیرهنگام بهاره با فرآیند جوانه‌زنی (Thakura *et al*., 2010) و فرار از بارندگی در طی مرحله گرده‌افشانی مدنظر قرار گیرد (Jagadish *et al*., 2007; Bheemanahalli *et al*., 2016). در همین راستا مشاهدات مزرعه‌ای نشان داد که میزان خسارت نسل سوم کرم ساقه‌خوار با تأخیر در تاریخ کاشت، به‌طور چشمگیری افزایش یافت. به‌علاوه، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم برنج (۱۸۴±۴۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) در مناسب‌ترین زمان بذرپاشی یعنی ۱۱ اردیبهشت و عملکرد شلتوک در کشت نشایی (۲۱۵±۴۲۹۵ کیلوگرم در هکتار) وجود نداشت. در خصوص مقایسه بین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم و کشت نشایی برنج، نتایج متعدد و متناقضی توسط محققان گزارش شده است. مطابق نتایج این تحقیق، برخی از محققان گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم و کشت نشایی وجود نداشت (Kukal and Aggarwal, 2002; Kumar and Ladha, 2011). در مقابل، برخی از محققان (Gill *et al*., 2006; Sudhir-Yadav *et al*., 2011; Ali *et al*., 2014) افزایش معنی‌داری عملکرد برنج در کشت مستقیم نسبت به کشت نشایی را گزارش کردند و این افزایش عملکرد شلتوک را به بالاتر بودن تعداد پنجه بارور و وزن ۱۰۰۰ دانه در کشت مستقیم نسبت دادند. در عین حال، محقق دیگری گزارش کرد که عملکرد شلتوک در کشت مستقیم به‌طور معنی‌داری کمتر از عملکرد شلتوک در کشت نشایی بود (Mishra *et al*., 2017). تناقض در گزارشات محققان در این خصوص، احتمالا ناشی از مدیریت متفاوت مزارع کشت مستقیم برنج در آزمایشات انجام شده می‌باشد. در این راستا گزارش شده است که در صورت کنترل مطلوب علف‌های‌هرز، تفاوت معنی‌داری بین عملکرد در کشت مستقیم و نشایی مشاهده نشد، درحالی‌که در صورت عدم کنترل علف‌های‌هرز، افت عملکرد در کشت مستقیم و نشایی به‌ترتیب برابر با ۶۶ و ۱۴ درصد بود (Ala *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد که با اتخاذ راهکارهایی مناسب جهت جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌ها، انتخاب تاریخ مناسب بذرپاشی، کنترل مطلوب علف‌های‌هرز با مصرف تلفیقی از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی و همچنین جلوگیری یا کاهش میزان ورس بوته‌ها در کشت مستقیم، می‌توان به عملکردی مشابه یا حتی بیشتر از کشت نشایی دست یافت.

زیست‌توده برنج و شاخص برداشت

زیست‌توده برنج فقط تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ بذرپاشی قرار گرفت (جدول ۴). حداکثر زیست‌توده برنج در تاریخ بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت، به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۹۶۳ و ۱۰۶۰۷ کیلوگرم در هکتار بود که از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند. مشابه روند تغییرات عملکرد شلتوک، میزان زیست‌توده تولید شده به‌وسیله برنج نیز در تاریخ بذرپاشی ۱۸ اردیبهشت به‌طور معنی‌داری کمتر از تاریخ های بذرپاشی ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت بود. تأخیر در تاریخ بذرپاشی، سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده برنج شد، به‌طوری‌که زیست‌توده برنج در تاریخ بذرپاشی اول، هشتم و ۱۵ خرداد در مقایسه با تاریخ بذرپاشی ۱۱ اردیبهشت، به‌ترتیب به‌میزان ۱۹، ۲۲ و ۴۹ درصد کاهش یافت (جدول ۵). گزارش شده است که تولید بیشتر ماده خشک در تاریخ بذرپاشی زودهنگام، منجر به انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه ها در طی دوره پر شدن دانه در تاریخ بذرپاشی زودهنگام شد (Pal *et al*., 2017). کاهش زیست‌توده برنج در تاریخ های بذرپاشی دیرهنگام می‌تواند ناشی از کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و در نتیجه کاهش میزان تولید و تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت فقط تحت تأثیر تاریخ بذرپاشی قرار گرفت (جدول ۴). بذرپاشی در تاریخ‌های اول، هشتم و ۱۵ اردیبهشت، سبب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به تاریخ بذرپاشی در اردیبهشت ماه شد (جدول ۵). گزارش شده است که تأخیر در بذپاشی، کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در کشت مستقیم برنج را در پی داشت (Valad Abadi *et al*., 2011). با توجه به فرمول شاخص برداشت (نسبت عملکرد شلتوک به زیست‌توده برنج)، این موضوع نشان می‌دهد که تأخیر در تاریخ

بذرپاشی، اثر سوء بیشتری بر کاهش عملکرد شلتوک در مقایسه با زیست‌توده برنج داشت. همانطور که قبلا گفته شد، تأخیر در تاریخ بذرپاشی، منجر به کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد یعنی تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن ۱۰۰۰ دانه شد که در نهایت این موضوع، سبب کاهش بیشتر عملکرد شلتوک نسبت به زیست‌توده برنج شد.

وزن خشک علف‌های‌هرز

اثر تاریخ بذرپاشی و روش کاشت بر وزن خشک علف‌های‌هرز معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج نشان داد که علف‌کش‌های کانسیل و کلین‌وید توانستند به‌طور موثری علف‌های‌هرز موجود در کشت مستقیم را کنترل کنند، به‌طوری‌که وزن خشک علف‌های‌هرز در کلیه کرت‌های کشت مستقیم کمتر از ۲۲/۶ گرم بر متر مربع بود (جدول ۵). اگرچه به باور اکثر محققان، علف‌های‌هرز، مانع اصلی در پذیرش و گسترش کشت مستقیم برنج هستند (Chauhan *et al*., 2015; Kaur *et al*., 2017)، نتایج این تحقیق نشان داد که با بهره‌گیری صحیح و کاربرد تناوبی برخی علف‌کش‌های جدید میزان خسارت علف‌های‌هرز به شدت کاهش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که انتخاب تاریخ مناسب بذرپاشی، عاملی ضروری جهت دستیابی به بیشترین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم برنج می‌باشد، در حالی‌که روش کاشت، اثر معنی‌داری بر عملکرد در کشت مستقیم نداشت. بر اساس نتایج آزمایش، عملکرد مطلوب برنج در کشت مستقیم با بذرپاشی از تاریخ ۱۱ تا ۲۵ اردیبهشت حاصل شد و بذرپاشی در خرداد، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک یا حتی سبب از بین رفتن کامل محصول در کشت خیلی دیرهنگام شد. نتایج نشان داد که بذرپاشی در تاریخ اول، هشتم و ۱۵ خرداد، سبب کاهش عملکرد شلتوک به‌ترتیب به‌میزان ۴۱، ۴۳ و ۷۰ درصد و کاهش زیست‌توده برنج به‌ترتیب به‌میزان ۱۹، ۲۲ و ۴۹ درصد در مقایسه با بذرپاشی در تاریخ ۱۱ اردیبهشت شد. این موضوع نشان‌دهنده حساسیت بیشتر عملکرد شلتوک نسبت به تأخیر در تاریخ کاشت در مقایسه با زیست‌توده برنج می‌باشد. با این توصیف، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد شلتوک در کشت مستقیم و کشت نشایی مشاهده نشد. در مجموع و بر اساس نتایج این تحقیق، عملکرد مطلوب برنج در کشت مستقیم با بذرپاشی از تاریخ ۱۱ تا ۲۵ اردیبهشت حاصل شد.

REFERENCES

1. Ahmed, S., Humphreys, E. & Chauhan, B.S. (2016). Optimum sowing date and cultivar duration of dry-seeded boro on the High Ganges River Floodplain of Bangladesh. *Field Crops Research*, 190, 91–102.
2. Akbar, N., Iqbal, A., Khan, H. Z., Hanif, M. K. & Bashir, M. U. (2010). Effect of different sowing dates on yield and yield components of direct seeded fine rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2(10), 312–315.
3. Akhgari, H. & Kaviani, B. (2019). Effect of priming on seed and plantlet vigor of two cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 8(1), 1–17. (In Persian).
4. Ala, A., AghaAlikhani, M., Amiri Larijani, B. & Soufizadeh, S. (2014). Comparison between direct seeding and transplanting of rice in Mazandaran Province: Weed competition, yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3), 463–475. (In Persian).
5. Ali, F., Waters, D. L. E., Ovenden, B., Bundock, P., Raymond, C. A. & Rose, T. J. (2019). Heat stress during grain fill reduces head rice yield through genotype dependant increased husk biomass and grain breakage. *Journal of Cereal Science*, 90, 1–7.
6. Bahuguna, R. N., Jha, J., Madan, P., Shah, D., Lawas, M. L., Khetarpal, S. & Jagadish, S. V. K. (2015). Physiological and biochemical characterization of NERICA-L 44: anovel source of heat tolerance at the vegetative and reproductive stages in rice. *Physiologia Plantarum*, 154, 543–559.
7. Basharkhah, M., Valad Abadi, S. A., Daneshian, J. & Erfani, A. (2010). Effect of different seeding date on assimilate accumulation of rice cultivars in direct seeded rice. *New Finding in Agriculture*, 5 (2), 133–145. (In Persian).

8. Bashir, M U., Akber, N., Iqbal, A. & Zaman, H. (2010). Effect of different sowing dates on yield and yield components of direct seeded coarse rice (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 47(4), 361–365.
9. Bheemanahalli, R., Sathishraj, R., Tack, J., Nalley, L. L., Muthurajan, R. & Jagadish, K. S. V. (2016). Temperature thresholds for spikelet sterility and associated warming impacts for subtropical rice. *Agricultural and Forest Meteorology*, 221, 122–130.
10. Chauhan, B. S., Hussain, A. T., Bernard, A. S. & Evengelista, G. (2015). Effect of crop establishment methods and weed control treatments on weed management, and rice yield. *Field Crops Research*, 172, 72–84.
11. Chauhan, B. S., Mahajan, G., Sardana, V., Timsina, J. & Jat, M. L. (2012). Productivity and sustainability of the rice–wheat cropping system in the Indo-Gangetic Plains of the Indian subcontinent: problems, opportunities, and strategies. *Adv*ances *in Agronomy*, 117, 315–369.
12. Chauhan, B. S., Prabhjyot-Kaur Mahajan, G., Randhawa, R. K., Singh, H. & Kang, M. S. (2014). Global warming and its possible impact on agriculture in India. *Advances in Agronomy*, 123, 65–121.
13. Food and Agricultural Organization (FAO). (2017). FAOSTAT statistics database [Online]. Available at http:// http://faostat.fao.org.
14. Gill, M. S., Kumar, A. & Kumar, P. (2006). Growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under various methods and times of sowing. *Indian Journal of Agronomy*, 51, 123–27.
15. Ishimaru, T., Xaiyalath, S., Nallathambi, J., Sathishraj, R., Yoshimoto, M., Phoudalay, L. Samson, B., Hasegawa T., Hayashi, K., Arumugam, G., Muthurajan, R. & Jagadisha, K. S. V. (2016). Quantifying rice spikelet sterility in potential heat-vulnerable regions: field surveys in Laos and southern India. *Field Crops Research*, 190, 3–9.
16. Jagadish, S. V. K., Craufurd, P. Q. & Wheeler, T. R. (2007). High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 58, 1627–1635.
17. Jagadish, S. V. K., Muthurajan, R., Oane, R., Wheeler, T. R., Heuer, S., Bennett, J. & Craufurd, P. Q. (2010). Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 61, 143–156.
18. Jalali, J., Nasiri, M., Habibi, M. & Kheyri, N. (2015). Evaluation of possibility of increasing success coefficient of direct seeding of rice genotypes by changing sowing dates. *Crop Physiology Journal*, 7(26), 85–103. (In Persian).
19. Kaur, J. & Singh, A. (2017). Direct seeded rice: prospects, problems/ constraints and researchable issues in India. *Current Agriculture Research Journal*, 5(1), 13-32.
20. Kim, J. H., Shon, J. Y., Lee, C. K., Yang, W. H., Yoon, Y. W., Yanga, W. H., Kim, Y. G. & Lee, B. W. (2011). Relationship between grain filling duration and leaf senescence of temperate rice under high temperature. *Field Crops Research*, 122, 207–213.
21. Kukal, S. S. & Aggarwal, G. C. (2002). Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in a sandy loam rice (*Oryza sativa* L.) field. *Agricultural Water Management*, 57, 49–59.
22. Kumar, V. & Ladha, J.K. (2011). Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy*, 111, 297–413.
23. Laing, A.M., Roth, C.H., Chialue, L., Gaydon, D. S., Grünbühel, C. M., Inthavong, T., Phengvichith, V., Schiller, J., Sipaseuth, Thiravong, K. & Williams, L. J. (2018). Mechanised dry seeding is an adaptation strategy for managing climate risks and reducing labour demand costs in rainfed rice production in lowland Lao PDR. *Field Crops Research*, 225, 32–46.
24. Limochi, K., Siadat, A. & Gilani, A. A. (2013). Sowing dates effect on yield and growth indexes of rice cultivars in northern Khozestan. *Electronic Journal of Crop Production*, 6(2), 167-184. (In Persian).
25. Mahajan, G., Chauhan, B. S., Timsina, J., Singh, P. P. & Singh, K. (2012). Crop performance and water and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. *Field Crops Research*, 134, 59–70.
26. Mahajan, G., Chauhan, B. S. & Gill, M. S. (2013). Dry-seeded rice culture in Punjab state of India: lessons learned from farmers. *Field Crops Research*, 144, 89–99.
27. Mishra, A. K., Khanal, A. R. & Pede, V. O. (2017). Is direct seeded rice a boon for economic performance? Empirical evidence from India. *Food Policy*, 73, 10–18.
28. Ohe, I., Saitoh, K. & Kuroda, T. (2007). Effects of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field. *Plant Production Science*, 10, 412–422.
29. Ou, Z. Y., Lin, G. Z. & Peng, C. L. (2005). Response of flag leaves of super high-yielding rice Pei'ai 64S/E32 and Liangyoupeijiu to high temperature. *Chinese Journsa*19, 249–254.

30. Pal, R., Mahajan, G., Sardana, V. & Chauhan, B. S. (2017). Impact of sowing date on yield, dry matter and nitrogen accumulation and nitrogen translocation in dry-seeded rice in North-West India. *Field Crops Research*, 206, 138–148.
31. SAS. (2004). SAS Institute, version 9.1.3. Cary, NC, USA.
32. Sathishraj, R., Bheemanahalli, R., Ramachandran, M., Dingkuhn, M., Muthurajan, R. & Krishna, J. S. (2015). Capturing heat stress induced variability in spikelet sterility using panicle: leaf and air temperature under field conditions. *Field Crops Research*, 190, 10–17.
33. Sudhir-Yadav, Gill, G., Humphreys, E., Kukal, S. S. & Walia, U. S. (2011). Effect of water management on dry seeded and puddled transplanted rice. Part 1. Crop performance. *Field Crops Research,* 120, 112–122.
34. Surendra, S., Sharma, S. N., Rajendra, P., Singh, S. & Prasad, R. (2001). The effect of seeding and tillage methods on productivity of rice–wheat cropping system. *Soil and Tillage Research*, 61, 125–131.
35. Tao, L. X., Tan, H. J., Wang, X., Cao, L. Y. & Cheng, S. H. (2007). Effects of high temperature stress on super hybrid rice Guodao 6 during flowering and filling phases. *Chinese Journal of Rice Science* 21, 518–524.
36. Thakura, P., Kumara, S., Malika, J.A., Bergerb, J.D. & Nayyara, H. (2010). Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. *Environmental and Experimental of Botany*, 67, 429–443.
37. Timsina, J. & Connor, D. J. (2001). The productivity and sustainability of the rice–wheat cropping systems: issues and challenges. *Field Crops Research*, 69, 93–132.
38. Tiwari, P., Tiwari, R. K., Tiwari J. & Vaishali Y. (2018). Effect of sowing dates on physiological parameters, productivity and economical gain of different rice varieties under rainfed condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 2451–2457.
39. Valad Abadi, S. A., Basharkhah, M., Daneshian, J. & Erfani, A. (2011). Effect of different seeding date on dry matter and Physiological properties of rice cultivars in direct seeded rice. *Journal of Crop Ecophysiology*, 3(1), 68–81. (In Persian).
40. Yoshinaga, S. (2005). Improved lodging resistance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivated by submerged direct seeding using a newly developed hill seeder. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 39, 147–152.
41. Zhang, C. X., Feng, B. H., Chen, T. T., Fu, W. M., Li, H. B, Li, G. Y., Jin, Q. Y., Tao, L. X. & Fu, G. F. (2018). Heat stress reduced kernel weight in rice at anthesis is associated with impaired source-sink relationship and sugars allocation. *Environmental and Experimental Botany*, 155, 718–733.