



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۳۴۶-۳۳۵

مقاله پژوهشی:

تأثیر رژیم آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات ارزن مرواریدی

- منصور فاضلی رستمپور^{۱*}، سید غلامرضا موسوی^۲، حسن رومنجان^۳، شهرام مهری^۴، ابوذر ابوذری^۵
۱. استادیار، بخش زراعی باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.
 ۲. دانشیار، گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.
 ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.
 ۴. استادیار، گروه کشاورزی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران.
 ۵. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشتارود، ایران
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

چکیده

باتوجه به اقلیم گرم و خشک استان خراسان جنوبی، انتخاب نوع محصول و تاریخ کاشت مناسب اهمیت فراوانی دارد. در این شرایط ارزن مرواریدی هیبرید نوتریفید (*Pennisetum americanum* var. *nutrified*) می‌تواند به‌عنوان یک علوفه ارزش‌مند در تناوب با سایر گیاهان قرار گیرد. این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده نواری در زمان در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند انجام شد. تیمارها شامل چهار تاریخ کاشت (۲۰ فروردین‌ماه، ۹ اردیبهشت‌ماه، ۲۹ اردیبهشت‌ماه و ۱۸ خردادماه)، سه رژیم آبیاری (تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آب موردنیاز گیاه براساس تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه) و دو چین در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن و تاریخ کاشت ۲۰ فروردین و چین اول و دوم مشاهده شد. با تأخیر در کاشت ارزن از ۲۰ فروردین‌ماه به ۱۸ خردادماه عملکرد ماده خشک ارزن ۲۴/۴ درصد در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت. این کاهش در شرایط تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۲۴/۲ و ۴۶/۹ بود. بنابراین با تأمین ۷۵ درصد آب موردنیاز ارزن مرواریدی و کاشت در تاریخ ۲۰ فروردین‌ماه می‌توان با ذخیره ۲۵ درصدی میزان آب مصرفی عملکرد ماده خشک قابل‌قبولی تولید نمود.

کلیدواژه‌ها: ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد پنجه، کارایی مصرف آب، محتوی نسبی آب برگ.

The Effect of Irrigation Regimes and Sowing Dates on the Dry Matter and Some Traits of Pearl Millet

Mansour Fazeli Rostampour^{1*}, Seyyed Gholamreza Moosavi², Hassan Romenjani³, Shahram Mehri⁴, Abozar Abouzari⁵

1. Assistant Professor, Horticultural Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
3. Former M.Sc. Student, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agriculture, ParsAbad Moghan Branch, Islamic Azad University, ParsAbad Moghan, Iran.
5. Assistant Professor, Horticultural Crops Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Nashtarud, Iran.

Received: May 26, 2020

Accepted: July 29, 2020

Abstract

Due to hot and dry climates of South Khorasan province, it is quite vital to choose the suitable crop and planting date. In this condition, pearl millet nutrified hybrid (*Pennisetum americanum* var. *nutrified*) can be a valuable forage in rotation with other plants. This experiment is carried out in 2017-2018 in strip split plots design in time in Azad University research field, Birjand. The treatments include 4 sowing dates (April 8, April 28, May 18, and June 7), 3 irrigation regimes (providing 100%, 75%, and 50% of the plant's water needs based on the plant potential evatranspiration), and two cuttings in a completely random blocks design with three replications. The highest water use efficiency is observed when providing 50% of water needs on April 8, along with the first and second cuttings. Following the delay in planting date from April 8 to June 7, the forage dry matter yield of millet decreases by 24.4% when it is supplied with 100% of its water needs. This decrease is 24.2 and 46.9, in case of supplying 75% and 50% of water needs, respectively. Therefore, by supplying 75% of pearl millet water needs and planting it on April 8, with a 25% reserve of water consumption, the dry matter yield is acceptable.

Keywords: Number of leaves, number of tillers, plant height, relative water content, water use efficiency.

۱. مقدمه

تغییر شرایط آب‌وهوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان و الگوی توزیع بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله شده است (Khazaie *et al.*, 2018). کمبود آب مهم‌ترین چالش پیش روی تولید محصولات کشاورزی بوده و با توجه به قرارگرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان، توجه به تأثیر کم‌آبی بر رشد گیاهان زراعی ضروری به نظر می‌رسد (Tadayn & Karimzadeh Sorshjani, 2017). با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، عوامل محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، استقرار و رشد گیاه در شرایط ایده‌آل بوده (Caliskan *et al.*, 2008) و عملکرد و کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد (Rostamza *et al.*, 2001). در تاریخ‌های کاشت مختلف گیاه دارای طول دوره رشد متفاوتی است. طولانی‌بودن دوره رویش به دلیل استفاده مطلوب از تابش، دما و دیگر عوامل محیطی مناسب باعث می‌شود که ماده خشک بیش‌تری در اندام‌هایی چون ساقه و برگ انباشت شود (Tabatabaei & Shakeri, 2017).

ارزن ششمین غله مهم دنیاست. در میان ارزن‌ها، ارزن مرواریدی به‌عنوان یک غله پایدار، رشد بسیار مناسبی داشته و سطح زیر کشتی در حدود ۲۵ تا ۳۷ میلیون هکتار را به‌خود اختصاص داده است (Siddig *et al.*, 2013). کشت ارزن در ایران از سابقه بسیار طولانی برخوردار است و با توجه به دوره رشد کوتاه، به‌عنوان یک محصول کم‌توقع قادر به تأمین علوفه در شرایط اقلیمی گرم و خشک خراسان جنوبی است (Nasrabad Azari & Mirzaei, 2013).

کارایی مصرف آب رابطه مستقیم با عملکرد داشته (Fazeli Rostampour *et al.*, 2013) و معمولاً کم‌آبی شدید و تأخیر در کاشت از طریق کاهش عملکرد ماده خشک منجر به کاهش کارایی مصرف آب می‌شود (Singh *et al.*, 2018). تحقیقات نشان داده که برای دست‌یابی به حداکثر

کارایی مصرف آب، میزان آب مصرفی در مزرعه باید حدود ۳۰ درصد کم‌تر از میزان تبخیر و تعرق منطقه باشد. درحالی‌که جهت دست‌یابی به حداکثر عملکرد، میزان آب مصرفی باید حدود ۲۰ درصد بیش‌تر از تبخیر و تعرق در منطقه باشد (Ghasemi *et al.*, 2019). نتایج یک آزمایش نشان داد که با کاهش مقدار آبیاری، کارایی مصرف آب در ارزن نوتریفید افزایش و با تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد علوفه تر و خشک و کارایی مصرف آب کاهش یافت (Tabatabaei & Mir Vakili, 2012). ارزن در شرایط کمبود آب، روزنه‌ها را تا حدودی مسدود کرده و در این شرایط تعرق را بیش‌تر از فتوسنتز کاهش داده که همین عامل باعث افزایش کارایی مصرف آب در شرایط کم‌آبی می‌شود (Khazaie *et al.*, 2018).

کاشت زودهنگام به دلیل طول روز و درجه حرارت مناسب باعث در دسترس‌بودن رطوبت کافی و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ بالاتر شده که نقش زیادی در افزایش عملکرد ارزن دارد (Tabatabaei & Mir Vakili, 2012). کاهش میزان آبیاری در مراحل مختلف رشد، سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ ارزن می‌شود (Tadayn & Karimzadeh Sorshjani, 2017). نتایج یک آزمایش نشان داد که محتوای نسبی آب برگ ارزن نوتریفید در چین اول بالاتر از چین دوم بود که می‌تواند به دلیل کشت در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه باشد (Safae Torghabeh *et al.*, 2018). کم‌آبیاری از یک‌سو با کاهش ارتفاع ساقه و از سوی دیگر با کاهش نمو برگ‌های جوان و ریزش برگ‌های پیر، باعث کاهش تعداد برگ در گیاه و عملکرد ماده خشک ارزن می‌شود (Hasheminejad *et al.*, 2017; Kanton *et al.*, 2015). کاهش تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها در اثر کمبود آب و تأخیر در کاشت، باعث کاهش رشد طولی میان‌گره و قطر ساقه می‌گردد (Anjum *et al.*, 2011). به‌عبارت دیگر کمبود آب و انتخاب تاریخ کاشت نامناسب سبب کاهش

ماده خشک برگ، ساقه و قطر ساقه و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک می‌شود (Solymani et al., 2011). اگرچه پنجه‌زنی یک فاکتور ژنتیکی است، اما کم‌آبی می‌تواند باعث کاهش میزان پنجه‌دهی گیاهان علوفه‌ای شود (Mashayekhi et al., 2016). افزایش حرارت تا حد زیادی سبب افزایش غالبیت جوانه انتهایی و در نتیجه کاهش پنجه در بوته خواهد شد (Nasrabad Azari & Mirzaei, 2012). با توجه به خشک‌سالی‌های مستمر کشت ارزن به دلیل کارایی مصرف آب بالا می‌تواند به‌عنوان یک محصول ارزشمند در تناوب با سایر گیاهان علوفه‌ای قرار گیرد (Soleimani et al., 2011). محدودیت منابع آبی استان خراسان جنوبی از یک‌طرف و شرایط اقلیمی گرم و خشک آن از طرف دیگر، اهمیت توجه به کشت گیاهان چهارکربنه و کم‌توقع را نشان می‌دهد. ارزن مرواریدی با داشتن چنین ویژگی‌هایی می‌تواند بخشی از مشکل تأمین علوفه دام‌ها را در این منطقه رفع نماید. با توجه به این موضوع و با هدف بررسی امکان کاهش میزان آب مصرفی و هم‌چنین تعیین تاریخ کاشت مناسب ارزن مرواریدی، این آزمایش انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و ۱۴۸۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. متوسط بلندمدت بیش‌ترین و کم‌ترین دمای شهرستان بیرجند به‌ترتیب معادل ۲۴ و ۸ و هم‌چنین میانگین سالیانه دما و باران به‌ترتیب ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۷۱ میلی‌متر است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده نواری در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی ارزن مرواریدی، هیبرید نوتریفید

Pennisetum americanum var. *nutrifeed*) اجرا شد. تیمارها شامل چهار تاریخ کاشت [تاریخ کاشت اول (۲۰ فروردین‌ماه)، تاریخ کاشت دوم (۹ اردیبهشت‌ماه)، تاریخ کاشت سوم (۲۹ اردیبهشت‌ماه) و تاریخ کاشت چهارم (۱۸ خردادماه)]، سه رژیم آبیاری (تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آب موردنیاز گیاه) و دو چین بود. زمین انتخابی جهت انجام آزمایش، سال قبل از کاشت آیش بود و در پاییز سال ۱۳۹۵ شخم زده شد. سپس در بهار سال ۱۳۹۶ جهت خردکردن کلوخه‌ها و آماده‌سازی بستر از دیسک و لولر استفاده شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار بود. قبل از اجرای نقشه طرح به‌منظور تعیین ویژگی‌های خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد و نتایج نشان داد که مزرعه آزمایشی دارای اسیدیته ۸/۲، هدایت الکتریکی ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۰/۳۹ درصد ماده آلی و بافت لومی شنی بود. قبل از کاشت در اوایل فروردین‌ماه مقدار ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل و سولفات‌پتاسیم براساس آزمون خاک مصرف شد. کود نیتروژن نیز به میزان لازم و به مقدار مساوی در دو نوبت (نیمی در مرحله سه تا چهار برگگی و نیمی بعد از برداشت چین اول همراه با آبیاری) مصرف شد. کشت بذر به‌صورت دستی در عمق حدود ۳ سانتی‌متر انجام شد. بوته‌های اضافی ارزن در مرحله سه تا چهار برگگی و ۲۰ تا ۲۴ روز بعد از کاشت حذف و آبیاری تا استقرار کامل گیاه به‌طور مرتب در فواصل زمانی شش روز یک‌بار به‌کمک لوله و کنتور انجام گرفت. نیاز آبی به‌کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) محاسبه شد (Giovanni et al., 2009). سپس با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری با استفاده از

انجام شد. جهت مقایسات میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. محتوای نسبی آب برگ

اثر ساده رژیم آبیاری، چین و برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر محتوای نسبی آب برگ تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۱).

کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن به ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۷/۶ و ۱۳ درصدی محتوای نسبی آب برگ گردید. محتوای نسبی آب برگ در چین اول نسبت به چین دوم ۴/۵ درصد کاهش نیز معنی‌دار نشان داد (جدول ۲).

برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ از نظر عددی در تاریخ کاشت ۲۰ خردادماه و چین دوم به‌دست آمد که از برتری معنی‌دار و ۱۱ درصدی نسبت به تاریخ کاشت چهارم و چین اول برخوردار بود، اما تفاوتی بین چین اول و دوم در سه تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه، ۹ اردیبهشت‌ماه و ۲۹ اردیبهشت‌ماه برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۳).

در تیمارهای کم‌آبیاری، کاهش جذب آب از ریشه‌ها، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ ارزن نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. محتوای نسبی آب برگ در چین دوم بالاتر از چین اول در تاریخ‌های کاشت ۹ اردیبهشت‌ماه، ۲۹ اردیبهشت‌ماه و ۲۰ خردادماه بود. احتمالاً کاهش نسبی دما در چین دوم نسبت به چین اول در این تاریخ‌های کاشت، باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ ارزن در چین دوم شده است. هم‌چنین با توجه به این‌که محتوای نسبی آب برگ در چین اول از تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه نسبت به چین دوم بیش‌تر بود، که می‌تواند به دلیل دمای بالای محیط در چین دوم، افزایش تعرق و در نتیجه کاهش رطوبت برگ باشد.

کنترل انجام شد. در این روش برای محاسبه مقدار آب موردنیاز گیاه، ابتدا تبخیر از تشتک روزانه (E_p) از اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک (K_{pan}) ضرب شد تا مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) به‌دست آید. سپس با اعمال ضریب گیاهی (K_c) نیاز آبی ارزن نوتریفید تعیین گردید (Howell et al., 2008). مقدار K_c از ۰/۳۳ در ابتدای دوره رشد ارزن شروع شده و در مرحله برداشت به ۰/۷۳ رسید (Krishna et al., 2012).

$$ET_0 = K_{pan} \times E_p \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$ET_0 = K_c \times ET_0 \quad (\text{رابطه ۲})$$

E_p ، K_{pan} ، ET_0 به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ضریب تشتک (۰/۶۶) و میزان تبخیر از تشتک بود (Alizadeh., 2002).

محتوای نسبی آب برگ در چین اول و دوم، قبل از برداشت و روز قبل از آبیاری، در جوان‌ترین برگ کامل شده بین ساعت ۸ تا ۹ صبح اندازه‌گیری شد (Fazeli Rostampour et al., 2013).

جهت تشخیص واکنش هر چین به آبیاری و تاریخ کاشت، عملکرد ماده خشک به‌صورت جداگانه در دو چین بررسی شد. ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و تعداد پنجه در پنج بوته قبل از برداشت در هر چین و با رعایت اثر حاشیه‌ای اندازه‌گیری و میانگین هر یک از آن‌ها برای هر صفت در هر واحد آزمایشی منظور شد. هم‌چنین به‌منظور تعیین میزان ماده خشک برگ و عملکرد ماده خشک در هر چین، از دو خط وسط هر واحد آزمایشی با رعایت اثر حاشیه، نمونه‌های برگ و ساقه به‌طور جداگانه و به ترتیب برای مدت حدود ۴۸ و ۷۲ ساعت در آون الکتریکی با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس با استفاده از ترازوی حساس الکتریکی، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲)

تأثیر رژیم آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات ارزن مرواریدی

جدول ۱. میانگین مربعات مربوط به اثر رژیم آبیاری، تاریخ کاشت و چین بر برخی صفات ارزن مرواریدی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|------------------|------------|--------------------|-------------|---------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------------------|
| | | محتوای نسبی آب برگ | ارتفاع بوته | قطر ساقه اصلی | تعداد برگ در ساقه اصلی | تعداد پنجه در بوته | وزن خشک برگ | عملکرد ماده خشک مصرف آب |
| تکرار | ۲ | ۵/۹۷ns | ۳۷/۵* | ۸/۴۳* | ۱/۰۸ns | ۱/۴۱ns | ۴۸۱۴/۶ns | ۲۱۹۱/۳ns |
| تاریخ کاشت (P) | ۲ | ۴/۹۱ns | ۶۳۰/۷** | ۲۵/۴۲** | ۲/۵۴* | ۰/۰۶ns | ۴۰۶۷۶** | ۱۰۳۹۹۳** |
| خطای اول | ۴ | ۵/۰۲ | ۳/۱۶ | ۱/۶۳ | ۰/۳۱ | ۰/۱۳ | ۱۱۴۷/۳ | ۵۱۴۹۱۸/۳ |
| آبیاری (I) | ۳ | ۷۲۸/۶** | ۱۸۸۹/۷** | ۳۰/۲۳** | ۸/۳۳** | ۳۶/۱۷** | ۲۱۰۶۹۷** | ۵۱۴۹۱۹** |
| I×P | ۶ | ۴/۵ns | ۲۲/۳۲** | ۱/۰۶ns | ۰/۵ns | ۰/۱ns | ۱۴۹۱/۶ns | ۳۳۷۲/۷ns |
| **خطای دوم | ۱۸ | ۱۳/۵۸ | ۲/۰۲ | ۱/۱۴ | ۰/۳۳ | ۰/۴۲ | ۱۲۹۱/۸ | ۱۷۳۰/۷ |
| چین (H) | ۱ | ۲۳۷/۵** | ۶۶/۱۲* | ۱۷/۷** | ۱۲/۴۲** | ۲/۹** | ۷۰۴۷* | ۲۲۶۹۴** |
| I×H | ۲ | ۵/۶۸ns | ۸/۸ns | ۱/۶۶ns | ۰/۳۶ns | ۰/۵ns | ۲۶۵۶/۲ns | ۷۵۱۹/۵* |
| P×H | ۳ | ۶۵/۱۸** | ۴۴۲/۶** | ۴/۱۵** | ۴/۱۹ | ۰/۴ns | *۴۳۳۳* | ۳۵۲۶۳** |
| I×P×H | ۶ | ۱۳/۳ns | ۳۸/۴۷* | ۰/۷ns | ۰/۹۲ns | ۰/۲۵ns | ۱۸۱۸/۹ns | ۳۵۲۶۳ns |
| خطای سوم | ۲۴ | ۲۰/۸ | ۱۰/۳ | ۰/۶۷ | ۰/۳۹ | ۰/۳۶ | ۱۴۳۸ | ۱۹۷۲/۷ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۵/۸ | ۵/۱ | ۵/۷ | ۷/۶ | ۶/۸ | ۱۰/۴ | ۸/۶ |

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

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم آبیاری، تاریخ کاشت و چین بر برخی صفات ارزن مرواریدی

| تیمار | محتوای نسبی آب برگ (%) | قطر ساقه اصلی (mm) | تعداد برگ در ساقه اصلی | تعداد پنجه در بوته | وزن خشک برگ (g m ⁻²) | عملکرد ماده خشک (g m ⁻²) |
|-------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| رژیم آبیاری | | | | | | |
| ۱۰۰ | ۸۴/۵a | ۱۵/۴a | ۸/۸a | ۱۰/۱۴a | ۴۷۲/۲a | ۶۷۲/۹a |
| ۷۵ | ۷۸/۱b | ۱۴/۶b | ۸/۱b | ۸/۹b | ۳۵۶/۳b | ۴۸۶/۴b |
| ۵۰ | ۷۳/۵b | ۱۳/۲c | ۷/۷c | ۷/۶۹c | ۲۸۷/۳c | ۳۸۴c |
| تاریخ کاشت | | | | | | |
| ۱/۲۰ | - | ۱۵/۷a | ۸/۷a | - | ۴۵۶/۸a | ۶۰۴/۷a |
| ۲/۱۰ | - | ۱۴/۹b | ۸/۳ab | - | ۳۸۴/۲b | ۵۲۹/۷b |
| ۲/۳۰ | - | ۱۳/۹c | ۸/۱bc | - | ۳۶۲/۷bc | ۵۰۳b |
| ۳/۲۰ | - | ۱۳d | ۷/۸c | - | ۳۰۰/۸c | ۴۲۰/۵c |
| چین | | | | | | |
| ۱ | ۷۶/۹b | ۱۴/۹a | ۸/۶a | ۸/۷b | ۳۹۸/۵a | ۵۳۲/۲a |
| ۲ | ۸۰/۵a | ۱۳/۹b | ۷/۸b | ۹/۱۲a | ۳۲۸/۷b | ۴۹۶/۷b |

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

جدول ۳. برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر برخی صفات ارزن مرواریدی

| P ₄ | | P ₃ | | P ₂ | | P ₁ | | تیمار | صفت |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|-----|
| H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | | |
| ۸۳/۵a | ۷۵/۲c | ۸۰/۶ab | ۷۶bc | ۸۰/۱abc | ۷۷/۹bc | ۷۸bc | ۷۸/۶bc | محتوای نسبی آب برگ (/) | |
| ۱۲/۴d | ۱۳/۶c | ۱۴/۱c | ۱۳/۷c | ۱۴c | ۱۵/۸ab | ۱۵b | ۱۶/۴a | قطر ساقه اصلی (mm) | |
| ۸/۴b | ۷/۸bc | ۷/۴c | ۸/۲b | ۷/۵c | ۹/۱a | ۷/۹bc | ۹/۴a | تعداد برگ در ساقه اصلی | |
| ۲۷۱/۲c | ۳۸۰/۴b | ۳۵۹/۹b | ۳۶۵/۴b | ۳۷۰/۵b | ۳۹۷/۹b | ۴۶۳/۴a | ۴۵۰/۳a | وزن خشک برگ (g m ⁻²) | |
| ۳۴۴e | ۴۹۶/۹cd | ۵۲۷/۳c | ۴۷۸/۳d | ۵۳۶/۳bc | ۵۲۳/۱cd | ۵۷۹b | ۶۳۰/۴a | عملکرد ماده خشک (g m ⁻²) | |

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

P₁, P₂, P₃ و P₄ به ترتیب تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه، ۹ اردیبهشت‌ماه، ۲۹ اردیبهشت‌ماه و ۱۸ خردادماه

H₁ و H₂ به ترتیب چین اول و دوم

۲.۳. صفات مورفولوژیک

اثر ساده رژیم آبیاری، تاریخ کاشت، چین و هم‌چنین برهم‌کنش آبیاری در تاریخ کاشت، تاریخ کاشت در چین و آبیاری در تاریخ کاشت در چین بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). برهم‌کنش آبیاری، تاریخ کاشت و چین بر ارتفاع بوته نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۷۶/۸ سانتی‌متر در تیمار آبیاری کامل، تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و چین دوم مشاهده شد که از برتری معنی‌دار ۸۵ درصدی نسبت به تیمار تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی، تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم برخوردار بود (جدول ۴). هم‌چنین در سطوح آبیاری تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه، ارتفاع بوته در چین اول نسبت به چین دوم از برتری معنی‌دار به ترتیب ۲۶/۷ و ۲۴/۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۴). کم‌ترین ارتفاع بوته از نظر عددی در تیمار آبیاری و تاریخ کاشت چهارم - چین دوم بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که در شرایط تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، عدم دسترسی گیاه به آب کافی منجر به کاهش آماس سلولی و هم‌چنین تکثیر سلولی شده که در نهایت از طریق کم‌شدن توسعه و رشد مریستم‌های انتهایی و میانی و طول میان‌گره‌ها باعث کاهش ارتفاع ساقه می‌شود. هم‌چنین تأخیر در تاریخ کاشت سبب برخورد

گیاه با گرما، کاهش فتوسنتز و کاهش رشد سلولی و در نتیجه ارتفاع گیاه می‌شود.

رژیم آبیاری، تاریخ کاشت، چین و برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر قطر ساقه اصلی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین قطر ساقه اصلی در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک مشاهده شد (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن باعث کاهش ۵/۲ و ۱۴/۳ درصدی قطر ساقه اصلی شد. بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به قطر ساقه اصلی در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تأخیر در کاشت، باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه اصلی ارزن شد، به طوری که قطر ساقه اصلی در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه نسبت به ۲۰ خردادماه ۱۷/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). قطر ساقه اصلی در چین اول نسبت به چین دوم ۶۷ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر قطر ساقه اصلی نشان داد که بیش‌ترین قطر ساقه اصلی در چین اول - تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و ۹ اردیبهشت‌ماه و کم‌ترین قطر ساقه اصلی در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم بود (جدول ۳). با افزایش آب در دسترس گیاه و شرایط مناسب ابتدای فصل رشد، ارزن از این شرایط بهره برده و با تقسیم و توسعه سلولی مناسب قطر ساقه آن افزایش یافت. بنابراین تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش

تأثیر رژیم آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات ارزن مرواریدی

۹ اردیبهشت ماه بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد با توجه به شرایط مناسب اول فصل، گیاه از این شرایط استفاده نموده و تعداد برگ بیش‌تری تولید نموده است. گزارش شده که در تاریخ‌های کاشت زودتر طول دوره رشد رویشی نسبت به تاریخ‌های کاشت دیرتر افزایش یافته و سبب انطباق مراحل رشد گیاه با حداکثر تابش منطقه شده و گیاه فرصت کافی برای تولید برگ را دارد (Eshraghi-Nejad et al., 2011).

رژیم آبیاری و چین بر تعداد پنجه در بوته تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد پنجه در بوته مربوط به تیمارهای ۱۰۰ درصد آبیاری و کم‌ترین تعداد پنجه در بوته مربوط به ۵۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک به دست آمد (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن باعث کاهش ۱۲/۲ و ۲۴/۲ درصدی تعداد پنجه در بوته شد. به نظر می‌رسد با کم‌آبیاری، سطح برگ، جذب نور و فتوسنتز کاهش یافته که منجر به کم‌شدن تعداد پنجه نسبت به شاهد شده است. تعداد پنجه در بوته در چین اول نسبت به چین دوم ۴/۸ درصد کم‌تر بود (جدول ۲). برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر تعداد پنجه در بوته نشان داد که بیش‌ترین تعداد پنجه در بوته در چین دوم و تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه، ۹ اردیبهشت ماه و ۲۹ اردیبهشت ماه و کم‌ترین تعداد پنجه در بوته در تاریخ کاشت ۱۸ خرداد ماه و چین اول بود (جدول ۳).

ضخامت ساقه شده که این امر می‌تواند به دلیل استفاده بهتر گیاه از امکانات محیطی در کشت به موقع باشد. این نتایج منطبق بر گزارش‌های پژوهش‌گران دیگری است (Mehrpouyan & Faramarzi, 2011; Nasrabad Azari & Mirzaei, 2013).

آبیاری، چین و برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر صفت تعداد برگ در ساقه اصلی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد برگ در ساقه اصلی از تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک به دست آمد (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن باعث کاهش ۸ و ۱۲/۵ درصدی تعداد برگ در ساقه اصلی شد. گزارش شده که با کاهش میزان آبیاری، تعداد برگ تشکیل شده روی ساقه اصلی گیاه علوفه‌ای به دلیل کاهش ارتفاع ساقه، عدم تشکیل برگ‌های جدید و ریزش برگ‌های مسن کاهش می‌یابد (Mehrpouyan & Faramarzi, 2011). بیش‌ترین تعداد برگ در ساقه اصلی در تاریخ‌های کاشت ۲۰ فروردین ماه و ۹ اردیبهشت ماه و کم‌ترین تعداد برگ در ساقه اصلی در تاریخ‌های کاشت ۲۹ اردیبهشت ماه و ۱۸ خرداد ماه بود (جدول ۲). تعداد برگ در ساقه اصلی در چین اول نسبت به چین دوم ۹/۳ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر تعداد برگ در ساقه اصلی نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در ساقه اصلی در چین اول - تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه و

جدول ۴. برهم‌کنش رژیم آبیاری، تاریخ کاشت و چین بر صفات ارتفاع بوته و کارایی مصرف آب ارزن مرواریدی

| تیمار | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | صفت | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| I ₃ | | | P ₂ | | | P ₁ | | | I ₂ | | | P ₂ | | | P ₁ | | | I ₁ | | | P ₂ | | | | P ₁ | |
| P ₄ | P ₃ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | H ₂ | H ₁ | |
| ۴۱/۵ | ۵۱/۷ | ۴۹ | ۵۰/۱ | ۵۷ | ۵۸/۴ | ۵۷/۵ | ۵۵/۴ | ۵۰/۹ | ۶۴/۵ | ۶۸ | ۶۱/۶ | ۶۷/۶ | ۶۵/۷ | ۶۸/۱ | ۶۷/۲ | ۶۴/۸ | ۷۰/۸ | ۷۰/۶ | ۷۱/۸ | ۷۱/۳ | ۷۲/۷ | ۷۳/۸ | ۷۳/۱ | | | |
| ارتفاع بوته (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ۰/۵۹ | ۱/۵۲ | ۱/۴۲ | ۱/۴ | ۱/۳۳ | ۱/۶۵ | ۱/۸۹ | ۱/۹۳ | ۰/۸۸ | ۱/۳۴ | ۱/۴۳ | ۱/۱ | ۱/۳۶ | ۱/۱۹ | ۱/۴۴ | ۱/۴ | ۱/۰۴ | ۱/۲۸ | ۱/۲۷ | ۱/۳۱ | ۱/۳۲ | ۱/۳۳ | ۱/۵ | ۱/۴۸ | | | |
| کارایی مصرف آب (g m ⁻²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| j | bcd | cde | def | bc | b | a | a | i | def | bcde | gh | def | efgh | bcde | def | hi | efgh | efgh | defgh | efld | def | bcde | bcde | | | |

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

I₁, I₂ و I₃ به ترتیب تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه براساس تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه P₁, P₂, P₃ و P₄ به ترتیب تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه، ۹ اردیبهشت ماه، ۲۹ اردیبهشت ماه و ۱۸ خرداد ماه H₁ و H₂ به ترتیب چین اول و دوم

به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل رشد مطلوب‌تر بوته‌ها در چین اول تاریخ‌های کاشت ۲۰ فروردین‌ماه، ۹ اردیبهشت‌ماه و ۲۹ اردیبهشت‌ماه نسبت به چین دوم این تاریخ‌های کشت و کاهش تخریب هورمون اکسین، غالبیت جوانه انتهایی افزایش یافته و در نتیجه تعداد پنجه کاهش یافته باشد. اگرچه نتایج Mousavi *et al.* (2006) نشان داد که آبیاری اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه در بوته ارزن نوتریفید در چین اول و دوم نداشت، اما Nasrabad Azari & Mirzaei (2012) گزارش کردند که تاریخ‌های کاشت اول و ۱۵ خردادماه و هم‌چنین اول تیر از نظر تعداد پنجه وضعیت مناسب‌تری نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه داشتند.

۳.۳. وزن خشک

رژیم آبیاری، چین و برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر وزن خشک برگ تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک برگ در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک دیده شد (جدول ۲). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن باعث کاهش ۲۴ و ۳۹ درصدی وزن خشک برگ شد. بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن خشک برگ در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تأخیر در کاشت، باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ ارزن شد، بیش‌ترین وزن خشک برگ در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و کم‌ترین آن در تاریخ کاشت ۲۹ اردیبهشت‌ماه و ۱۸ خردادماه دیده شد (جدول ۲). وزن خشک برگ در چین اول نسبت به چین دوم ۱۷/۵ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر وزن خشک برگ نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک برگ در چین‌های اول و دوم - تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و کم‌ترین وزن خشک برگ در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم بود (جدول ۳).
اثر ساده رژیم آبیاری، تاریخ کاشت، چین، چین در

آبیاری و هم‌چنین برهم‌کنش تاریخ کاشت در چین بر عملکرد ماده خشک تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن باعث کاهش ۲۷/۷ و ۴۲/۹ درصدی عملکرد ماده خشک شد. بررسی مقایسه میانگین‌های مربوط به عملکرد ماده خشک در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که تأخیر در کاشت، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ماده خشک ارزن شد، بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و کم‌ترین آن در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه دیده شد. ضمن این که بین تاریخ کاشت ۹ اردیبهشت‌ماه و ۲۹ اردیبهشت‌ماه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). عملکرد ماده خشک در چین اول نسبت به چین دوم ۶/۷ درصد بیش‌تر بود (جدول ۲). برهم‌کنش تاریخ کاشت و چین بر عملکرد ماده خشک نشان داد که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در چین اول و تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و کم‌ترین عملکرد ماده خشک در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم بود (جدول ۳). با توجه به اهمیت دست‌یابی به بهترین اطلاعات در خصوص تشخیص بهترین تاریخ کاشت، مجموع عملکرد ماده خشک در مجموع دو چین جداگانه تجزیه شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در مجموع دو چین مربوط به تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی ارزن و تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه (۱۵۳۹ گرم در مترمربع) و کم‌ترین عملکرد ماده خشک در مجموع دو چین مربوط به تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی ارزن و تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه (۵۲۴ گرم در مترمربع) بود (جدول ۵).
در بررسی اثر چهار تیمار آبیاری بر عملکرد ارزن نوتریفید مشخص شد که عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفته و بین شدت کمبود آب اعمال شده با کلیه صفات مذکور همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Nakhoda & Hashemi Dezfuli, 2000).

تأثیر رژیم آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد ماده خشک و برخی صفات ارزش مروری

جدول ۵. برهم‌کنش آبیاری و تاریخ کاشت بر مجموع عملکرد ماده خشک (گرم در مترمربع) در مجموع دوچین ارزش مروری

| I ₃ | | | | I ₂ | | | | I ₁ | | | | تیمار | صفت |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----|
| P ₄ | P ₃ | P ₂ | P ₁ | P ₄ | P ₃ | P ₂ | P ₁ | P ₄ | P ₃ | P ₂ | P ₁ | | |
| ۵۲۴i | ۷۲۲h | ۸۴۰gh | ۹۸۶de | ۸۳۶f | ۹۷۲de | ۹۸۰de | ۱۱۰۳cd | ۱۱۶۳c | ۱۳۲۲b | ۱۳۵۹b | ۱۵۳۹a | عملکرد ماده خشک | |

میانگین‌های صفاتی که در هر ستون دارای حروف مشابه می‌باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

محدودیت‌های دمای آخر فصل و کاهش طول روز و در نتیجه تابش خورشید، فرصت کافی برای فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی نداشته و در نتیجه عملکرد ماده خشک آن کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد. هم‌چنین تأخیر در کاشت، موجب برخورد گیاه با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی شده و سرعت نمو و میزان تنفس را افزایش داده و کوتاه‌شدن طول دوره رشد نیز کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت. این استدلال منطبق بر نتایج پژوهش‌گران Hashempur Baltork *et al.*, 2016; Khazaei *et al.*, 2018).

۴.۳. کارایی مصرف آب

اثر ساده رژیم آبیاری، تاریخ کاشت، چین و هم‌چنین برهم‌کنش آبیاری در تاریخ کاشت، آبیاری در چین، تاریخ کاشت در چین و آبیاری در تاریخ کاشت در چین بر کارایی مصرف آب تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). برهم‌کنش آبیاری، تاریخ کاشت و چین بر کارایی مصرف آب نشان داد که بیش‌ترین کارایی مصرف آب در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی ارزش و تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه و چین اول و دوم مشاهده شد. کم‌ترین کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم در شرایط ۵۰ درصد تأمین آب موردنیاز ارزش مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به این‌که در شرایط کمبود آب، میزان آب در اختیار ارزش از تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه کم‌تر می‌شود، بنابراین کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با تأخیر در کاشت و کاهش میزان تولید ماده خشک، کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد.

کمبود آب از طریق کاهش میزان جذب آب و عناصر غذایی باعث پژمردگی و جمع‌شدن پهنک برگ و کاهش سطح برگ و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شده که این عوامل سطح برگ گیاه را کاهش داده (Ngugi *et al.*, 2013) و در نهایت منجر به کاهش عملکرد ماده خشک می‌شوند (Hajinia & Ahmadvand, 2017; Zabet *et al.*, 2015). گزارش شده که در تاریخ‌های کاشت مختلف طولانی‌بودن دوره رویش موجب استفاده مطلوب از نور خورشید و دما شده که به گیاه اجازه می‌دهد که با فتوسنتز بهتر کارایی مصرف آن‌ها را افزایش داده و موجب گسترش بهتر سطح برگ شوند (Safari *et al.*, 2008).

هم‌چنین گزارش شده که کاهش ظرفیت فتوسنتزی و رشد رویشی، علت اصلی کاهش عملکرد ماده خشک در چین دوم است (Safae Torghabeh *et al.*, 2018). تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه در تمام سطوح آبیاری بیش‌ترین عملکرد ماده خشک و در تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه کم‌ترین عملکرد ماده خشک را داشت. با توجه به این‌که در تاریخ‌های کاشت مختلف میزان تابش ورودی متفاوت است، بنابراین طولانی‌بودن طول دوره رویش در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه به دلیل استفاده مطلوب از تابش، دما و دیگر عوامل محیطی مناسب به گیاه اجازه می‌دهد که ماده خشک بیش‌تری را در اندام‌هایی چون ساقه و برگ‌ها ذخیره نموده که باعث افزایش عملکرد ماده خشک در چین اول-تاریخ کاشت ۲۰ فروردین‌ماه می‌شود. به نظر می‌رسد که در اواخر فصل رشد (تاریخ کاشت ۱۸ خردادماه و چین دوم)، گیاه ارزش به دلیل کوتاه‌ترشدن دوره رویشی، تحت تأثیر

۲۴/۴ درصد در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت. هم‌چنین این کاهش در شرایط تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲/۲۴ و ۶۷۹/۴ بود. به عبارت دیگر در صورتی که میزان آب در دسترس ۵۰ درصد نیاز ارزن باشد با تأخیر در کاشت عملکرد ماده خشک تقریباً به نصف تقلیل و غیرقابل توجیه خواهد شد. با کاهش مقدار آبیاری، کارایی مصرف آب افزایش و با تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب کاهش یافت. به طوری که بیش‌ترین کارایی مصرف آب از تأمین ۵۰ درصد آب مورد نیاز ارزن و در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه به دست آمد. تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه در همه سطوح آبیاری باعث حداکثر عملکرد ماده خشک ارزن مرواریدی در چین اول و دوم می‌شود. در صورت از دست دادن این فرصت می‌توان با در نظر گرفتن میزان کاهش عملکرد ماده خشک نسبت به فروردین ماه، تا پایان اردیبهشت ماه اقدام به کشت ارزن نمود. به طور کلی، نتایج نشان داد که کاهش میزان آبیاری تأثیر منفی قابل توجهی بر عملکرد ماده خشک ارزن داشته و هم‌چنین عدم انتخاب تاریخ کاشت مناسب، کشت ارزن را غیرقابل توجیه می‌نماید. بنابراین با تأمین ۷۵ درصد آب مورد نیاز ارزن مرواریدی و کاشت در تاریخ ۲۰ فروردین ماه می‌توان با ذخیره ۲۵ درصدی میزان آب مصرفی، عملکرد ماده خشک قابل قبولی تولید نمود.

۵. تشکر و قدردانی

از همکاری مدیریت و کارکنان مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند که در اجرای این پروژه تحقیقاتی همکاری صمیمانه داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

این نتایج با دست‌آوردهای پژوهش‌گران دیگر مطابقت دارد (Heidari Zooleh *et al.*, 2011; Keshavars *et al.*, 2013;) (Khazaee *et al.*, 2018).

۴. نتیجه‌گیری

افزایش طول دوره رشد رویشی در تاریخ‌های کاشت ابتدایی نسبت به تاریخ‌های کاشت تأخیری سبب شد تا گیاه ارزن در این تاریخ‌های کاشت از دمای مناسب و حداکثر تابش منطقه، حداکثر استفاده را برد. به همین دلیل بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و تعداد پنجه در بوته، وزن خشک برگ، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه و در تمام سطوح آبیاری در مجموع دو چین مشاهده شد. ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب در چین اول نسبت به چین دوم بیش‌تر بود که به نظر می‌رسد کاهش دما، تابش خورشید و طول روزها در انتهای فصل رشد باعث آن شده باشد. به همین دلیل نیز چین دوم در تاریخ کاشت ۲۰ خردادماه بیش‌ترین محتوی نسبی آب برگ و کم‌ترین مقدار عملکرد ماده خشک را نشان داد. صفت پنجه‌زنی در چین دوم بیش‌تر از چین اول بود، اما نتوانست کاهش عملکرد ماده خشک ناشی از کاهش طول دوره رشد و تغییر شرایط محیطی مناسب را جبران نماید. بررسی میزان عملکرد ماده خشک بین تاریخ کاشت ۹ و ۲۹ اردیبهشت‌ماه نشان داد که بین این دو تاریخ کاشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین تأمین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز ارزن باعث بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در همه تاریخ‌های کاشت شد اما با تأخیر در کاشت (۱۸ خردادماه) عملکرد ماده خشک در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد کاهش یافت و مشابه تأمین ۷۵ درصد آب مورد نیاز ارزن در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین ماه شد. با تأخیر در کاشت ارزن از ۲۰ فروردین ماه به ۱۸ خردادماه عملکرد ماده خشک ارزن

۷. منابع

- Alizadeh, A. (2002). *Soil, water, plant relationship*. (3rd ed.). Mashhad. Ferdowsi University, 353 pp. (in Persian)
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- Caliskan, S., Arslan, M. E., & Arioglu, H. 2008. Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. *Field Crops Research*, 105, 131-140.
- Eshraghi-Nejad, M., Kamkar, B., & Soltani, A. (2011). The effect of sowing date on yield of millet varieties by influencing on phenological periods duration. *Electronic Journal of Crop Production*, 4(2), 169-188. (in Persian)
- Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M., Farokhzadeh Khoee, R., Seghatoleslami, M. J., & Moosavi, G. R. (2013). Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agronomy Journal*, 105(4), 1-9.
- Ghasemi, A., Khazaei, M., & Fanai, H. R. (2019). Effect of drought stress on yield and some physiological characteristics of foxtail millet (*Setaria italica* L.) in different planting dates. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(2), 401-413. (in Persian)
- Giovanni, P., Jonghan, K., Marek, T., & Howell, T. (2009). Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. *Agricultural Water Management*, 96, 1698-1704.
- Hajinia, S., & Ahmadvand, G. (2017). Effect of light radiation absorption and its use efficiency in intercropping of soybean and millet under water deficit stress. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(4), 721-742. (in Persian)
- Hasheminejad, S., Alizadeh, O., Amiri, B., & Esfandiari, M. (2017). The effects of drought Stress and different sowing date on some quantitative and qualitative characteristics of three corn hybrids (*Zea mays* L.) in the region of north of Khuzestan. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 2, 15-27.
- Hashempur Baltork, F., Majidian, M., Esfahani, M., & Rabiei, B. (2016). Effect of sowing date on yield and some physiological index six forage maize cultivars in Rasht region. *Journal of Plant Process and Function*, 4(14), 151-164. (in Persian)
- Heidari-zooleh, H., Jahansooz, M. R., Yunusa, I., Hosseini, S. M. B., Chaichi, M. R., & Jafari, A. A. (2011). Effect of alternate irrigation on root-divided Foxtail Millet. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 205-213.
- Howell, T. A., Evett, S. R., Tolk, J. A., Copeland, K. S., Colaizzi, P. D., & Gowda, P. H. (2008). Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. *World Environmental and Water Resources Congress*, 10(1): 886-889.
- Kanton, R. A. L., Asungre, P. E. Ansoba, Y., Inusah, I. Y., Bidzakin, J. K., Abubakari M., Toah, P., Haggan, L., Totoe, C., & Akum, F. A. (2015). Evaluation of pearl millet varieties for adaptation to the semi-arid agro-ecology of northern Ghana. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 3(1), 1-11.
- Keshavars, L., Farahbakhsh, H., & Golkar, P. (2013). Effects of different irrigation and superabsorbent levels on physio-morphological traits and forage yield of Millet. *American-Eurasian Journal Agriculture and environment Science*, 13(7), 1012-1018.
- Khazaei, M., Galavi, M., Dahmardeh, M., Moosavi-Nik, S. M., Zamani, Gh., & Mahdi-Nejad, N. (2018). Effect of drought stress on water use efficiency and its components in several genotypes and cultivars of foxtail millet (*Setaria italica* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(1), 113-124. (in Persian)
- Krishna, R.A.O.B., Kumar, G., Kurothe, R.S., Pandey, V., Mishra, P.K., Vishwakarma, A. K., & Baraiya, M. J. (2012). Determination of crop coefficients and optimum irrigation schedules for bidi tobacco and pearl millet crops in central Gujarat. *Journal of Agrometeorology*, 14(2), 123-129.
- Mashayekhi, S., Khajoeinejad, Gh., & Mohammadinejad, Gh. (2016). Evaluation of yield and yield components of different millet genotypes under two irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(1), 120-132. (in Persian)
- Mehrpuoyan, M., & Faramarzi, A. (2011). The effect of different water deficit levels on yield and water use efficiency of forage millet and sorghum. *Plant and Ecosystem*, 7(26), 60-71.
- Mousavi, S. G., Noor Mohammadi, G., Heidari Sharifabad, H., & Darvish, F. (2006). The impact of water consumption and nitrogen fertilizer on the yield and morphological characteristics of forage millet. *9th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding, Karaj, Seed and Plant Improvement Institute*. (in Persian)
- Nakhoda, B., & Hashemi Dezfouli, A. (2000). Study of water deficit stress on forage yield and quality characters in forage millet (*panicum miliacum* cv. Notrifeed). *Agricultural Science* 31, 701-712. (in Persian).

- Nasrabad Azari, A., & Mirzaei, M. R. (2013). Effect of sowing date on grain yield and yield components of foxtail millet (*Setaria italica*) Promising Lines. *Seed and Plant Production Journal*, 28(2), 95-105. (in Persian)
- Rostamza, M., Chaichi, M. R., Jahansouz, M. R., & Alimadadi A. (2011). Effects of water stress and nitrogen fertilizer on multi-cut forage pearl millet yield, nitrogen, and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 98, 1607-1614. (in Persian)
- Safae Torghabeh, M., Azari, A., Dashti, H., & Madah Hoseini, S. H. (2018). Effects of water stress on morphophysiological characteristics of millet (cv. Nutrifid) and sorghum (cv. Speedfeed) at different harvests. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(4), 69-82. (in Persian)
- Safari, F., Galeshi S., Torbati nejad, N. M., & Mosavat, S. A. (2008). The effect of sowing date and plant density on forage yield of foxtail millet (*Setaria italica*). *Journal Agricultural Science and Natural Resources*, 15(5), 22-36. (in Persian)
- Siddig A. M. A., Adam, K. I., Bahar, A. H., & Hassan, T. A. (2013). Effect of Sowing Date and Variety on Growth and Yield of Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum* L.) Grown on Two Soil Types Under Rain - Fed Condition at Zalingei Area in Sudan. *ARPN Journal of Science and Technology*, 3(4), 340-344.
- Singh, D., Dubey A., & Verma, A. K. (2018). Evaluation of morphological and physiological parameters during drought stress in Barnyard millet growing in Kumaun region of Himalayan. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 6(3), 64-85.
- Soleymani, A. A., Kamkar, B., Zeynli, A., & Mokhtarpour, H. (2011). Effect of planting date and harvest height on forage quality characteristics of millet notrifeed. *Electronic Journal of Crop Production*, 3(4), 143-160. (in Persian)
- Tabatabaei, S. A., & Mir Vakili, S. M. (2012). The effects of drought stress and planting date on the yield and efficiency of nutritive millet water use. *12th Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding Sciences*.
- Tabatabaei, S. A., & Shakeri, E. (2017). Effect of planting date and row spacing on some phenological, morphological, yield and yield components of millet varieties. *Journal of Agricultural Research*, 8(4), 295-315. (in Persian)
- Tadayn, M. R., & Karimzadeh Sorshjani, H. (2017). Effect of zeolite on physiological and biochemical characteristics of millet (*Panicum miliaceum*) in water deficit conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 48(2), 443-452. (in Persian)
- Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., & Moosavi, S. G. (2015). Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 7(2), 187-194. (in Persian)