doi: 10.22124/CR.2022.22729.1735

(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره یازدهم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۴۰۰ (۳۵۸-۳۴۳)

# ارزیابی زراعی و اقتصادی روش‌ها و تاریخ‌های مختلف کاشت ارقام سورگوم علوفه‌ای [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

فرید گل‌زردی[1*]، هرمز اسدی[1]، عظیم خزائی[1]، علی ماهرخ[1] و وحید رهجو[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸

**چکیده**

به‌منظور بررسی اثر مدیریت کاشت بر تولید علوفه در ارقام آزاد گرده‌افشان و هیبرید سورگوم ، آزمایشی دو ساله به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. تاریخ کاشت در چهار سطح (۱۰ و ۲۰ تیر و ۱ و ۱۰ مرداد) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب دو عامل روش کاشت در سه سطح (کشت مستقیم بذر بدون پیش‌تیمار به‌عنوان شاهد، کشت بذر با پیش‌تیمار آب و کشت نشایی) و ژنوتیپ در دو سطح (رقم پگاه و هیبرید اسپیدفید) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی آزمایش در نظر گرفته شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کشت تأخیری در تاریخ‌های ۲۰ تیر، ۱ مرداد و ۱۰ مرداد به‌ترتیب باعث کاهش ۱۵/۱، ۳۲/۷ و ۴۸/۷ درصدی عملکرد علوفه نسبت به تاریخ کاشت دهم تیرماه شد. بیش‌ترین عملکرد علوفه سیلویی در چین‌های اول و دوم (به‌ترتیب ۱۰۶/۲۱ و ۶۲/۷۸ تن در هکتار) به‌ترتیب با کشت نشایی رقم پگاه و هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه به‌دست آمد، درحالی‌که پیش‌تیمار با آب بذر هیبرید اسپیدفید، حداکثر مجموع عملکرد علوفه (۱۴۷/۸۰ تن در هکتار) را تولید کرد. نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد که بیش‌ترین درآمد خالص (۹۹/۱۱ میلیون ریال در هکتار) و حداکثر نسبت فایده به هزینه و بازده فروش (به‌ترتیب ۲/۵۲ و ۶۰/۳۵ درصد) از پیش‌تیمار با آب بذر هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد. کشت نشایی رقم پگاه در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد بررسی غیراقتصادی بود، درحالی‌که کشت نشایی هیبرید اسپیدفید در تاریخ‌های کاشت دهم تیر تا اول مرداد نسبت به روش کاشت مرسوم برتری داشت. به‌طورکلی بر اساس نتایج این تحقیق، برای تولید حداکثر عملکرد و سود اقتصادی توصیه می‌شود عملیات کاشت در اولین زمان ممکن با پیش‌تیمار بذرهای هیبرید اسپیدفید با آب انجام شود.

**واژه‌های کلیدی:** بودجه‌بندی جزیی، پیش‌تیمار بذر، درآمد خالص، عملکرد علوفه، کشت نشایی

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* نویسنده مسئول: f.golzardi@areeo.ac.ir

**مقدمه**

سورگوم [*Sorghum biocolor* (L.) Moench] از خانواده غلات، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و بومی قاره آفریقا است که از نظر اهمیت در بین غلات بعد از گندم، برنج، ذرت و جو، مقام پنجم را دارد (Khazaei *et al*., 2019). پتانسیل تولید علوفه سورگوم منحصر به‌فرد است که به‌دلیل مقاومت به تنش خشکی، در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا برای تأمین علوفه سبز، خشک، سیلویی و حتی چرای مستقیم دام مورد توجه قرار گرفته است (Fouman, 2011; Khazaei *et al*., 2021). در دام‌پروری مدرن، بخش مهمی از جیره روزانه نشخوارکنندگان را سیلوی تهیه‌شده از سورگوم علوفه‌ای به‌خود اختصاص می‌دهد (Khalilian *et al*., 2021; Farhadi *et al*., 2022). اخیراً درایران نیز به‌دلیل افزایش قیمت جهانی ذرت و جو و نیز خشک‌سالی‌های مکرر زارعین و پرورش‌دهندگان دام و طیور توجه بیش‌تری به کشت سورگوم پیدا کرده‌اند (Golzardi *et al*., 2019). سورگوم با شرایط آب و هوایی ایران به‌ویژه مناطق گرم و خشک سازگاری خوبی دارد و تولید آن در مناطق سرد و معتدل نیز با رعایت تاریخ کاشت مناسب در اواخر بهار و اوایل تابستان امکان‌پذیراست (Baghdadi *et al*., 2021).

کشت مرسوم سورگوم (بدون پیش‌تیمار بذر) به‌واسطه جوانه‌زنی کند و استقرار ضعیف بوته‌ها می‌تواند به کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه منجر شود (Golzardi *et al*., 2019). از علل استقرار ضعیف بوته‌های سورگوم در کشت مستقیم می‌توان به پایین بودن کیفیت و قوه نامیه بذر، آماده‌سازی ضعیف بستر بذر، قدرت پائین جوانه‌زنی بذور سورگوم در مزرعه، روش کاشت نامناسب و درجه حرارت بالای خاک اشاره کرد (Mirahki *et al*., 2022). علاوه بر این پس از برداشت محصولات پاییزه مدتی برای آماده‌سازی زمین و تهیه بستر بذر صرف می‌شود و این عامل باعث کوتاهی فصل رشد برای سورگوم و کاهش چشمگیر عملکرد علوفه آن خواهد شد (Golzardi *et al*., 2019). کشت بذرهای پرایم‌شده و کشت نشایی به‌عنوان راهکارهایی جهت استقرار سریع‌تر بوته‌ها در مزرعه شناخته می‌شوند که می‌توانند باعث طولانی شدن فصل رشد و جبران تأخیر کاشت شوند (Nazari *et al*., 2017; Mirahki *et al*., 2022).

تغییر روش کاشت به‌عنوان یکی از عوامل مدیریتی بسیار مهم می‌تواند نقش موثری را در افزایش عملکرد داشته باشد. نشاکاری گیاهان زراعی علاوه بر رویکرد مدیریتی در زمینه افزایش طول فصل رشد، به‌عنوان عاملی در راستای افزایش عملکرد و بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها نیز مطرح شده است (Ghiasabadi *et al*., 2014). با این حال از مهم‌ترین محدودیت‌های نشاکاری می‌توان به هزینه بالای احداث و راه‌اندازی سیستم تولید نشا و هزینه‌های بالای انتقال نشا و کارگری اشاره کرد (Asadi and Mahrokh, 2021). کشت نشایی سورگوم در مقایسه با کشت مرسوم بذر، عملکرد علوفه و دانه سورگوم را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد و به عنوان راهکاری برای تضمین امنیت غذایی در مناطق کم‌آب مطرح می‌باشد (Assefa *et al*., 2007). نتایج بررسی سودمندی کشت نشایی در مزارع سورگوم کشور غنا نشان داد که در مقایسه با کشت مستقیم بذر، روش نشاکاری سبب افزایش عملکرد و ارتقای درآمد خالص کشاورزان شده است (Young and Atokple, 2003). با این حال نتایج ارزیابی اقتصادی روش‌ها و تاریخ‌های مختلف کاشت ارقام ذرت دانه‌ای نشان داد که روش‌های کشت نشایی و هیدروپرایمینگ بذر نسبت به روش کشت شاهد صرفه اقتصادی نداشتند و بیش‌ترین درآمد خالص (۱۲۳/۶ میلیون ریال در هکتار) و حداکثر بازده فروش (۷۰/۲ درصد) با کشت مستقیم بذر ذرت در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد (Asadi and Mahrokh, 2021).

اثرات سودمند پرایمینگ بذر بر تسریع جوانه‌زنی، استقرار بهتر گیاهچه، جبران تأخیر کاشت و افزایش عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی نظیر سورگوم، ذرت، یونجه و کلزا به اثبات رسیده است (Ramezani and Rezaei, 2012; Hesabi *et al.,* 2014; Nazari *et al*., 2017). زیدا و همکاران (Zida *et al*., 2018) نشان دادند که پرایمینگ بذر با افزایش سرعت رشد محصول سبب افزایش عملکرد ماده خشک سورگوم شد. رمضانی و رضایی (Ramezani and Rezaei, 2012) گزارش کردند که پرایمینگ بذر سورگوم رقم اسپیدفید باعث تسریع جوانه‌زنی و افزایش رشد اندام هوایی و زیرزمینی شد. بر اساس نتایج پژوهش نظری و همکاران (Nazari *et al*., 2017)، پرایمینگ بذر توانست با افزایش عملکرد دانه، تأخیر ده روزه در کاشت کلزا را جبران کند و میزان خسارت کشت تأخیری بر کاهش درصد سبز شدن گیاه و ضعیف شدن سیستم ریشه‌ای کلزا را کاهش دهد. با توجه به سبز شدن سورگوم در محیط خارج از مزرعه در شرایط

نشاکاری و ایجاد فرصت کافی برای آماده‌سازی زمین و تسریع در فرایند جوانه‌زنی در شرایط هیدروپرایمینگ بذر، در مطالعه حاضر اثربخشی روش‌های مختلف کاشت در جبران تاریخ‌های کاشت دیرهنگام بررسی می‌شود. از دیگر اهداف این تحقیق می‌توان به امکان‌سنجی کشت نشایی، ارزیابی اقتصادی تیمارها و شناسایی مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش و تاریخ کشت در ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای اشاره کرد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی و دو عامل روش کاشت و رقم سورگوم علوفه‌ای به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی آزمایش در نظر گرفته شدند. تاریخ کاشت در چهار سطح (شامل دهم و بیستم تیرماه و اول و دهم مردادماه)، روش کاشت در سه سطح (شامل کشت مستقیم و بدون پیش‌تیمار بذر، کشت بذر هیدروپرایم‌شده و کشت نشایی) و ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای نیز در دو سطح (رقم آزادگرده‌افشان پگاه و هیبرید اسپیدفید) بودند. این آزمایش شامل ۲۴ تیمار و ۷۲ کرت آزمایشی بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود و فاصله بین بوته‌ها روی خطوط کاشت، هشت سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم کاشت ۲۰۸ هزار بوته در هکتار حاصل شود (Khazaei *et al*., 2019). همچنین بین کرت‌های اصلی، فاصله یک متر و بین بلوک‌های آزمایشی، راه‌روهایی به عرض دو متر در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و میانگین دمای هوا و خاک و مجموع تابش ماهانه در جدول ۲ ارایه شده است.

در این مطالعه تاریخ‌های کاشت سورگوم به‌عنوان کشت دوم در منطقه کرج مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجا که عملیات برداشت گندم پاییزه در منطقه کرج در اواخر خردادماه تا اواسط تیرماه انجام می‌شود و پس از آن، مدتی نیز برای آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کشت صرف می‌شود، معمولاً عملیات کاشت دوم در این منطقه طی دهم تیرماه تا دهم مردادماه انجام می‌شود که بر این اساس تاریخ‌های کاشت مورد بررسی در این آزمایش انتخاب شدند. در مورد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز هیبرید اسپیدفید که از دورگ‌گیری بین سورگوم سودان‌گراس و سورگوم معمولی حاصل شده است، در حال حاضر بیش‌ترین سطح زیر کشت سورگوم علوفه‌ای در کشور را به‌خود اختصاص داده است. رقم اسپیدفید دارای تیپ علفی و زودرس است و بر اساس شرایط اقلیمی، قابلیت تولید دو تا پنج چین علوفه را دارد و برای کاشت در مناطق گرم، معتدل و نیمه‌سرد کشور مناسب است. رقم پگاه نیز دارای تیپ علوفه‌ای و متوسطرس است و قابلیت تولید دو چین علوفه را دارد و برای کاشت در مناطق معتدل و گرم کشور مناسب است. این رقم کیفیت علوفه بالاتری نسبت به رقم اسپیدفید دارد و جهت مصارف سیلویی، تولید علوفه تازه و خشک و چرای مستقیم مورداستفاده قرار می‌گیرد (Baghdadi and Golzardi, 2022).

پیش از کاشت نسبت به تهیه زمین (شخم، دیسک و لولر) اقدام شد و عناصر فسفر ($P_2O_5$) به‌میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن (N) به‌میزان ۴۵ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود دی‌آمونیوم فسفات) مصرف شد. در زمان کاشت نیز کود نیتروژن (N) به‌میزان ۴۶ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود اوره) به زمین اضافه شد. علاوه بر این در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها و نیز پس از برداشت چین اول نیز ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع کود اوره) به‌صورت سرک همراه با آبیاری به زمین افزوده شد. عملیات آبیاری با روش قطره‌ای نواری و با استفاده از نوارهای تیپ ۱۶ میلی‌متری و فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق سورگوم در مراحل مختلف رشد و بر اساس روش پنمن- مونتیث محاسبه شد (Allen *et al*., 1998). برای مدیریت علف‌های هرز، علاوه بر اینکه از علف‌کش ارادیکان به‌میزان ۵ لیتر در هکتار (به‌صورت پیش‌کاشت) استفاده شد، علف‌کش توفوردی+ام‌سی‌پی‌ای نیز به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها مورد استفاده قرار گرفت (Khazaei *et al*., 2019).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental field soil during 2017 and 2018 growing seasons

| Year | Texture | Total nitrogen (%) | Available P ($mg.kg^{-1}$) | Available K ($mg.kg^{-1}$) | Organic matter (%) | pH | EC ($dS.m^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | Clay-loam | 0.06 | 12.6 | 256 | 0.58 | 7.24 | 2.22 |
| 2018 | Clay-loam | 0.05 | 12.1 | 248 | 0.56 | 7.24 | 2.20 |

جدول ۲- میانگین دمای هوا و خاک و مجموع تابش ماهانه در محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

Table 2. Average of air and soil temperature and total monthly radiation at the experimental site during 2017 and 2018 growing seasons

| Month | Air temperature (°C) | | Soil temperature (°C) | | Total radiation ($J.m^{-2}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 | 2017 | 2018 |
| June | 26.1 | 25.6 | 13.4 | 15.5 | 81474 | 89435 |
| July | 28.9 | 31.9 | 16.7 | 21.2 | 89025 | 92639 |
| August | 27.4 | 28.4 | 16.3 | 17.9 | 86177 | 86271 |
| September | 23.7 | 24.0 | 12.5 | 13.7 | 65671 | 68786 |
| October | 17.0 | 16.6 | 7.0 | 9.0 | 54437 | 55866 |

در روش کشت نشایی، بیست روز قبل از هر تاریخ کاشت، بذرها در سینی نشا کشت شدند. با توجه به دمای مناسب هوا و خاک در دوره پرورش نشا و مهیا بودن دمای پایه جوانه‌زنی سورگوم طی این دوره، جهت ایجاد خزانه و پرورش نشا نیازی به گلخانه نبود و مراحل جوانه‌زنی و رشد نشاها در هوای آزاد (در کنار مزرعه) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از خسارت آفات، سینی‌های نشاء در زیر توری نگهداری شدند. ترکیب خاک سینی شامل ۶۰ درصد خاک زراعی، ۲۰ درصد کود حیوانی کاملاً پوسیده و ۲۰ درصد ماسه بادی بود. پنج روز پس از سبز شدن بذرها در سینی‌های نشا، گیاهچه‌ها با کود کامل به غلظت سه در هزار محلول‌پاشی شدند. نشاهای سورگوم ۲۰ روز پس از کاشت در سینی نشا، در تاریخ‌های کاشت این آزمایش به مزرعه انتقال یافتند. جهت پیش‌تیمار، بذرهای سورگوم به‌مدت ده ساعت داخل آب معمولی قرار داده شدند، به‌طوری‌که سطح آب دو سانتی‌متر بالای سطح بذر بود. هیدروپرایمینگ بذر سورگوم بیش‌تر از ده ساعت، باعث آغاز خروج ریشه‌چه شده و احتمال صدمه به گیاهچه حین کاشت بذر را افزایش می‌دهد (Chivasa *et al*., 2000). پس از ده ساعت هیدروپرایمینگ، بذرها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط خشک و در تاریخ‌های کاشت مورد نظر کشت شدند.

برداشت چین‌ها مصادف با ظهور گل‌آذین سورگوم انجام شد. ارتفاع برداشت از کف مزرعه حدود پانزده سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا رشد گیاه و تولید چین بعدی تحت تأثیر قرار نگیرد. به‌منظور تعیین عملکرد علوفه سیلویی، بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کلیه ردیف‌ها (اثرات حاشیه‌ای)، از سطحی معادل ۴/۸ متر مربع برداشت و توزین شدند. به‌منظور بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی طی دو سال زراعی از آزمون بارتلت استفاده شد (Bartlett, 1937) و با توجه به یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با فرض تصادفی بودن اثر سال و بلوک و ثابت بودن اثر تاریخ کاشت، روش کاشت و رقم انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد.

تحلیل اقتصادی این پژوهش با استفاده از روش بودجه‌بندی جزیی، تحلیل هزینه و درآمد، سود خالص نهایی تیمارها و بازده فروش محصول انجام شد. تحلیل فرضیه اقتصادی و غیراقتصادی بودن جایگزینی تیمارها در روش بودجه‌بندی جزئی نشان می‌دهد که اگر سایر تیمارها به‌جای تیمار برتر جایگزین گردد، وضعیت درآمد، هزینه‌ها و منفعت خالص نهایی تیمارها چگونه خواهد بود. به‌منظور تعیین اقتصادی‌ترین تیمار که ضامن حداکثر منافع باشد، اطلاعات هزینه‌ای و منافع هر یک از تیمارها جمع‌آوری و با استفاده از روش‌های سودآوری، ارزیابی اقتصادی تیمارها انجام شد. شاخص نسبت فایده به هزینه، نسبت ارزش حال منافع به ارزش حال هزینه‌ها در هر یک از تیمارهاست. جهت برآورد شاخص‌های سود خالص، هزینه نهایی، سود نهایی و سود خالص نهایی تیمارها از روابط زیر استفاده شد (Asadi and Mahrokh, 2021):

$$N.B_{IS} = B_{IS} - C_{IS} \quad (۱)$$

$$N.B_{TR} = B_{TR} - C_{TR} \quad (۲)$$

$$C.M = C_{TR} - C_{IS} \quad (۳)$$

$$B.M = B_{TR} - B_{IS} \quad (۳)$$

$$N.B.M = N.B_{TR} - N.B_{IS} \quad (۵)$$

در این روابط، B ارزش ناخالص تولید محصول در هکتار، C هزینه تولید محصول در هکتار، $B_{IS}$ سود تیمار برتر در هکتار، $B_{TR}$ سود تیمار با درجه اهمیت پائین‌تر در هکتار، $C_{IS}$ هزینه تولید تیمار برتر در هکتار، $C_{TR}$ هزینه تولید تیمار با درجه اهمیت پائین‌تر در هکتار، $N,B_{IS}$ سود خالص تیمار برتر در هکتار، $N,B_{TR}$ سود خالص تیمار با درجه اهمیت پایین‌تر در هکتار، $C,M$ هزینه نهایی در هکتار، $B,M$ سود نهایی در هکتار و $N,B,M$ سود خالص نهایی در هکتار است. بازده فروش حاصل نسبت میزان سود حاصل از کشت تیمار به ارزش ناخالص محصول تولیدی است. برای تعیین این‌که تا چه مرزی از هزینه و درآمد، تیمار برتر انتخابی همچنان به‌عنوان تیمار با اولویت اول انتخاب است و بعد از آن حساسیت نشان می‌دهد، از تحلیل سربه‌سر و تحلیل حساسیت استفاده و برای محاسبه نقطه سربه‌سر هزینه یا درآمد از روابط زیر استفاده شد (Soltani, 2007):

$$SR = \frac{N.B}{B} \times 100 \quad (۶)$$

$$B_{IS} - x = N.B_{IS} \quad (۷)$$

$$y - C_{IS} = N.B_{IS} \quad (۸)$$

در این روابط، SR درصد بازده فروش محصول در تیمار، $x$ هزینه مجهول تیمار برتر انتخابی در هکتار و $y$ منافع مجهول تیمار برتر انتخابی در هکتار است.

## نتایج و بحث

### الف) ارزیابی زراعی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر سال بر عملکرد علوفه سیلویی در سال اول و مجموع دو سال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، در حالی‌که بر عملکرد علوفه در سال دوم معنی‌دار نبود. همچنین، اثر تاریخ کاشت بر عملکرد علوفه سیلویی سورگوم (چین اول، چین دوم و مجموع) در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. اثر روش کاشت بر عملکرد علوفه (چین اول و دوم و مجموع) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، در حالی‌که اثر رقم فقط بر عملکرد چین دوم معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس در مورد اثر برهمکنش عامل‌ها بر عملکرد علوفه سیلویی در چین اول نشان داد که به‌جز برهمکنش سال×روش کاشت×رقم که اثر معنی‌داری نداشت، سایر برهمکنش‌ها معنی‌دار بودند، به‌طوری که برهمکنش سال×روش کاشت، تاریخ کاشت×روش کاشت و تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال یک درصد و سایر برهمکنش‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد علوفه سیلویی در چین اول معنی‌دار بودند (جدول ۳). در مورد عملکرد علوفه سیلویی در چین دوم، برهمکنش سال×تاریخ کاشت، سال×روش کاشت، سال×تاریخ کاشت ×روش کاشت، سال×تاریخ کاشت×رقم، سال×روش کاشت×رقم و سال×تاریخ کاشت×روش کاشت×رقم غیرمعنی‌دار و سایر برهمکنش‌ها معنی‌دار بودند. در مورد مجموع عملکرد علوفه نیز به‌غیر از برهمکنش سال×تاریخ کاشت، سال×تاریخ کاشت×روش کاشت، سال×روش کاشت×رقم و سال×تاریخ کاشت×روش کاشت×رقم، سایر برهمکنش‌ها معنی‌دار بودند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که عملکرد علوفه چین اول و دوم و نیز مجموع عملکرد علوفه در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود، هرچند در مورد چین دوم، تفاوت آماری معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد (جدول ۴). سورگوم گیاهی با سیستم فتوسنتزی چهارکربنه است که نرخ فتوسنتز آن به افزایش دمای هوا و شدت تابش دریافتی واکنش مثبت نشان می‌دهد. میانگین دمای هوا در ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال قبل به‌ترتیب حدود ۱۰/۴، ۳/۶ و ۱/۳ درصد (معادل ۳، ۱ و ۰/۳ درجه سلسیوس) افزایش یافت و به ۳۱/۹، ۲۸/۴ و ۲۴ درجه سلسیوس رسید (جدول ۲). میانگین دمای خاک نیز طی ماه‌های ژوئن، جولای، اوت، سپتامبر و اکتبر در سال دوم به‌ترتیب ۱۵/۷، ۲۶/۹، ۹/۸، ۹/۶ و ۲۸/۶ درصد (به‌ترتیب معادل ۲/۱، ۴/۵، ۱/۶، ۱/۲ و ۲ درجه سلسیوس) و مجموع تابش دریافتی به‌ترتیب ۹/۸، ۴/۱، ۰/۱، ۴/۷ و ۲/۶ درصد بیش‌تر از سال اول آزمایش بود. بنابراین، میانگین دمای هوا و خاک و همچنین مجموع تابش دریافتی در سال زراعی دوم (۱۳۹۷) بیش‌تر از سال زراعی اول (۱۳۹۶) بود (جدول ۲) و در نتیجه شرایط آب و هوایی مساعدتری برای گیاه چهارکربنه سورگوم در سال دوم آزمایش فراهم بود و این موضوع می‌تواند دلیل افزایش عملکرد علوفه سورگوم در سال دوم آزمایش باشد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه سورگوم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Table 3. Combined analysis of variance of sorghum forage yield as affected by experimental treatments

| Source of variations | df | Mean squares | | |
|---|---|---|---|---|
| | | First cutting | Second cutting | Total |
| Year | 1 | 13258.256 * | 594.762 ns | 19469.226 * |
| Replication / (Year) | 4 | 1258.448 ** | 161.892 ** | 2321.559 ** |
| Planting date (PD) | 3 | 4380.671 ** | 9151.289 ** | 26162.297 ** |
| Year × PD | 3 | 13.651 ns | 98.738 ns | 165.545 ns |
| Main error | 12 | 9.063 | 42.126 | 76.899 |
| Planting method (PM) | 2 | 2830.958 * | 1853.461 * | 8991.511 * |
| Year × PM | 2 | 86.904 ** | 24.012 ns | 157.381 ** |
| Cultivar (C) | 1 | 3437.653 ns | 21603.733 * | 7805.752 ns |
| Year × C | 1 | 26.110 * | 128.031 ** | 269.775 ** |
| PD × PM | 6 | 86.925 ** | 209.811 ** | 170.874 ** |
| Year × PD × PM | 6 | 12.910 * | 7.256 ns | 9.948 ns |
| PM × C | 3 | 738.475 ** | 2909.968 ** | 892.320 * |
| Year × PD × C | 3 | 15.382 * | 18.130 ns | 63.450 * |
| PM × C | 2 | 115.266 * | 636.610 ** | 215.580 ** |
| Year × PM × C | 2 | 5.728 ns | 4.585 ns | 0.777 ns |
| PD × PM × C | 6 | 74.992 * | 171.687 ** | 92.698 * |
| Year × PD × PM × C | 6 | 12.156 * | 5.199 ns | 14.138 ns |
| Sub-error | 80 | 5.035 | 13.190 | 15.734 |
| CV (%) | - | 8.85 | 10.07 | 9.10 |

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

از آنجا که بیش‌ترین سرعت فتوسنتز در گیاهان دارای سیستم فتوسنتزی چهارکربنه در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس (در محدود دمایی ۳۷-۳۲ درجه سلسیوس) ثبت شده است (Yamori *et al*., 2014)، بنابراین به‌نظر می‌رسد که شرایط دمایی در سال زراعی ۱۳۹۷ برای رشد سورگوم مناسب‌تر از سال ۱۳۹۶ بوده است. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه در چین اول و دوم و مجموع عملکرد علوفه (به‌ترتیب ۹۰/۹۵۶، ۳۶/۵۱ و ۱۲۷/۴۷ تن در هکتار) متعلق به تاریخ کاشت دهم تیرماه بود (جدول ۴). با تأخیر در کاشت میزان عملکرد علوفه کاهش یافت، به‌طوری‌که در تاریخ کاشت دهم مردادماه عملکرد علوفه در چین اول به ۶۵/۳۸ تن در هکتار و در چین دوم به صفر رسید (جدول ۴). علت عدم تولید چین دوم در آخرین تاریخ کاشت مورد بررسی، برخورد دوره رشد مجدد سورگوم با دماهای پایین در اواخر مهرماه است (جدول ۲). به‌عبارت دیگر، در تاریخ کشت دهم مردادماه، طول دوره رشد مناسب برای سورگوم به حدی کوتاه می‌شود که حتی با روش‌های کشت نشایی و هیدروپرایمینگ بذر هم تولید چین دوم امکان‌پذیر نشده است (Golzardi *et al*., 2019). نتایج مقایسه میانگین اثر روش کاشت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه در چین اول (۸۵/۱۶ تن در هکتار) مربوط به روش کاشت بذر پرایم‌شده بود، هرچند به لحاظ آماری با روش کشت نشایی (با عملکرد ۸۰/۵۹ تن علوفه در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد علوفه در چین دوم (۲۱/۹۶ تن در هکتار) در روش کشت نشایی و پس از آن در روش کشت بذر پرایم‌شده (با عملکرد ۲۱/۳۹ تن علوفه در هکتار) حاصل شد که تفاوت آماری معنی‌داری با روش کشت نشایی نداشت. در مورد مجموع عملکرد علوفه نیز مشاهده شد که تیمار کشت بذر پرایم‌شده بیش‌ترین عملکرد (۱۰۶/۵۵ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد، ولی با روش کشت نشایی (با عملکرد ۱۰۲/۵۶ تن علوفه در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). جو و همکاران (Jo *et al*., 2016) نیز نشان دادند که نشاکاری در کشت دوم با تسریع رشد گیاه و افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها، میزان بهره‌وری از فصل رشد و عملکرد سورگوم را افزایش می‌دهد. زیدا و همکاران (Zida *et al*., 2018) نیز گزارش کردند که پرایمینگ بذر سورگوم با تسریع جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه‌ها، سبب افزایش سرعت رشد محصول و ارتقای عملکرد علوفه می‌شود.

جدول ۴- مقایسه اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، روش کاشت و رقم بر عملکرد علوفه سیلویی سورگوم (تن در هکتار)

Table 4. Comparison of main effects of year, planting date, planting method and cultivar on sorghum silage yield

| Treatment | | First cutting (ton.ha$^{-1}$) | Second cutting (ton.ha$^{-1}$) | Total (ton.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| Year | 2017 | 69.05 b | 16.064 a | 85.114 b |
| | 2018 | 88.241 a | 20.128 a | 108.369 a |
| Planting date | July 1 | 90.956 a | 36.517 a | 127.472 a |
| | July 11 | 83.432 b | 24.854 b | 108.286 b |
| | July 23 | 74.813 c | 11.014 c | 85.826 c |
| | August 1 | 65.382 d | 0 d | 65.383 d |
| Planting method | Control | 70.179 b | 10.928 b | 81.107 b |
| | Hydropriming | 85.163 a | 21.395 a | 106.557 a |
| | Transplanting | 80.596 a | 21.965 a | 102.561 a |
| Cultivar | Speedfeed | 73.760 a | 30.344 a | 104.104 a |
| | Pegah | 83.532 a | 5.847 b | 89.379 a |

Means followed by similar letter in each column and each factor are not significantly different by Tukey's test at 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت×روش کاشت×رقم نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه سیلویی در چین اول (۱۰۶/۲۰ تن در هکتار) با کشت نشایی رقم پگاه در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد، هرچند که تیمار مذکور با روش کشت بذر پرایم‌شده رقم پگاه در تاریخ دهم تیرماه (با تولید ۱۰۳/۹۶ تن علوفه سیلویی در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). حداقل عملکرد علوفه سیلویی در چین اول (۵۱/۶۸ تن در هکتار) در تیمار کاشت مستقیم بذر رقم پگاه در تاریخ دهم مردادماه مشاهده شد. این در حالی است که بیش‌ترین عملکرد علوفه سیلویی در چین دوم با روش‌های کاشت بذر پرایم‌شده و کشت نشایی رقم اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد. به‌طور کلی تأخیر در کاشت باعث اُفت معنی‌دار عملکرد علوفه سورگوم در هر دو رقم مورد بررسی شد (جدول ۵). کاهش عملکرد در کشت تأخیری می‌تواند با تسریع گلدهی و کاهش طول دوره رشد رویشی (Khodashenas, 2021) و به دنبال آن کاهش شاخص سطح برگ (تعداد و اندازه برگ‌ها) (Torabi *et al*., 2020) و افت نرخ فتوسنتز (Bozorgmehr and Nasrabadi, 2013) مرتبط باشد. سورگوم گیاهی روز کوتاه و حساس به سرما می‌باشد و تأخیر در کاشت آن باعث می‌شود از تعداد روزهایی که کیفیت نور برای رشد مناسب است کاسته شود و گلدهی در زمانی آغاز شود که گیاه در رشد سبزینگی پایین‌تری قرار دارد (Safari *et al*., 2011). رفیعی (Rafiee, 2018) نیز گزارش کرد تأخیر در کاشت موجب کاهش عملکرد علوفه سورگوم در هر دو رقم اسپیدفید و پگاه شد.

در مجموع دو چین نیز حداکثر عملکرد علوفه سیلویی در روش‌های کاشت بذر پرایم‌شده و کشت نشایی رقم اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه مشاهده شد، در حالی‌که حداقل عملکرد علوفه سیلویی (۵۱/۶۸ تن در هکتار) با کاشت مستقیم بذر رقم پگاه در تاریخ دهم مردادماه حاصل شد (جدول ۵). مشابه با نتایج آزمایش حاضر، آسفا و همکاران (Assefa *et al*., 2007) نیز نشان دادند که نشاکاری سورگوم در قیاس با کشت مستقیم بذر، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه شد. بیسواس (Biswas, 2020) بیان کرد که کشت نشایی سرعت رسیدن به حداکثر سطح برگ را افزایش داده و با افزایش جذب نور طی فصل رشد سبب افزایش عملکرد علوفه سورگوم نشاکاری‌شده می‌شود. همچنین در مطالعه رمضانی و رضایی (Ramezani and Rezaei, 2012) مشخص شد که پرایمینگ بذر سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید سبب تسریع جوانه‌زنی و توسعه بهتر اندام هوایی و زیرزمینی گیاه شد. روش‌های کشت نشایی و پرایمینگ بذر، استقرار بوته‌های سورگوم را تسریع کرده و با کاهش فاصله زمانی بین کاشت تا برداشت چین اول، سبب افزایش طول دوره رشد برای چین دوم می‌شوند (Assefa *et al*., 2007; Zida *et al*., 2018). نتایج تحقیقات قبل نشان داده است که در اثر کشت بذور پرایم‌شده، سرعت و درصد جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه افزایش یافته و به دنبال آن گسترش تاج‌پوشش گیاهی در مزرعه تسریع می‌شود (Hesabi *et al*., 2014; Banerjee *et al*., 2022). همچنین گزارش شده است که پرایمینگ بذر سبب توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای گیاه شده و سهم تعرق از تخلیه رطوبتی خاک را

افزایش می‌دهد (Ramezani and Rezaei, 2012; Nazari *et al*., 2017). از آنجایی‌که تعرق رابطه نزدیکی با نرخ فتوسنتز و عملکرد دارد، این امر باعث افزایش بهره‌وری از رطوبت خاک توسط گیاهان استقراریافته از بذرهای پرایم‌شده می‌شود (Nazari *et al*., 2017; Banerjee *et al*., 2022).

جدول ۵- مقایسه برهمکنش تاریخ کاشت، روش کاشت و رقم بر عملکرد علوفه سیلویی سورگوم (تن در هکتار)

Table 5. Comparison of planting date, planting method and cultivar interaction effects on sorghum silage yield

| Planting date | Planting method | Cultivar | First cutting (ton.ha$^{-1}$) | Second cutting (ton.ha$^{-1}$) | Total (ton.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| July 1 | Control | Speedfeed | 72.25 ij | 41.734 c | 113.984 d |
| | | Pegah | 92.699 bc | 11.456 f | 104.155 ef |
| | Hydropriming | Speedfeed | 86.238 d-f | 61.557 a | 147.794 a |
| | | Pegah | 103.96 a | 20.363 e | 124.324 c |
| | Transplanting | Speedfeed | 84.384 e-g | 62.775 a | 147.159 a |
| | | Pegah | 106.206 a | 21.214 e | 127.42 bc |
| July 11 | Control | Speedfeed | 69.493 j-l | 32.368 d | 101.861 f |
| | | Pegah | 83.696 e-g | 0 h | 83.696 gh |
| | Hydropriming | Speedfeed | 80.307 gh | 51.053 b | 131.361 b |
| | | Pegah | 96.023 b | 6.402 g | 102.425 ef |
| | Transplanting | Speedfeed | 79.986 gh | 48.565 b | 128.551 bc |
| | | Pegah | 91.087 cd | 10.735 f | 101.821 f |
| July 23 | Control | Speedfeed | 69.464 j-l | 1.867 h | 71.331 ij |
| | | Pegah | 65.034 kl | 0 h | 65.034 k |
| | Hydropriming | Speedfeed | 75.521 hi | 31.782 d | 107.303 e |
| | | Pegah | 87.51 de | 0 h | 87.51 g |
| | Transplanting | Speedfeed | 69.922 jk | 32.432 d | 102.354 ef |
| | | Pegah | 81.426 fg | 0 h | 81.426 h |
| August 1 | Control | Speedfeed | 57.117 m | 0 h | 57.117 l |
| | | Pegah | 51.681 n | 0 h | 51.681 m |
| | Hydropriming | Speedfeed | 75.729 hi | 0 h | 75.729 i |
| | | Pegah | 76.014 hi | 0 h | 76.014 i |
| | Transplanting | Speedfeed | 64.708 l | 0 h | 64.708 k |
| | | Pegah | 67.047 kl | 0 h | 67.047 jk |

Means followed by similar letter in each column are not significantly different by Tukey's test at 5% probability level.

**ب) ارزیابی اقتصادی**

حداکثر درآمد ناخالص (۱۶۴/۲ میلیون ریال در هکتار) با هزینه تولید ۶۵/۱ میلیون ریال در هکتار و درآمد خالص ۹۹/۱ میلیون ریال در هکتار و حداکثر نسبت فایده به هزینه ۲/۵۲ واحد و بازده فروش ۶۰/۳۵ درصد با کاشت بذر هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد (جدول ۶). این درحالی است که کشت نشایی سورگوم در تاریخ دهم مردادماه منجر به زیان اقتصادی گردید. زیان اقتصادی ناشی از کشت نشایی ارقام اسپیدفید و پگاه در تاریخ دهم مرداد ماه به ترتیب معادل ۸/۲۸ و ۵/۰۴ میلیون ریال در هکتار بود. در بین تیمارهای مختلف با روش کاشت مستقیم بذر، حداکثر درآمد ناخالص (۱۲۶/۸ میلیون ریال در هکتار) با هزینه تولید ۶۱/۶ میلیون ریال در هکتار، درآمد خالص ۶۵/۲ میلیون ریال در هکتار و حداکثر نسبت فایده به هزینه ۲/۰۶ واحد و بازده فروش ۵۱/۴۳ درصد با کاشت رقم اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد، این در حالی است که در بین تیمارهای مختلف با روش هیدروپرایمینگ بذر نیز بالاترین درآمد خالص با کاشت رقم اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد (جدول ۶). همچنین در بین تیمارهای مختلف با روش کاشت نشایی، بیشترین درآمد ناخالص (۱۶۳/۴ میلیون ریال در هکتار) با هزینه تولید ۹۱/۳ میلیون ریال در هکتار، حداکثر درآمد خالص، نسبت فایده به هزینه و بازده فروش (به‌ترتیب ۷۲/۱ میلیون ریال در هکتار، ۱/۷۹ واحد و ۴۴/۱۴ درصد) با کاشت رقم اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه به دست آمد. در تمامی روش‌های کاشت و ارقام موردبررسی، با تأخیر در کاشت، میزان درآمد و هزینه‌ها کاهش یافت ولی شیب

افت درآمد خالص و ناخالص بیش‌تر از کاهش هزینه‌ها بود (جدول ۶). به‌عنوان مثال در تیمار کاشت مستقیم بذرِ رقم اسپیدفید، با تأخیر یک ماهه در عملیات کاشت، میزان درآمد خالص، درآمد ناخالص و هزینه‌ها به‌ترتیب ۸۳، ۵۰ و ۱۴ درصد کاهش یافت. درحالی‌که در مورد تیمار کاشت مستقیم بذرِ رقم پگاه، تأخیر کاشت سی روزه (تاریخ کاشت دهم مرداد ماه در مقایسه با دهم تیرماه)، باعث اُفت ۸۸ درصدی درآمد خالص شد. در مورد روش کشت نشایی، میزان اُفت درآمد در اثر تأخیر در کاشت شدیدتر بود به نحوی که در تیمار کشت نشایی رقم اسپیدفید، با تأخیر یک ماهه در عملیات کاشت، میزان درآمد خالص، درآمد ناخالص و هزینه‌ها به‌ترتیب ۱۱۱، ۵۶ و ۱۲ درصد کاهش یافت. در مورد تیمار کشت نشایی رقم پگاه نیز تأخیر کاشت سی روزه، میزان درآمد خالص، درآمد ناخالص و هزینه‌ها را به‌ترتیب ۱۰۹، ۴۷ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۶). با مقایسه میزان درآمد خالص در روش‌های کاشت مستقیم بذر و کشت نشایی مشخص می‌شود که تنها تیمارهای کشت نشایی رقم اسپیدفید در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه، بیستم تیرماه و اول مردادماه، توانسته‌اند درآمد خالص بیشتری نسبت به روش کاشت مستقیم بذرِ رقم اسپیدفید در همان تاریخ‌های کاشت داشته باشند. میزان برتری درآمد خالص در تیمارهای مذکور به‌ترتیب ۶۹۳۸، ۴۷۱ و ۴۲۵۳ هزار ریال در هکتار می‌باشد؛ این در حالی است که درآمد خالص تیمار کاشت مستقیم بذر رقم اسپیدفید در تاریخ دهم مردادماه نسبت به تیمار کشت نشاییِ این رقم در همان تاریخ کاشت به میزان ۱۹۲۸۱ هزار ریال در هکتار بیشتری بود. میزان سودمندی روش کشت نشایی در مورد رقم پگاه به‌طور کلی متفاوت بود و در هیچ یک از تاریخ‌های کاشت مورد بررسی، تیمار کشت نشایی رقم پگاه نتوانست درآمد خالص بیش‌تری نسبت به روش کاشت مستقیم بذر این رقم ایجاد کند. با کشت نشایی رقم پگاه در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه، بیستم تیرماه، اول مردادماه و دهم مردادماه در مقایسه با کاشت مستقیم بذر رقم پگاه در این تاریخ‌های کاشت، میزان درآمد خالص به‌ترتیب ۳۷۷۸، ۱۱۱۶۰، ۱۰۷۰۸ و ۱۱۶۵۵ هزار ریال در هکتار کاهش یافت (جدول ۶).

جدول ۶- شاخص‌های سودآوری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Table 6. The profitability indicators as affected by experimental treatments

| Planting method | Cultivar | Planting date | Cost | Gross income | Net income | Sale return (%) | Benefit-cost ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Million rials.ha$^{-1}$) | | | | |
| Control | Speedfeed | July 1 | 61.59 | 126.79 | 65.21 | 51.43 | 2.06 |
| | | July 11 | 59.91 | 113.28 | 53.37 | 47.12 | 1.89 |
| | | July 23 | 55.67 | 79.43 | 23.76 | 29.92 | 1.43 |
| | | August 1 | 52.60 | 63.60 | 11.00 | 17.29 | 1.21 |
| Hydropriming | Speedfeed | July 1 | 65.12 | 164.22 | 99.11 | 60.35 | 2.52 |
| | | July 11 | 63.10 | 146.00 | 82.91 | 56.79 | 2.31 |
| | | July 23 | 60.44 | 119.45 | 59.00 | 49.40 | 1.98 |
| | | August 1 | 54.91 | 84.26 | 29.35 | 34.83 | 1.53 |
| Transplanting | Speedfeed | July 1 | 91.31 | 163.45 | 72.14 | 44.14 | 1.79 |
| | | July 11 | 89.13 | 142.97 | 53.84 | 37.66 | 1.60 |
| | | July 23 | 86.33 | 114.35 | 28.01 | 24.50 | 1.32 |
| | | August 1 | 80.27 | 71.99 | -8.28 | -11.50 | 0.90 |
| Control | Pegah | July 1 | 59.56 | 115.61 | 56.05 | 48.50 | 1.94 |
| | | July 11 | 54.79 | 92.93 | 38.14 | 41.04 | 1.70 |
| | | July 23 | 52.55 | 72.17 | 19.61 | 27.18 | 1.37 |
| | | August 1 | 50.96 | 57.58 | 6.61 | 11.49 | 1.13 |
| Hydropriming | Pegah | July 1 | 61.99 | 137.92 | 75.99 | 55.05 | 2.22 |
| | | July 11 | 58.87 | 114.10 | 55.22 | 48.40 | 1.94 |
| | | July 23 | 55.19 | 97.27 | 42.10 | 43.26 | 1.76 |
| | | August 1 | 53.73 | 84.55 | 30.82 | 36.45 | 1.57 |
| Transplanting | Pegah | July 1 | 89.10 | 141.37 | 52.27 | 36.98 | 1.59 |
| | | July 11 | 86.37 | 113.34 | 26.98 | 23.80 | 1.31 |
| | | July 23 | 81.55 | 90.45 | 8.90 | 9.84 | 1.11 |
| | | August 1 | 79.89 | 74.84 | -5.04 | -6.74 | 0.94 |

بر طبق نتایج این آزمایش، میزان افزایش میانگین عملکرد علوفه هیبرید اسپیدفید در روش کاشت هیدروپرایمینگ بذر نسبت به رقم پگاه در همین روش ۱۸/۴ درصد، نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت مستقیم بذر به‌ترتیب ۳۴/۲ و ۵۱/۶ درصد و نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت نشایی به‌ترتیب ۴/۴ و ۲۲/۴ درصد بود (جدول ۷). همچنین، میزان افزایش درآمد خالص ناشی از تولید علوفه هیبرید اسپیدفید در روش کاشت هیدروپرایمینگ بذر نسبت به رقم پگاه در همین روش ۳۲/۵ درصد، نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت مستقیم بذر به‌ترتیب ۷۶/۳ و ۱۲۴/۵ و نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت نشایی به‌ترتیب ۸۵/۵ و ۲۲۵/۳ درصد برآورد شد. به همین ترتیب، میزان افزایش درصد بازده فروش ناشی از تولید علوفه هیبرید اسپیدفید در روش کاشت هیدروپرایمینگ بذر نسبت به رقم پگاه در همین روش ۹/۸ درصد، نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت مستقیم بذر به‌ترتیب ۳۸/۲ و ۵۶/۷ درصد و نسبت به ارقام اسپیدفید و پگاه در روش کشت نشایی به‌ترتیب ۱۲۲/۴ و ۲۱۴/۴ درصد برآورد شد (جدول ۷).

بنابراین کاشت بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه دارای بیش‌ترین میانگین درآمد خالص (۹۹/۱۱ میلیون ریال در هکتار)، نسبت فایده به هزینه (۲/۵۲) و بازده فروش (۶۰/۳۵ درصد) بود (جدول ۸)، درحالی‌که کشت نشایی ارقام اسپیدفید و پگاه در تاریخ دهم مردادماه منجر به زیان اقتصادی شد. بنابراین، روش کشت نشایی تنها برای رقم اسپیدفید و آن هم در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه تا اوّل مردادماه قابل‌توصیه است، درحالی‌که روش کاشت بذر هیدروپرایم‌شده در تمام تاریخ‌های کاشت برای تولید علوفه هر دو رقم پگاه و اسپیدفید پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی و در مقایسه تمامی تیمارها (روش‌های کاشت و ارقام مورد مطالعه)، کاشت بذر هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه به‌عنوان تیمار برتر در این آزمایش قابل‌توصیه می‌باشد (جدول‌های ۶ و ۷).

به‌نظر می‌رسد که در روش نشاکاری سورگوم، هزینه بالای کاشت در این روش از سودمندی آن کاسته است. بنابراین جهت اجرای کشت نشایی نیاز به مدیریت و ادوات مناسب می‌باشد تا در کنار تولید بهتر، هزینه‌ها کاهش یابند. بدیهی است که استفاده از نشاکارهای پیشرفته غلات که در حال حاضر در کشور موجود نیست، می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها شود. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2015) نیز بیان کردند که در روش‌های جدید نشاکاری، تمام مراحل از خزانه تا مزرعه با ماشین‌آلات کاملاً پیشرفته انجام می‌گیرد و هزینه‌ها به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابند. در مطالعه‌ای مشابه ارزیابی اقتصادی کشت نشایی و هیدروپرایمینگ بذر ارقام ذرت دانه‌ای در شهرستان کرج انجام و گزارش شد که درآمد خالص در روش کشت مستقیم بذر در تاریخ کاشت ۱۰ تیرماه (۱۲۳/۶ میلیون ریال در هکتار) نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود (Asadi and Mahrokh, 2021)، در حالی‌که نتایج مطالعه حاضر نشان داد که کاشت بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه از نظر اقتصادی نسبت به کشت مستقیم بذر برتری داشت.

## تحلیل جایگزینی هر یک از تیمارها

در این بخش فرضیه جایگزینی تیمار برتر توسط سایر تیمارها پس از محاسبه وجوه تمایز هزینه و درآمد، مورد آزمون قرار گرفت. برای این منظور، تغییرات درآمد و هزینه حاصل از جایگزینی با تیمار برتر محاسبه شد. طبق برآورد، جایگزینی تیمار کاشت بذور هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه توسط سایر تیمارها غیراقتصادی بود، چون در صورت جایگزینی برخی تیمارها، کاهش در درآمد ناخالص بیشتر از کاهش هزینه و در برخی دیگر در صورت جایگزینی هزینه افزایش و درآمد کاهش می‌یابد؛ بنابراین منفعت خالص نهایی کاهش خواهد یافت (جدول ۹). به عبارت دیگر تحلیل فرضیه اقتصادی و غیراقتصادی بودن جایگزینی تیمارها نشان می‌دهد که اگر سایر تیمارها (که از نظر منفعت خالص در رتبه دوم تا بیست و چهارم قرار گرفته‌اند) به‌جای تیمار برتر (کاشت بذور هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه) جایگزین شوند، وضعیت هزینه‌ها و سود ناخالص و خالص نهایی تیمارها چگونه خواهد بود (Asadi and Mahrokh, 2021). در این آزمایش مشخص شد هیچ یک از تیمارها به علت کاهش درآمد یا افزایش هزینه‌های تولید قادر به جایگزینی با تیمار برتر نبودند و به عبارت دیگر جایگزینی آن‌ها فاقد توجیه اقتصادی بود (جدول ۹).

جدول ۷- میانگین عملکرد و سودآوری تولید علوفه سیلویی ارقام سورگوم در روش‌های مختلف کاشت

Table 7. Means of yield and profitability indicators in forage sorghum cultivars in different planting methods

| Planting method | Cultivar | Forage yield (kg.ha$^{-1}$) | Cost | Gross income | Net income | Sale return (%) | Benefit-cost ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Million rials.ha$^{-1}$) | | | | |
| Control | Speedfeed | 86073 | 57.44 | 95.77 | 38.33 | 36.4 | 1.65 |
| | Pegah | 76142 | 54.47 | 84.57 | 30.10 | 32.1 | 1.54 |
| Hydropriming | Speedfeed | 115547 | 60.89 | 128.48 | 67.59 | 50.3 | 2.10 |
| | Pegah | 97568 | 57.45 | 108.46 | 51.01 | 45.8 | 1.87 |
| Transplanting | Speedfeed | 110693 | 86.76 | 123.19 | 36.43 | 23.7 | 1.40 |
| | Pegah | 94429 | 84.22 | 105.00 | 20.78 | 16.0 | 1.24 |

جدول ۸- درآمد خالص و شاخص‌های سودآوری در تیمارهای برتر با توجه به روش‌های کاشت

Table 8. Table 8. Net income and profitability indicators in best treatment based on planting methods

| Treatment | | | Net income (Million rials.ha$^{-1}$) | | | Means of sale return (%) | Means of benefit-cost ratio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Planting date | Cultivar | Planting method | 2017 | 2018 | Mean | | |
| 1 July | Speedfeed | Control | 48.61 | 81.8 | 65.21 | 51.43 | 2.06 |
| | | Hydropriming | 77.14 | 121.1 | 99.11 | 60.35 | 2.52 |
| | | Transplanting | 55.26 | 89.02 | 72.14 | 44.14 | 1.79 |

جدول ۹- منفعت خالص نهایی جایگزینی تیمار برتر توسط سایر تیمارها

Table 9. Marginal net benefit of the substitution of superior treatment by other treatments

| Treatment | | | Marginal cost | Marginal gross income | Marginal net benefit | Economic/ Non-economic |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Planting method | Cultivar | Planting date | (Thousand rials.ha$^{-1}$) | | | |
| Control | Speedfeed | July 1 | -3528 | -37429 | -33900 | Non-economic |
| | | July 11 | -5210 | -50945 | -45735 | Non-economic |
| | | July 23 | -9449 | -84793 | -75344 | Non-economic |
| | | August 1 | -12512 | -100619 | -88108 | Non-economic |
| Hydropriming | Speedfeed | July 11 | -2022 | -18219 | -16197 | Non-economic |
| | | July 23 | -4676 | -44775 | -40098 | Non-economic |
| | | August 1 | -10204 | -79962 | -69758 | Non-economic |
| Transplanting | Speedfeed | July 1 | 26196 | -766 | -26962 | Non-economic |
| | | July 11 | 24013 | -21252 | -45264 | Non-economic |
| | | July 23 | 21217 | -49873 | -71091 | Non-economic |
| | | August 1 | 15154 | -92234 | -107389 | Non-economic |
| Control | Pegah | July 1 | -5551 | -48608 | -43056 | Non-economic |
| | | July 11 | -10325 | -71293 | -60968 | Non-economic |
| | | July 23 | -12561 | -92054 | -79493 | Non-economic |
| | | August 1 | -14151 | -106642 | -92491 | Non-economic |
| Hydropriming | Pegah | July 1 | -3125 | -26296 | -23171 | Non-economic |
| | | July 11 | -6246 | -50134 | -43889 | Non-economic |
| | | July 23 | -9925 | -66949 | -57024 | Non-economic |
| | | August 1 | -11383 | -79667 | -68284 | Non-economic |
| Transplanting | Pegah | July 1 | 23979 | -22855 | -46834 | Non-economic |
| | | July 11 | 21252 | -50876 | -72128 | Non-economic |
| | | July 23 | 16430 | -73770 | -90201 | Non-economic |
| | | August 1 | 14770 | -89376 | -104146 | Non-economic |

**تحلیل سربه‌سر و حساسیت جهت تصمیم‌گیری در انتخاب تیمارهای آزمایشی:**

نقطه سربه‌سر هزینه و درآمد ناخالص تیمار برتر انتخابی (در اولویت اول) نسبت به تیمارهای دیگر محاسبه و در جدول ۱۰ ارایه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، میانگین نقطه سربه‌سر هزینه تیمار برتر انتخابی (کاشت بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه) نسبت به تیمار کشت هیبرید اسپیدفید به‌روش مستقیم بذر (تیمار شاهد) در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه، بیستم تیرماه، اول مردادماه و دهم مردادماه به‌ترتیب ۹۹۰۱۶، ۱۱۰۸۵۰، ۱۴۰۴۵۹ و ۱۵۳۲۲۲ هزار ریال محاسبه شد (جدول ۱۰). میانگین نقطه سربه‌سر هزینه تیمار برتر انتخابی نسبت به تیمار کشت هیبرید اسپیدفید به‌روش نشایی در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه، بیستم تیرماه، اول مرداد و دهم مرداد نیز به‌ترتیب ۹۲۰۷۷، ۱۱۰۳۸۰، ۱۳۶۲۰۵ و ۱۷۲۵۰۳ هزار ریال محاسبه شد. به‌همین ترتیب، میانگین نقطه سربه‌سر هزینه تیمار برتر انتخابی نسبت به تیمار کشت نشاکاری رقم پگاه در تاریخ‌های کاشت دهم و بیستم تیرماه و اول و دهم مردادماه به‌ترتیب ۱۱۱۹۴۹، ۱۳۷۲۴۳، ۱۵۵۳۱۵ و ۱۶۹۲۶۱ هزار ریال محاسبه شد (جدول ۱۰). در مقابل، میانگین نقطه سربه‌سر درآمد ناخالص تیمار برتر انتخابی نسبت به تیمار کشت رقم پگاه به روش هیدروپرایمینگ بذر در تاریخ‌های کاشت دهم و بیستم تیرماه و اول و دهم مردادماه به‌ترتیب ۱۴۱۰۴۹، ۱۲۰۳۳۲، ۱۰۷۱۹۶ و ۹۵۹۳۶ هزار ریال و میانگین نقطه سربه‌سر درآمد ناخالص تیمار برتر انتخابی نسبت به تیمار نشاکاری رقم پگاه در تاریخ‌های کاشت دهم و بیستم تیرماه و اول و دهم مردادماه به‌ترتیب ۱۱۷۳۸۶، ۹۲۰۹۲، ۷۴۰۲۰ و ۶۰۰۷۴ هزار ریال محاسبه شد (جدول ۱۰). به این ترتیب، تمامی نتایج نشان دهنده برتری روش کاشت هیدروپرایم‌شده بذرهای هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه است.

جدول ۱۰- جدول ۱۰- تحلیل سربه‌سر تیمار برتر نسبت به سایر تیمارها (میلیون ریال در هکتار)

Table 10. Breakeven analysis of superior treatment by other treatments (Million rials.ha$^{-1}$)

| Treatment | | | Break-even point of cost | Break-even point of income |
|---|---|---|---|---|
| Planting method | Cultivar | Planting date | | |
| Control | Speedfeed | July 1 | 99.02 | 130.32 |
| | | July 11 | 110.85 | 118.49 |
| | | July 23 | 140.46 | 88.88 |
| | | August 1 | 153.22 | 76.11 |
| Hydropriming | Speedfeed | July 11 | 81.31 | 148.00 |
| | | July 23 | 105.21 | 124.12 |
| | | August 1 | 134.87 | 94.46 |
| Transplanting | Speedfeed | July 1 | 92.10 | 137.26 |
| | | July 11 | 110.38 | 118.96 |
| | | July 23 | 136.21 | 93.13 |
| | | August 1 | 172.50 | 56.83 |
| Control | Pegah | July 1 | 108.17 | 121.16 |
| | | July 11 | 126.10 | 103.25 |
| | | July 23 | 144.61 | 84.73 |
| | | August 1 | 157.61 | 71.73 |
| Hydropriming | Pegah | July 1 | 88.29 | 141.10 |
| | | July 11 | 109.00 | 120.33 |
| | | July 23 | 122.14 | 107.20 |
| | | August 1 | 133.40 | 95.94 |
| Transplanting | Pegah | July 1 | 111.95 | 117.39 |
| | | July 11 | 137.24 | 92.10 |
| | | July 23 | 155.32 | 74.00 |
| | | August 1 | 169.26 | 60.10 |

## نتیجه‌گیری کلی

تأخیر در کاشت باعث کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه در ارقام مختلف سورگوم شد، اما تیمار هیدروپرایمینگ بذر توانست با افزایش تولید علوفه تأخیر در کاشت را جبران کند. با تأخیر در کاشت سورگوم (کاشت در مردادماه)، از سودمندی روش کشت نشایی در تولید علوفه کاسته شد و در مقابل، سودمندی روش کشت بذر پرایم‌شده افزایش یافت. در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد بررسی، هیبرید اسپیدفید توانست مجموع عملکرد علوفه بیش‌تری نسبت به رقم پگاه تولید کند. بیش‌ترین عملکرد علوفه در چین اول و دوم به‌ترتیب با کشت نشایی رقم پگاه و هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد، در حالی‌که بیش‌ترین مجموع عملکرد علوفه با کاشت بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه به‌دست آمد. نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد که بیش‌ترین درآمد خالص و حداکثر نسبت فایده به هزینه و بازده فروش با کاشت بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید در تاریخ دهم تیرماه حاصل شد. کشت نشایی رقم پگاه در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد بررسی غیراقتصادی بود، در حالی‌که کاشت نشایی هیبرید اسپیدفید در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه تا اول مردادماه نسبت به روش کاشت مرسوم برتری داشت. به‌طورکلی، برای تولید حداکثر عملکرد و سود اقتصادی، پیشنهاد می‌شود عملیات کاشت در اولین زمان ممکن با بذرهای هیدروپرایم‌شده هیبرید اسپیدفید انجام شود. با توجه به نتایج این مطالعه، روش کاشت نشایی فقط برای رقم اسپیدفید و آن‌هم در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه تا اول مردادماه پیشنهاد می‌شود، در حالی‌که روش کاشت بذر هیدروپرایم‌شده به‌علت تولید بیش‌تر و هزینه کم‌تر، برای هر دو رقم اسپیدفید و پگاه و در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد بررسی قابل پیشنهاد است.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در اجرای این پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۹۶۰۲۵۱ - ۰۲۳- ۰۳- ۰۳- ۲۴ سپاسگزاری می‌شود.

## تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

## رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

## اجازه انتشار مقاله

نویسنده (گان) با چاپ این مقاله به صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

## References

**Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998.** Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage** 56: 26-40.

**Asadi, H. and Mahrokh, A. 2021.** Economical evaluation of transplanting and seed hydropriming in comparison with conventional planting in grain maize: A case study in Alborz province. **Journal of Agricultural Economics** 15 (2): 113-132. (In Persian with English Abstract).

**Assefa, D., Belay, M., Tsegay, D. and Haile, M. 2007.** Transplanting sorghum as a means of ensuring food security in low rainfall sorghum growing areas. Drylands Coordination Group Report. No. 48.

**Baghdadi, A., Paknejad, F., Golzardi, F., Hashemi, M. and Ilkaee, M. N. 2021.** Suitability and benefits from intercropped sorghum–amaranth under partial root-zone irrigation. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 101 (14): 5918-5926.

**Baghdadi, A. and Golzardi, F. 2022.** Forage crops. ETKA Publication, Tehran, Iran. (In Persian).

**Banerjee, P., Venugopalan, V. K., Nath, R., Chakraborty, P. K., Gaber, A., Alsanie, W. F., Raafat, B. M. and Hossain, A. 2022.** Seed priming and foliar application of nutrients influence the productivity of relay grass pea (*Lathyrus sativus* L.) through accelerating the photosynthetically active radiation (PAR) use efficiency. **Agronomy** 12: 1125.

**Bartlett, M. S. 1937.** Properties of sufficiency and statistical tests. **Mathematical and Physical Sciences** 160: 268-282.

**Biswas, S. 2020.** Prospects and constraints of transplanted maize, wheat, sorghum and pearl millet: a review. **International Journal of Environment and Climate Change** 10: 24-43.

**Bozorgmehr, J. and Nasrabadi, H. 2013.** Effect of planting dates and cultivars on corn forage yield and quality. **Applied Field Crops Research** 104: 160-164. (In Persian with English Abstract).

**Chivasa, W., Harris, D., Chiduza, C., Mashingaidze, A. B. and Nyamudeza, P. 2000.** Determination of optimum on-farm seed priming time for maize (*Zea mays* L.) and Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) for use to improve stand establishment in semi-arid agriculture. **Tanzania Journal of Agricultural Science** 30 (2): 103-112.

**Farhadi, A., Paknejad, F., Golzardi, F., Ilkaee, M. N. and Aghayari, F. 2022.** Effects of limited irrigation and nitrogen rate on the herbage yield, water productivity, and nutritive value of sorghum silage. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 53 (5): 576-589.

**Fouman, A. 2011.** Evaluation of different forage sorghum cultivars [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] through an assessment of morphological, quantitative and qualitative yield traits. **Iranian Journal of Field Crop Science** 41 (4): 833-840. (In Persian with English Abstract).

**Ghiasabadi, M., Khajeh-Hosseini, M. and Mohammad-Abadi, A. A. 2014.** Effects of transplanting date on growth and yield of forage maizen (*Zea mays* L.) in Mashhad. **Iranian Journal of Field Crops Research** 12 (1): 137-145. (In Persian with English Abstract).

**Ghorbani, H., Barmaki, M. and Kheirizadeh Arough, Y. 2015.** Yield and yield components of minituber potato under direct cultivation and transplanting. **Journal of Soil and Plant Interactions** 6 (2): 121-133. (In Persian with English Abstract).

**Golzardi, F., Nazari, Sh. and Rahjoo, V. 2019.** Sorghum cultivation. ETKA Publication, Tehran, Iran. (In Persian).

**Hesabi, S., Vazan, S. and Golzardi, F. 2014.** Investigation the effect of osmopriming and hydropriming on germination behavior of alfalfa (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*). **International Journal of Biosciences** 5 (6): 182-188.

**Jo, S. M., Jung, K. Y., Kang, H. W., Choi, Y. D., Lee, J. S. and Jeon, S. H. 2016.** Effect of seedling age on growth and yield at transplanting of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Korean Journal of Crop Science** 61: 50-56.

**Khalilian, M., Habibi, D., Golzardi, F., Aghayari, F. and Khazaei, A. 2021.** Yield evaluation of promising lines of dual-purpose grain-forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] at different harvesting times. **Cereal Research** 11(2): 135-147. (In Persian with English Abstract).

**Khazaei, A., Fouman, A., Rahjoo, V. and Golzardi, F. 2019.** Sorghum cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication, Teharn, Iran. (In Persian).

**Khazaei, A., Golzardi, F., Torabi, M., Fyzbakhsh, M., Azari Nasrabad, A., Ghasemi, A., Nazari, L. and Motaghi, M. 2021.** Evaluation of the yield stability of grain sorghum genotypes using AMMI analysis in different regions of Iran. **Cereal Research** 11 (1): 77-88. (In Persian with English Abstract).

**Khodashenas, A. 2021.** Effect of planting time on grain yield and yield components of rainfed barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under climatic conditions of Mashhad, Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences** 23 (1): 49-66. (In Persian with English Abstract).

**Mirahki, I., Ardakani, M. R., Golzardi, F., Paknejad, F. and Mahrokh, A. 2022.** Biomass production, water use efficiency and nutritional value parameters of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes as affected by seed hydro-priming and transplanting. **Acta Biologica Szegediensis** 2 (65): 171-184.

**Nazari, S., Aboutalebian, M. A. and Golzardi, F. 2017.** Seed priming improves seedling emergence time, root characteristics and yield of canola in the conditions of late sowing. **Agronomy Research** 15 (2): 501-514.

**Rafiee, M. 2018.** Effect of sowing time on growth and yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in second cropping in temperate region of Lorestan province. **Iranian Journal of Crop Sciences** 20 (3): 180-192. (In Persian with English Abstract).

**Ramezani, M. and Rezaei, R. 2012.** The effect of priming and its period on germination and seedling growth of forage sorghum (Speedfeed). **New Findings in Agriculture** 6 (2): 127-137. (In Persian with English Abstract).

**Safari, M., Aghaalikhani, M. and Modares Sanavy, S. A. M. 2011.** Effect of sowing date on phenology and morphological traits of three grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences** 12 (4): 452-466. (In Persian with English Abstract).

**Soltani, G. R. 2007.** Agricultural engineering. Shiraz University Press. 295 p. (In Persian).

**Torabi, B., Dastfalinejad, N., Soltani, A. and Rahimi, A. 2020.** The effect of planting date and density on leaf production and senescence rate in safflower. **Journal of Plant Production Research** 27 (1): 93-106.

**Yamori, W., Hikosaka, K. and Way, D. A. 2014.** Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research** 119: 101-117.

**Young, E. M. and Atokple, I. D. K. 2003.** Transplanting sorghum and millet as a means of increasing food security in upper east region of Ghana. Project R7341. Centre for Arid Zone Studies, University of Wales, Bangor, Gwynedd, UK.

**Zida, P. E., Neya, B. J., Stockholm, M. S., Jenson, M. S., Soalla, W. R., Sereme, P. and Lund, O. S. 2018.** Increasing sorghum yields by seed treatment with an aqueous extract of the plant *Eclipta alba* may involve a dual mechanism of hydropriming and suppression of fungal pathogens. **Crop Protection** 107: 48-55.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

doi: 10.22124/CR.2022.22729.1735

**(Research Article)**

**Cereal Research**
**Vol. 11, No. 4, Winter 2022 (343-358)**

# Agronomic and economic evaluation of different planting methods and dates of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivars

**Farid Golzardi[1*], Hormoz Asadi[1], Azim Khazaei[1], Ali Mahrokh[1] and Vahid Rahjoo[1]**

Received: December 09, 2021 Accepted: February 27, 2022

**Abstract**

To evaluate the effect of planting management on forage production in hybrid and open-pollinated sorghum cultivars, a two-year experiment based on split plot factorial in randomized complete block design with three replications was conducted at the Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. Planting date at four levels (July 1, 10 and 23, and August 1), was considered as the main factor and the factorial combination of planting method at three levels (without priming as control, seed hydropriming, and transplanting) and genotype at two levels (Pegah cultivar and Speedfeed hybrid) as the sub-factor. The results showed that delayed planting on July 10$^{th}$ and 23$^{rd}$, and August 1$^{st}$ reduced forage yield by 15.1, 32.7, and 48.7%, respectively, compared to the July 1$^{st}$ planting date. The highest silage yield in the first and second harvests (106.21 and 62.78 ton.ha$^{-1}$, respectively) were obtained by the transplanting Pegah and Speedfeed on the July 1$^{st}$, respectively, whereas the seed hydropriming of Speedfeed produced the highest total forage yield (147.80 ton ha$^{-1}$). The results of the economic evaluation showed that the highest net income (99.11 million Rials.ha$^{-1}$) and the maximum benefit-to-cost ratio and sales return (2.52 and 60.35%, respectively) were obtained by planting the hydroprimed seeds of Speedfeed hybrid on the July 1$^{st}$. The transplanting of Pegah cultivar was uneconomical in all the studied planting dates, whereas transplanting Speedfeed hybrid from July 1$^{st}$ to July 23$^{rd}$ was superior to the conventional sowing method. In total, the results of this study showed that to produce the maximum yield and economic profit, it is recommended to carry out the planting operation at the earliest possible time with hydroprimed seeds of Speedfeed hybrid.

**Keywords:** Forage yield, Net income, Partial budgeting, Seed hydropriming, Transplanting

1. Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
[*] Corresponding author: f.golzardi@areeo.ac.ir