نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۹۷-۸۵

The Effect of Transplanting, Planting Arrangement and Plant Density on forage corn Yield and Yield Components in Delayed Cultivation Conditions

Mehdi Mottaghi

Received: 18 January 2023 Accepted: 31 August 2023
Assist. Prof., Horticulture Crops Research Dept, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.
*Corresponding Author Email: m.motaghi@areeo.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The present study was performed to determine the effect of planting arrangement and plant density in transplanting method on forage corn yield and yield components and water consumption indicators for delayed cultivation in Hamadan province.

Materials and Methods: This study was carried out as split-plot factorial based on randomized complete block design at the Ekbatan station of Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan. The planting arrangement in three levels including a one- row with spacing of 70 cm, two- row with spacing of 70 cm and two- row with spacing of 140 cm as the main factor and plant density in three levels including 85000, 110000 and 135000 plants per hectar, along with the planting method in two levels, including direct seed cultivation and transplanting were considered as secondary factors.

Results: The highest yield of fresh forage with 75661 and 72359 $kg.ha^{-1}$ belonged to the planting arrangments of two- row with spacing of 70 and 140 cm, respectively. However, the highest values of protein yield (2694.78 $kg.ha^{-1}$), ear to fresh forage weight ratio (33.53 %), as well as water use efficiency and economic water productivity (22.33 $kg.m^{-3}$ and 10048.9 $toman.m^{-3}$ of water) were belonged to the planting arrangement of two-row with spacing of 140 cm. Among the different plant densities, the density of 110000 plants per hectar, despite the relatively lower values of fresh and dry forage compared to the density of 135000 plants, in terms of the ear to fresh forage weight ratio and protein content (32.80 and 12.54 %, respectively) and protein yield (2789.86 $kg.ha^{-1}$) was superior to the density of 135000 plants which indicated its high nutritional value for livestock. Appropriate values of height and diameter of stem (273.13 and 2.65 cm, respectively) in the density of 110000 plants can maintain plant resistance against lodging. The transplanting showed higher quantities of fresh and dry forage and protein yield (72160, 22066 and 2585 $kg.ha^{-1}$, respectively) compared to direct seeding, also, it improved the amount of water use efficiency (WUE) and economic water productivity by 19.3 and 19.2 %, respectively.

Conclusion: In the conditions of delayed cultivation of forage corn, transplanting under the density of 110000 plants per hectar in the planting arrangement of two- row with spacing of 140 cm, in addition to maintaining the resistance of plants against lodging, caused harvesting forage with high yield and optimal nutritional value before the autumn cold and significantly increased the water use efficiency.

Keywords: Economic Water Productivity, Ear to Fresh Forage Weight Ratio, Protein Yield, Two- Row Arrangement, Use Efficiency Water

DOI: 10.22034/saps.2023.54990.2976

تأثیر نشاکاری، آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در شرایط کشت تأخیری

مهدی متقی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۹
استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: m.motaghi@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف: این تحقیق با هدف تعیین اثرگذاری آرایش کاشت و میزان تراکم بوته در شرایط کشت نشایی بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه تولیدی و شاخص‌های مصرف آب در کشت تأخیری ذرت در استان همدان انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده فاکتوریل برپایه بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان اجرا شد. آرایش کاشت در سه سطح شامل یک ردیفه معمول با فاصله کاشت بین ردیف ۷۰ سانتیمتر، ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه و ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه به عنوان عامل اصلی و تراکم بوته در سه سطح شامل ۸۵۰۰۰، ۱۱۰۰۰۰ و ۱۳۵۰۰۰ بوته در هکتار، به همراه شیوه کاشت در دو سطح، شامل کشت مستقیم بذر و کشت نشایی به‌عنوان عوامل فرعی در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها: بیشترین میزان عملکرد علوفه تر به ترتیب با ۷۵۶۶۱ و ۷۲۳۵۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به آرایش ۷۰ سانتی‌متر دوردیفه و آرایش ۱۴۰ سانتی‌متر دوردیفه بود. با این همه، بالاترین مقادیر عملکرد پروتئین (۲۶۹۴/۷۸ کیلوگرم در هکتار)، نسبت وزن بلال به علوفه تر (۳۳/۵۳ درصد) و همچنین کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آن (به ترتیب ۲۲/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱۰۰۴۸/۹ تومان بر مترمکعب آب) متعلق به آرایش ۱۴۰ سانتی‌متر دوردیفه به دست آمد. در میان تراکم‌های مختلف، تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار علیرغم کمتر بودن نسبی مقادیر عملکرد تر و خشک آن در مقایسه با تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته، از نظر مقادیر نسبت وزن بلال به علوفه تر و میزان پروتئین (به ترتیب ۳۲/۸۰ و ۱۲/۵۴ درصد) و عملکرد پروتئین (۲۷۸۹/۸۶ کیلوگرم در هکتار) برتر از تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته بود که نشان دهنده ارزش غذایی بالای علوفه آن برای دام بود. مقادیر مناسب ارتفاع و قطر ساقه (به ترتیب ۲۷۳/۱۳ و ۲/۶۵ سانتیمتر) در تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته، از مقاومت نسبی آن به ورس حکایت داشت. بهره گیری از کشت نشایی، سبب دستیابی به مقادیر بالاتر علوفه تر و خشک و عملکرد پروتئین (به ترتیب ۷۲۱۶۰، ۲۲۰۶۶ و ۲۵۸۵ کیلوگرم در هکتار) و بهبود کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آن به ترتیب به میزان ۱۹/۳ و ۱۹/۲ درصد در مقایسه با کشت بذری گردید.

نتیجه گیری: در شرایط کشت تأخیری، نشاکاری ذرت علوفه‌ای تحت تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه، می تواند علاوه بر حفظ مقاومت بوته ها به ورس، عامل برداشت علوفه با عملکرد بالا و ارزش غذایی مطلوب پیش از وقوع سرمای پاییزه باشد که این امر همراه با افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب است.

واژه‌های کلیدی: آرایش دوردیفه، بهره‌وری اقتصادی آب، عملکرد پروتئین، کارایی مصرف آب، نسبت وزن بلال به علوفه

مقدمه

محدودیت منابع آبی در استان همدان سبب شده است که علیرغم دماهای پایین شبانه در فصول گرم سال، سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای در بازه سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ خورشیدی بدون تغییر چندانی، در سطح حدود ۴۰ هزار هکتار باقی مانده باشد (بی‌نام ۲۰۲۱). علاوه بر مشکل کم‌آبی، زراعت ذرت در استان همدان با مشکلات دیگری نیز مواجه است. به‌عنوان مثال، عموماً کشاورزان اقدام به کشت تأخیری ذرت پس از برداشت محصولات پاییزه می کنند که با توجه به زودرس بودن سرمای پاییزه در همدان، این امر سبب محدودیت فصل رشد می‌شود که عدم توجه به آن، آثار نامطلوبی بر عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی خواهد داشت. افزون بر آن، برداشت دیرهنگام ذرت سبب تاخیر و ایجاد مشکل برای آماده سازی زمین جهت کشت گیاهان پاییزه می‌شود.آرایش کاشت در توزیع نور در کانوپی گیاهی، رقابت بین گیاهی و تعیین عملکرد نهایی موثر است. در دهه‌های اخیر جایگزینی آرایش کاشت سنتی ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه با آرایش‌های جدید، بخصوص کشت دو ردیفه بذر در فاصله ردیف ۷۰ سانتیمتر مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات نشان می‌دهد که در آرایش کشت دو ردیفه ذرت، توزیع بوته ها روی پشته به صورت متوازی الاضلاع خواهد بود که این امر فاصله و فضای مناسب تری را برای هر بوته جهت بهره گیری از نور و جذب رطوبت و کود و سایر عناصر فراهم می‌آورد که نهایتا سبب افزایش عملکرد دانه و علوفه ذرت در آرایش کاشت دو ردیفه می‌گردد. برای مثال رمضانی و همکاران (۲۰۰۹) از افزایش ۸ درصدی وزن علوفه تر تولیدی ذرت و افراسیاب و همکاران (۲۰۱۶) از افزایش ۳/۷ درصدی عملکرد دانه در آرایش کاشت دوردیفه نسبت به یک ردیفه خبر داده اند. اگرچه کشت ذرت با تراکم بالا در آرایش دوردیفه، سبب افزایش قابلیت رقابت ذرت با علف‌های هرز و در نتیجه کاهش نیاز به استفاده از علف‌کش های شیمیایی می‌شود (صفدری منفرد و همکاران ۲۰۱۳)، در صورت عدم رعایت تراکم مطلوب در کشت دو ردیفه، افزایش رقابت بین بوته ها سبب رشد بیش از حد آنها و افزایش شدید ارتفاع ساقه می‌شود که این امر در کنار کاهش قطر ساقه، سبب افزایش نسبت ارتفاع به قطر ساقه و در نتیجه افزایش حساسیت بوته به ورس می‌شود. ورس بوته با توجه به ایجاد مشکل در برداشت مکانیزه محصول، از عوامل کاهش عملکرد ذرت در واحد سطح است. علاوه بر این رشد بیش از حد ارتفاع ساقه، سبب افزایش شدید وزن ساقه و متعاقباً افزایش میزان لیگنین (از عوامل کاهنده قابلیت هضم علوفه) و کاهش نسبت وزن بلال به علوفه می‌گردد (یلماز و همکاران ۲۰۰۸). با توجه به اهمیت تعیین تراکم مناسب بوته در آرایش‌های مختلف کشت ذرت، تحقیقات مختلفی در این زمینه انجام گرفته است. رمضانی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی برهمکنش تراکم‌های ۷۰۰۰۰ و ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار با آرایش‌های کشت یک و دو ردیفه در منطقه قائم‌شهر، بیشترین عملکرد دانه ذرت را به میزان ۱۰۲۹۰ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در آرایش دو ردیفه و کمترین را به میزان ۷۹۴۲ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۷۰۰۰۰ بوته در آرایش یک ردیفه گزارش کردند. همچنین در حالی که علیپور ابوخیلی و همکاران (۲۰۱۵) تراکم ۹۰۰۰۰ بوته را برای دستیابی به حداکثر علوفه تولیدی در آرایش یک ردیفه ذرت در منطقه قراخیل استان گیلان توصیه کرده اند، شاه کرمی و رفیعی (۲۰۰۹) از امکان افزایش تراکم مطلوب تا صدهزار بوته در کشت دوردیفه ذرت دانه‌ای خبر داده‌اند.

از روش‌های موثر در افزایش عملکرد ذرت در شرایط کشت تأخیری، نشاکاری است که در مقایسه با کاشت مستقیم بذر، زمان برداشت را بسته به سن گیاهچه دو تا سه هفته کاهش داده و افزایش معنی‌داری در زودرسی گیاه ایجاد می‌کند (دی بندنتو و راتین ۲۰۰۸). سردار و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کشت نشایی ذرت باعث افزایش جذب تابش شده و گیاه سریع‌تر به شاخص سطح برگ نهایی می‌رسد. این موضوع سبب می‌شود که گیاه عملکرد بالاتری در شرایط کشت دوم (تأخیری) داشته باشد. صادقی و ماهرخ (۲۰۲۰) با اجرای آزمایشی، عملکرد دانه ذرت در دو شیوه کشت نشایی و کشت مستقیم بذر تحت شرایط کاشت تأخیری (تابستانه) را به ترتیب ۱۰۴۶۶ و ۱۰۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرده و از زودرسی محصول به میزان ۱۲ روز در کشت نشایی خبر دادند. همچنین قلخانی و همکاران (۲۰۲۲) با اشاره به افزایش میزان عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک ذرت به ترتیب به میزان ۱۵/۴ و ۱۱/۴ درصد در شرایط کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم بذر، افزایش ۱۵/۱ درصدی کارایی مصرف آب در نشاکاری را گزارش کردند. صرفه جویی

در مصرف آب، امکان کاشت حتی در شرایط نامساعد آب و هوایی، بهبود استقرار گیاهچه ها و یکنواختی بیشتر مزرعه، عدم آسیب پذیری در مقابل آفت آگروتیس و مقابله با خسارت پرندگان در مراحل ابتدایی رشد از دیگر مزایای کشت ذرت به صورت نشایی است. اگرچه معایبی همچون نیاز به سینی کاشت و افزایش مدت و هزینه کاشت (به خصوص در صورت انتقال دستی نشا به خاک مزرعه) برای کشت نشایی ذرت قابل ذکر است.

تحقیق حاضر با هدف تعیین اثرگذاری نوع آرایش کاشت و تراکم بوته در شرایط کشت نشایی بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه تولیدی و شاخص‌های مصرف آب برای کشت تأخیری ذرت در استان همدان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب کرت‌های خردشده فاکتوریل برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۹ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه و ۴۰ ثانیه عرض شمالی اجرا شد. ارتفاع ایستگاه اکباتان همدان از سطح دریا حدود ۱۷۵۰ متر بوده و این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک و سرد کوهستانی است. داده‌های هواشناسی شهرستان همدان در جدول ۱ نشان داده شده است (بی نام ۲۰۲۰). شایان ذکر است که در طول انجام آزمایش، هیچ‌گونه بارندگی موثر وجود نداشت.

جدول ۱- درجه حرارت کمینه و بیشینه در دهه‌های مختلف ماه‌های رشد و نمو ذرت طی سال ۱۳۹۹ در شهرستان همدان

ماه	دهه اول ماه		دهه دوم ماه		دهه سوم ماه	
	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	دمای کمینه (سانتی‌گراد)	دمای بیشینه (سانتی‌گراد)
تیر	۱۶/۳	۳۸/۳	۱۷/۱	۳۸/۱	۱۶/۶	۳۷/۵
مرداد	۱۵/۱	۳۶/۲	۱۴/۸	۳۷	۱۴	۳۶/۷
شهریور	۱۲/۹	۳۵	۱۱/۲	۳۳/۴	۱۰/۶	۳۲/۴
مهر	۹/۴	۲۹/۵	۷/۴	۲۷/۲		

آرایش کاشت در سه سطح شامل یک ردیفه معمول با فاصله کاشت بین ردیف ۷۰ سانتیمتر، ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه و۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه به عنوان عامل اصلی در کرت اصلی و تراکم در سه سطح شامل ۸۵۰۰۰، ۱۱۰۰۰۰ و۱۳۵۰۰۰ بوته در هکتار، به همراه شیوه کاشت در دو سطح، شامل کشت مستقیم بذر و کشت نشایی به‌عنوان عوامل فرعی به صورت فاکتوریل در کرت فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول پنج متر بود. بین کرت‌های اصلی دو ردیف نکاشت و بین کرت‌های فرعی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. هیبرید ذرت مورد استفاده، تری وی کراس میان رس ۶۴۷ بود و عملیات تهیه بستر شامل شخم، روتیواتور، دیسک و تسطیح مزرعه بود. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم فسفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در زمان کاشت به زمین اضافه شد. همچنین ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله ۸-۶ برگی هم‌زمان با آبیاری به خاک اضافه شد.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم	فسفر	کربن آلی	نیتروژن کل	شن	لای	رس	اسیدیته	هدایت الکتریکی
($mg.kg^{-1}$)		(٪)						($dS.m^{-1}$)
۳۴۸	۵	۰/۵۳	۰/۰۵	۴۹	۲۴	۲۷	۷/۸۸	۱/۰۸

ترکیب بستر کاشت نشاها شامل خاک زارعی، کود حیوانی کاملا پوسیده و ماسه بادی به نسبت ۳، ۱ و ۱ بود. سینی‌های نشا در فضای باز نگهداشته شده و روزانه یک‌بار آبیاری می‌شدند. در مرحله دو برگی، محلول‌پاشی کود نیتروژن (از منبع اوره) به میزان دو در هزار و کود کامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان سه در هزار انجام شد. گیاهچه‌ها در سن ۲۰ روزگی (چهار برگی) به زمین اصلی منتقل و بلافاصله پس از نشاکاری، آبیاری زمین انجام شد. در کشت ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه، یک نوار تیپ در کنار هر ردیف کاشت قرار داده شده و در کشت ۷۰ و ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه، یک نوار تیپ از میان دو خط کاشت مجاور که از یکدیگر ۲۰ سانتیمتر فاصله داشتند، عبور داده شد. میزان نیاز آبی بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان همدان و با در نظر گرفتن ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد محاسبه و بر اساس نتایج حاصله میزان آب آبیاری در هر آبیاری تعیین شد. وجین علف های هرز در طول رشد گیاه به طور مرتب انجام شد. جهت مبارزه با آفات کارادرینا و آگروتیس، در مرحه ۴ تا ۶ برگی ذرت از حشره‌کش لاروین به میزان یک کیلوگرم در هکتار و برای مبارزه با شته ذرت از آفت‌کش کنفیدور به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی گیاه استفاده شد.

از دو ردیف میانی هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته و قطر ساقه (در نیمه طول ساقه) اندازه‌گیری شدند. در مرحله خمیری شدن دانه (زمان مناسب برداشت ذرت علوفه‌ای)، از وسط هر کرت نمونه‌ای به مساحت چهار متر مربع برداشت و مقادیر وزن تر برگ، ساقه و بلال و مجموع وزن تر علوفه تعیین گردید. جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشکانده شده و مجدداً توزین شدند. اندازه‌گیری میزان پروتئین خام علوفه خشک با روش کجلدال انجام شد. عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب میزان پروتئین در وزن علوفه خشک به دست آمد.

با در نظر گرفتن میانگین قیمت فروش هر کیلوگرم علوفه‌تر ذرت در سال ۱۳۹۹ برابر با ۴۵۰ تومان، برای محاسبه کارایی مصرف آب (WUE= Water Use Efficiency) و بهره‌وری اقتصادی آب، از روابط زیر استفاده شد:

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{علوفه تر (kg)}}{\text{میزان آب مصرفی } (m3)} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\text{بهره‌وری اقتصادی آب} = \frac{\text{درآمد حاصل از فروش محصول}}{\text{میزان آب مصرفی } (m3)} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

(رابطه ۳) بهای فروش علوفه‌تر (تومان) × میزان علوفه‌تر (کیلوگرم در هکتار) = درآمد حاصل از فروش محصول

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت‌های معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۳ بیانگر معنی‌دار بودن اثر آرایش کاشت، تراکم بوته و شیوه کاشت بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد است. در مورد قطر ساقه، اثر ساده آرایش و شیوه کاشت در سطح پنج درصد و اثر تراکم بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. از میان آرایش‌های کاشت، آرایش ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه با ۲۶۹/۳۳ سانتیمتر از بیشترین ارتفاع بوته و در عین حال کمترین قطر ساقه (۲/۶۹ سانتی متر) نسبت به سایرین برخوردار بود (جدول ۴). بیشتر بودن طول ساقه در آرایش کاشت ۷۰ سانتیمتر دوردیفه نسبت به آرایش کاشت یک ردیفه توسط رمضانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز مورد اشاره قرار گرفته است، اگرچه آنها قطر ساقه در آرایش ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه را اندکی بیشتر از یک ردیفه اعلام کرده اند. از میان تراکم‌های مختلف بوته، بیشترین میزان تراکم (۱۳۵۰۰۰ بوته در هکتار)، حداکثر ارتفاع بوته (۲۷۳/۱۷ سانتیمتر) را نشان داد که به ترتیب حدود ۴/۷۹ و۱۰/۱۵ درصد بیشتر از ارتفاع بوته‌ها در تراکم ۱۱۰۰۰۰ و ۸۵۰۰۰ بوته بود. در مقابل، کمترین تراکم (۸۵۰۰۰ بوته در هکتار) بیشترین قطر ساقه (۲/۸۱ سانتیمتر) را نشان داد که به ترتیب حدود ۲/۹۳ و۶/۰۴ درصد بیشتر از قطر ساقه ها در تراکم ۱۱۰۰۰۰ و ۱۳۵۰۰۰ بوته بود. افزایش ارتفاع و کاهش قطر ساقه ذرت در شرایط افزایش تراکم، توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (افراسیاب و همکاران ۲۰۱۶، رحمانی و همکاران ۲۰۱۰).

نسبت بین نور قرمز (طول موج ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) و نور قرمز دور (طول موج ۷۰۰ تا ۷۵۰ نانومتر) از عوامل موثر در جذب نور توسط فیتوکروم ها و فتوسنتز بهینه گیاه است. در شرایط تراکم مناسب جامعه گیاهی، علاوه بر مقدار مطلوب نور دریافتی، نسبت بین نور قرمز و نور قرمز دور نزدیک به یک است که نشان دهنده کیفیت مناسب نور دریافتی گیاه است که سبب رشد بهینه گیاه می گردد. در شرایط تراکم بیش از حد، سایه اندازی متقابل گیاهان سبب می‌شود که گیاهانی که در زیر یا در اشکوب گیاهان دیگر رشد می کنند، نور قرمز دور بیشتری دریافت کنند که این امر سبب کاهش نسبت نور قرمز به نور قرمز دور و در نتیجه کاهش کارایی فتوسنتز گیاه می‌شود. در این شرایط گیاه برای افزایش دریافت نور قرمز، اقدام به بیوسنتز هورمون اکسین می کند که سبب افزایش ارتفاع ساقه بر اثر افزایش فاصله میانگره ها و همزمان بدلیل محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی، موجب کاهش قطر ساقه می‌گردد (راجکان و سوانتون ۲۰۰۱). ورس ساقه با طول میانگره‌ها (ارتفاع بوته) رابطه مستقیم و با قطر ساقه رابطه عکس دارد (چنگ و همکاران ۲۰۱۱) و بنابراین می‌توان گفت که در میان برهمکنش‌های مختلف سطوح آرایش کاشت و تراکم بوته، تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته در آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه از کمترین مقاومت به ورس برخوردار است. در حالی که قلخانی و همکاران (۲۰۲۲) از افزایش ارتفاع بوته و کاهش قطر ساقه در شرایط کشت نشایی خبر داده اند، صادقی و ماهرخ (۲۰۲۱) کاهش ارتفاع بوته در شرایط نشاکاری نسبت به شرایط کشت مستقیم بذر را گزارش کرده اند. در تحقیق حاضر کشت نشایی سبب کاهش حدود ۶/۸ سانتیمتری ارتفاع بوته نسبت به کشت مستقیم بذرگردید و در عین حال افزایش اندک و غیر معنی‌دار قطر ساقه به میزان ۰/۰۵ سانتیمتر را در پی داشت. لازم بذکر است که در کشت تأخیری ذرت، عموماً کشاورزان برای تسریع در رشد گیاهچه های حاصل ازکشت مستقیم بذر از مقادیر بیش از حد کود ازته استفاده می کنند که این امر خود سبب افزایش حساسیت بوته ها به ورس می‌شود. استفاده از نشاکاری در کشت تأخیری ذرت، می تواند به دلیل تسریع در زودرسی گیاه، موجب کاهش تمایل کشاورزان به استفاده بیش از حد از کودهای ازته گردد. با توجه به بادخیزبودن منطقه همدان در اواخر فصل تابستان و اوایل فصل پاییز که مصادف با اوج ارتفاع و وزن بوته ذرت است، بلند بودن بیش از حد بوته سبب افزایش حساسیت آن به ورس می‌شود که می تواند سبب کاهش قابل توجه درآمد ذرتکاران گردد. زیرا در صورت وقوع ورس، برداشت بوته‌های خوابیده توسط چاپرهای برداشت بسیار دشوار می‌شود که این امر کاهش میزان برداشت علوفه تر ذرت در واحد سطح را به دنبال دارد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اختلاف آماری بین آرایش‌ها و مقادیر مختلف تراکم بوته از نظر صفات وزن برگ، ساقه و بلال در سطح یک درصد بود (جدول ۳)، در عین حال علیرغم معنی‌دار بودن اثر شیوه های کاشت بر صفات وزن برگ و بلال در سطح یک درصد، اثر این عامل بر وزن ساقه غیرمعنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد که از نظر وزن برگ و بلال بیشترین مقادیر متعلق به آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه بود (به ترتیب ۱۵۰۰۱ و ۲۳۹۸۳ کیلوگرم در هکتار) و در مقابل آرایش ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه از بیشترین وزن ساقه (۴۰۸۶۱ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. اگرچه ساقه به دلیل ذخیره مواد فتوسنتزی در شرایط رشد زایشی، امکان تداوم تولید را در گیاه فراهم آورده و نقشی کلیدی در تولید علوفه دارد، اما به دلیل دارا بودن بافت لیگینی، مقادیر زیاد آن سبب کاهش قابلیت هضم علوفه می‌شود. در مقابل علوفه با مقادیر بالای برگ و بلال، به عنوان علوفه ایده‌آل از نظر ارزش غذایی معرفی‌شده است، زیرا بیشترین قابلیت هضم علوفه مربوط به بلال و پس از آن برگ است (آلبایراک و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به این امر می‌توان گفت که آرایش کشت ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه علوفه با ارزش غذایی بالاتری نسبت به سایر آرایش‌ها (به خصوص آرایش ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه که وزن ساقه آن نسبت به سایرین، به نحو چشمگیری بیشتر است) تولید می کند. وزن برگ، ساقه و بلال در تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته به ترتیب از افزایش ۲۹، ۴۲/۶ و ۲۸/۱ درصدی نسبت به تراکم ۸۵۰۰۰ بوته برخوردار بود. علیرغم افزایش ۲۲/۷ درصدی تعداد بوته در تراکم ۱۳۵۰۰۰، وزن برگ و ساقه به ترتیب ۱۴/۱ و ۱۵/۵ درصد نسبت به تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته افزایش پیدا کرد، درحالیکه درصد افزایش وزن بلال تنها ۸/۱ درصد بود. علت افزایش قابل توجه وزن برگ و ساقه در مقایسه با وزن بلال در مقادیر بسیار بالای تراکم بوته، افزایش شدید رشد رویشی گیاه در این شرایط است. علاوه بر این، در تراکم‌های بیش از حد، سایه اندازی برگ های بالایی روی برگ های قسمت

میانی و پایینی گیاه بیشتر می‌شود. با سایه اندازی برگ ها روی هم، میزان مواد حاصل از فتوسنتز برگ‌های تحت سایه از مقدار کربوهیدرات های مصرف شده در تنفس آنها کمتر شده (برگ‌های پایینی حالت انگلی پیدا می کنند) و در نتیجه این برگ ها به جای ارسال مواد به دانه‌ها، به صورت یک مخزن رقیب برای دانه در مصرف کربوهیدرات های ساخته شده به وسیله برگ های بالایی درآمده و بنابراین مقدار آسیمیلات های انتقالی به دانه کاهش می یابد که این امر منجر به کاهش وزن دانه و متعاقباً کاهش وزن بلال می‌شود (راجکان و سوانتون ۲۰۰۱). کشت نشایی ذرت سبب افزایش ۸/۹ و ۳/۷ درصدی وزن برگ و بلال و در مقابل کاهش ۱/۳ درصدی وزن ساقه در مقایسه با کشت مستقیم بذر گردید. افزایش وزن برگ و بلال در کشت نشایی ذرت شیرین پیش از این توسط راتین و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده بود و علت آن افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش جذب تابش خورشید و بهبود فتوسنتز و افزایش وزن دانه ها اعلام شده است. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته بر وزن برگ و بلال در سطح یک درصد و اثر متقابل آرایش کاشت و شیوه کاشت بر وزن برگ و اثر متقابل تراکم بوته و شیوه کاشت بر وزن بلال در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن برگ و بلال با به ترتیب ۱۸۱۷۲ و ۲۸۳۸۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به برهمکنش آرایش کشت ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه و تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان وزن برگ در برهمکنش‌های آرایش و شیوه کاشت، به ترتیب با ۱۵۴۷۳ و ۱۰۴۶۹ کیلوگرم درهکتار متعلق به کشت نشایی در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه و بذرکاری در آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه بود و بیشترین و کمترین میزان وزن بلال در برهمکنش‌های تراکم بوته و شیوه کاشت، نیز با به ترتیب ۱۸۵۵۸ و ۲۷۱۱۵ کیلوگرم درهکتار متعلق به کشت مستقیم بذر در تراکم ۸۵۰۰۰ بوته و کشت نشایی در تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته بود.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) بیانگر اثر معنی‌دار انواع آرایش کاشت و تراکم بوته بر میزان عملکرد علوفه تر در سطح یک درصد است، در حالی که شیوه کاشت اثر معنی‌داری بر میزان علوفه تر تولیدی نداشت. آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه با ۷۵۶۶۱ کیلوگرم در هکتار از برتری معنی‌دار از نظر عملکرد علوفه تر نسبت به سایر آرایش‌های کاشت برخوردار بود (جدول۴)، به نظر می رسد که این امر بیش از هرچیز بدلیل مقادیر بالای وزن ساقه در این آرایش کاشت است، زیرا از نظر سایر اجزای عملکرد علوفه (وزن برگ و بلال)، این آرایش کاشت از مقادیر کمتری نسبت به آرایش کاشت ۱۴۰ سانتیمتر دوطرفه برخوردار بود. باید توجه داشت که اگرچه بهره‌گیری از آرایش کاشت ۷۰ سانتیمتر دوردیفه ممکن است سود بیشتری برای کشاورز به همراه داشته باشد، اما با توجه به ارتفاع زیاد بوته و قطر کم ساقه، بوته های کشت شده در این آرایش کاشت با خطر ورس مواجه خواهند بود، همچنین مقادیر زیاد ساقه باعث کاهش ارزش غذایی آن برای دام می‌شود. تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته، با ۸۵۱۲۲ کیلوگرم در هکتار از بیشترین میزان علوفه تر تولیدی برخوردار بود و پس از آن تراکم‌های ۱۱۰۰۰۰ و ۸۵۰۰۰ بوته با به ترتیب ۷۴۱۰۸ و ۵۴۸۵۰ کیلوگرم در هکتار قرار داشتند. باید توجه داشت که در تراکم‌های بیش از حد، وزن تک بوته کاهش می یابد، اما افزایش قابل توجه تعداد بوته ها در واحد سطح، سبب افزایش نسبی وزن کل بوته های برداشتی می‌شود. عملکرد علوفه تر در کشت نشایی ۷۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و حدود ۲/۳ درصد بیشتر از عملکرد علوفه تر کشت مستقیم بذر بود. پیش از این، بهبود عملکرد بلال ذرت شیرین توسط راتین و همکاران (۲۰۱۵) و افزایش عملکرد دانه ذرت توسط صادقی و ماهرخ (۲۰۲۱) و قلخانی و همکاران (۲۰۲۲) در شرایط نشاکاری نسبت به بذرکاری گزارش شده بود.

با وجود اهمیت میزان برداشت علوفه ذرت برای کشاورزان، دامداران بیشتر به ارزش غذایی آن توجه می‌کنند (چوکان ۲۰۱۲). با توجه به اینکه بلال به دلیل حضور نشاسته در دانه ها، از ارزش غذایی بالایی برخوردار است و میزان اسید استیک و اسید لاکتیک علوفه را در طی سیلو کردن بالا می‌برد (خندانی ۲۰۱۷)، نسبت وزن بلال به علوفه تر از اهمیت بالایی برخوردار است. مطابق جدول ۳، آرایش کاشت و تراکم بوته به ترتیب در سطح پنج و یک درصد اثر معنی‌دار بر نسبت وزن بلال به علوفه تر داشته‌اند، در حالیکه اثر شیوه کاشت غیرمعنی‌دار بوده است. با توجه به اینکه نسبت مطلوب وزن بلال به علوفه تر ذرت حدود ۳۳ درصد گزارش شده است (خندانی ۲۰۱۷)، آرایش‌های کاشت ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه و ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه با به ترتیب ۳۳/۲۱ و ۳۳/۵۳ درصد، علوفه با ارزش غذایی بالاتری نسبت به آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه با نسبت ۳۱/۳۹ درصد تولید کرده اند (جدول ۴). از میان

تراکم‌های کاشت، ارزش غذایی علوفه تراکم‌های ۸۵۰۰۰ و ۱۱۰۰۰۰ بوته با نسبت وزن بلال به علوفه تر ۳۴/۴۳ و ۳۲/۸۰ درصد برتر از تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته با نسبت ۳۰/۹۰ درصد ارزیابی می‌شود. نسبت بلال به علوفه تر در کشت نشایی ۳۳ درصد و اندکی بیشتر از کشت مستقیم بذر بود که نشان دهنده بهبود نسبی ارزش غذایی علوفه در شرایط کشت نشایی بود. راتین و همکاران (۲۰۱۵) علت کمتر بودن وزن بلال (و متعاقباً نسبت وزن بلال به علوفه تر) در شرایط کشت مستقیم بذر نسبت به نشاکاری را به دلیل طولانی‌تر بودن زمان رشد رویشی در شرایط کشت بذری دانسته‌اند که سبب کاهش دوره رشد زایشی گیاه و در نتیجه فرصت محدود گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده از برگ و ساقه به بلال می‌شود.

اثر آرایش و شیوه کاشت به همراه تراکم بوته در سطح یک درصد بر عملکرد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول۳). احتشامی و همکاران (۲۰۱۳) از همبستگی مستقیم و ۸۱ درصدی میزان علوفه خشک ذرت و وزن تر بلال خبر داده‌اند. در تحقیق حاضر نیز آرایش کشت ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه که از بیشترین مقدار وزن بلال برخوردار بود با ۲۲۹۰۸ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک تولیدی، در رتبه اول قرار گرفت و پس از آن آرایش‌های ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه و یک ردیفه که از وزن بلال کمتری برخوردار بودند با به ترتیب ۲۱۹۰۴ و ۱۹۹۲۰ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). تراکم بوته ۱۳۵۰۰۰ نیز که از بالاترین وزن بلال بهره می‌برد با ۲۴۶۷۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین میزان علوفه خشک میان تراکم‌های مورد بررسی را به خود اختصاص داد و کمترین میزان نیز با ۱۷۸۲۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به تراکم ۸۵۰۰۰ بوته بود. افزایش عملکرد علوفه خشک ذرت در شرایط کشت متراکم، توسط علیپور ابوخیلی و همکاران (۲۰۱۵) مورد اشاره قرار گرفته است. کشت نشایی با ۲۲۰۶۶ کیلوگرم در هکتار برتری حدود یک درصدی نسبت به کشت مستقیم بذر نشان داد که احتمالا به دلیل مقادیر بالاتر وزن بلال آن بود. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد علوفه خشک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنانکه جدول ۵ نشان می دهد بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک با ۲۶۱۲۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به برهمکنش آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه با تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته و کمترین با ۱۶۲۱۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به برهمکنش آرایش ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته بود.

تعیین عملکرد خشک علوفه، امکان برآورد میزان رطوبت علوفه تر که از عوامل مؤثر در فرایند سیلاژ کردن علوفه است، را فراهم می‌سازد. با توجه به افزایش شدید فعالیت بیولوژیکی باکتری‌های مؤثر در تخمیر علوفه (باکتری‌های تولیدکننده اسید بوتیریک) در شرایط رطوبت بیش از ۷۰ درصد علوفه، سیلاژ ذرت با ماده خشک کمتر از ۳۰ درصد سبب تخمیر نامطلوب علوفه و اتلاف میزان قابل‌توجهی از مواد معدنی، ویتامین‌ها، قند محلول و آنزیم‌های ارزشمند گیاهی به صورت پساب و یا بر اثر تخریب باکتریایی می‌شود که در نهایت عملکرد گاو به عنوان مصرف‌کننده را کاهش می‌دهد (خندانی ۲۰۱۷). در تحقیق حاضر درصد ماده خشک آرایش‌های ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه و ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه با به ترتیب ۳۰/۱۵ و ۳۱/۶۶ درصد ماده خشک، مطلوب بود، اما ماده خشک آرایش ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه ۲۸/۹۵ درصد بود که نشان دهنده رطوبت بیش از حد علوفه حاصل بود. در میان تراکم‌های مختلف بوته، تراکم‌های ۸۵۰۰۰ و ۱۱۰۰۰۰ بوته با به ترتیب ۳۲/۵۰ و ۳۰ درصد ماده خشک، از مقادیر قابل قبول رطوبت علوفه برخوردار بودند اما درصد ماده خشک تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته حدود ۲۸/۹۸ درصد بود که کمتر از حدنصاب بود. هر دو شیوه کاشت (کشت مستقیم بذر و کشت نشایی) از مقادیر قابل قبول ماده خشک علوفه برخوردار بودند (به ترتیب ۲۹/۹۳ و ۳۰/۵۸ درصد) و بنابراین شیوه کاشت تأثیر چندانی بر درصد رطوبت علوفه برداشتی نداشت.

با توجه به قابلیت بالای هضم پروتئین و تأثیر آن بر افزایش شاخص قابلیت هضم علوفه، اندازه‌گیری درصد پروتئین علوفه به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای علوفه مورد توجه قرار دارد (چوکان ۲۰۱۲). با این همه، درصد پروتئین به تنهایی نمی‌تواند معرف قابلیت هضم علوفه باشد، زیرا ممکن است بالاتر بودن میزان پروتئین در صورت پایین بودن عملکرد علوفه خشک، کم ارزش شمرده شود و در مقابل پایین بودن میزان پروتئین و بالا بودن علوفه خشک، باعث افزایش عملکرد پروتئین در واحد سطح گردیده و در نتیجه اهمیت بیشتری داشته باشد (داربی و لاور ۲۰۰۲). میزان و عملکرد پروتئین

تحت تأثیر شیوه های مختلف کاشت و مقادیر متفاوت تراکم بوته در سطح یک درصد قرار گرفت، همچنین اثر آرایش کاشت بر درصد پروتئین و عملکرد پروتئین به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار گشت (جدول ۳). با توجه به جدول ۴، بیشترین میزان پروتئین با ۱۱/۸۸ درصد مربوط به آرایش کاشت ۷۰ سانتیمتر دو ردیفه بود و آرایش ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه با ۱۱/۶۸ درصد، از کمترین میزان پروتئین بهره مند گردید. درصد پروتئین علوفه تا حدود زیادی تابع شرایط رشدی برگ است و به نظر می رسد به دلیل به طول انجامیدن رشد رویشی در آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه، لطافت برگها بیشتر حفظ شده و عدم خشبی شدن بافتها، درصد پروتئین بالاتر را به همراه داشته است. با این همه، میزان بالای عملکرد علوفه خشک آرایش کاشت ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه سبب شده است که علیرغم مقدار نه چندان بالای درصد پروتئین این آرایش کاشت، بیشترین عملکرد پروتئین با ۲۶۹۴/۷۸ کیلوگرم در هکتار متعلق به آن باشد. در میان تراکم‌های مختلف، تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته با ۱۲/۵۴ درصد و تراکم ۸۵۰۰۰ با ۱۱/۱۷ درصد به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان پروتئین برخوردار بودند. به نظر می‌رسد که حد آستانه افزایش پروتئین علوفه در ذرت بر اثر افزایش تراکم، تعداد ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار است و در تراکم‌های بالاتر، روند افزایش پروتئین علوفه ذرت ادامه نمی یابد، همچنانکه در تحقیق حاضر میزان پروتئین تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته، ۱۱/۱۱ درصد بود. گفتنی است که تراکم‌های بیش از حد، سبب تسریع در پیری برگ‌های پایینی می‌شود که این امر سبب خشبی شدن آنها و کاهش درصد پروتئین علوفه می‌گردد. علاوه بر این سایه و تراکم بالا، مقدار آنزیم نیترات ردااکتاز که آنزیم مهمی در سنتز اسیدهای آمینه است را کاهش می‌دهد که این امر نیز بر کاهش درصد پروتئین خام ذرت اثرگذار است (راجکان و سوانتون ۲۰۰۱). درصد بالای پروتئین تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار سبب شد که علیرغم میزان نه چندان بالای عملکرد علوفه خشک، این تراکم با ۲۷۸۸/۳۹کیلوگرم در هکتار، بالاترین میزان عملکرد پروتئین را به خود اختصاص دهد. از میان روش های کاشت، میزان پروتئین علوفه بذرکاری با ۱۱/۸۴ درصد، ۰/۱۱ واحد بیشتر از نشاکاری بود. با این همه، بالا بودن میزان علوفه خشک کشت نشایی سبب شد که میزان عملکرد پروتئین آن با ۲۵۸۴/۷۲ کیلوگرم در هکتار حدود ۳/۶۷ درصد بالاتر از کشت بذری باشد. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته بر درصد پروتئین و عملکرد آن به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار گشت (جدول ۳). در حالی که بیشترین میزان پروتئین و عملکرد آن با به ترتیب ۱۲/۶۸ درصد و ۲۹۸۱/۰۴ کیلوگرم در هکتار متعلق به تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه بود، کمترین میزان پروتئین با ۱۱ درصد متعلق برهمکنش تراکم ۱۳۵۰۰۰بوته و آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه و کمترین میزان عملکرد پروتئین مربوط برهمکنش تراکم ۸۵۰۰۰ بوته و آرایش ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه با ۱۸۷۵/۸۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

کارایی مصرف آب، نسبت میزان علوفه تر تولیدی به آب مصرفی و بهره‌وری اقتصادی آب نسبت درآمد حاصل از فروش محصول به آب مصرفی را نشان می دهند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آرایش و شیوه کاشت و همچنین تراکم بوته بر روی صفات کارایی مصرف و بهره‌وری اقتصادی آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). علیرغم برتری نسبی عملکرد علوفه تر آرایش ۷۰ سانتیمتر دوردیفه نسبت به سایر آرایش‌های کاشت، آرایش کاشت ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه به دلیل کاهش قابل توجه مصرف آب، با ۲۲/۳۳ کیلوگرم علوفه ذرت بر مترمکعب آب بیشترین میزان کارایی مصرف آب و به تبع آن با حدود ۱۰۰۴۹ تومان بر مترمکعب آب بیشترین میزان بهره‌وری اقتصادی آب را به خود اختصاص داد و پس از آن آرایش‌های ۷۰ سانتیمتری دو و یک ردیفه با به ترتیب ۱۰/۸۵ و ۹/۴۷ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب از نظر کارایی مصرف آب و ۴۸۸۱ و ۴۲۶۱ تومان بر مترمکعب آب از نظر بهره‌وری اقتصادی آب قرار گرفتند (میانگین مصرف آب در آرایش‌های ۷۰ سانتیمتری یک و دوطرفه برابر با ۷۰۰۰ مترمکعب و در آرایش ۱۴۰ سانتیمتری دو طرفه ۳۳۰۰ مترمکعب بود). مقادیر بالای عملکرد علوفه تر در تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته سبب گردید که این تراکم، بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۱۶/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب (و بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب با ۷۶۳۸ تومان بر مترمکعب آب) را نشان دهد و تراکم‌های ۱۱۰۰۰۰ و ۸۵۰۰۰ بوته با به ترتیب ۱۴/۸۶ و ۱۰/۸۰ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب (و ۶۶۸۹ و ۴۸۶۳ تومان بر مترمکعب آب) از نظر کارایی مصرف و بهره‌وری اقتصادی آب در رتبه‌های بعدی قرار گیرند (میانگین

مصرف آب برای تمامی تراکم‌های بوته برابر و معادل ۵۷۶۷ مترمعکب در هکتار بود). همچنانکه انتظار می‌رفت عدم نیاز کشت نشایی به دو دور اول آبیاری و بالاتر بودن عملکرد علوفه تر آن سبب شد که نشاکاری با کارایی مصرف آب برابر با ۱۵/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب و بهره‌وری اقتصادی آب برابر با ۵۷۱۸ تومان بر مترمکعب آب، از نظر صفات فوق الذکر، به ترتیب ۳/۰۳ کیلوگرم و ۱۳۶۲ تومان بر متر مکعب آب برتر از کشت بذری باشد (میانگین آب مصرفی برای کشت های بذری و نشایی به ترتیب ۶۱۶۷ و ۵۳۶۷ مترمکعب در هکتار بود). افزایش کارایی مصرف آب در شرایط کشت نشایی ذرت دانه‌ای نسبت به کشت بذری، توسط قلخانی و همکاران (۲۰۲۲) مورد اشاره قرار گرفته بود. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته و همچنین اثر متقابل آرایش کاشت و شیوه کاشت بر کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در میان برهمکنش‌های آرایش کاشت و تراکم بوته، از نظر مقادیر کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آن، تفاوت معنی‌داری میان تراکم‌های ۱۱۰۰۰۰ و ۱۳۵۰۰۰ در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه مشاهده نشد و این دو برهمکنش، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص دادند و کمترین مقادیر صفات یاد شده با به ترتیب ۷/۲۶ کیلوگرم و ۳۲۶۷ تومان بر متر مکعب آب مربوط به تراکم ۸۵۰۰۰ بوته در آرایش ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه بود (جدول ۵). در میان برهمکنش‌های آرایش و روش کاشت، بیشترین مقادیر کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آن با به ترتیب ۲۵/۶۶ کیلوگرم و ۱۱۵۴۸/۱ تومان بر متر مکعب آب مربوط به کشت نشایی در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه بود و کمترین مقادیر نیز با به ترتیب ۸/۹۲ کیلوگرم و ۴۰۱۲/۹ تومان بر متر مکعب آب مربوط به کشت مستقیم بذر در آرایش ۷۰ سانتیمتر یک ردیفه بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی هیبریدهای ذرت علوفه‌ای تحت آرایش‌های کاشت، تراکم‌های بوته و روش‌های مختلف کاشت در کشت تأخیری

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن برگ	وزن ساقه	وزن بلال	عملکرد علوفه تر	نسبت وزن بلال به علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	کارایی مصرف آب	بهره‌وری اقتصادی آب
تکرار	۲	۵۵/۰۵	۰/۰۱۶	۷۶۷۲۴	۲۰۹۸۹۸۰۷	۱۹۶۵۵۶۰	۱۱۳۸۳۶۸۸	۹/۵۱	۱۷۴۱۸۷۵	۰/۰۲۸	۳۳۶۵۲/۰۱	۱/۵۸	۳۱۸۲۸۱
آرایش کاشت	۲	۱۰۳۷/۱۷**	۰/۰۳۵*	۷۱۱۳۸۲۰۱**	۳۹۱۱۰۱۱۸۳**	۲۱۱۷۶۸۶۱**	۴۲۸۲۷۳۵۰۹**	۲۴/۰۱*	۴۱۶۱۳۰۰۴**	۰/۱۸۲*	۶۷۷۴۹۱/۱۲**	۸۹۷/۵۱**	۱۸۱۷۸۳۹۷۱**
خطای اصلی	۴	۴۸/۶۴	۰/۰۰۳	۱۶۲۲۴۹	۱۶۳۳۱۲۰۳	۲۱۱۳۶۶	۱۹۷۰۸۳۲۲	۱/۸۴	۲۷۱۵۲	۰/۰۱۴	۹۲۴/۲۸	۱/۹۹	۴۰۳۱۳۱
تراکم بوته	۲	۲۸۵۰/۱۷**	۰/۱۱۵**	۱۱۶۰۱۲۲۳۵**	۱۴۵۲۲۶۰۴۰۵**	۲۶۲۹۳۹۶۵۰**	۴۲۲۵۸۰۹۰۲۷**	۵۶/۳۵**	۲۱۶۸۲۳۹۲۸**	۰/۳۲۷**	۲۷۷۶۸۳۰/۲۰**	۱۷۶/۹۴**	۳۵۸۰۸۷۴۷**
شیوه کاشت	۱	۶۲۰/۱۷**	۰/۰۳۵*	۱۹۱۶۳۷۸۸**	۲۷۶۲۱۷۴ns	۱۰۰۱۹۸۹۱**	۳۴۵۸۵۶۰۵ns	۴/۴۷ns	۱۲۹۰۵۶۸۸**	۰/۱۵۹**	۱۱۲۸۱۳/۲۰**	۱۲۳/۸۲**	۲۵۰۵۲۸۴۷**
آرایش کاشت× تراکم بوته	۴	۶/۱۷ns	۰/۰۰۹ns	۳۲۰۹۲۳۱**	۱۴۱۱۷۴۸۸ns	۱۱۱۸۷۵۴۱**	۳۱۲۷۱۳۳۹ns	۵/۹۹ ns	۹۸۹۸۷۵*	۰/۱۱۷**	۱۲۰۹۸/۷۶*	۲۰/۷۰**	۴۱۹۱۶۶۶**
آرایش کاشت× شیوه کاشت	۲	۷/۵۸ns	۰/۰۰۲ns	۵۳۱۳۷۲*	۲۰۸۱۱۱۷۷ns	۲۸۲۸۲۹ns	۲۱۶۶۷۶۰۸ns	۱/۱۱ns	۸۷۸۴۸۶ ns	۰/۰۰۳ns	۹۹۴۲/۷۶ ns	۴۴/۷۰**	۹۰۴۵۶۸۹**
تراکم بوته × شیوه کاشت	۲	۲۹/۴۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۴۵۷۱۷ns	۱۳۲۶۱۴۹۱ ns	۲۲۲۴۱۸۴*	۸۷۰۵۲۰۳ns	۵/۳۲ns	۸۶۶۷۸۸ ns	۰/۰۰۹ns	۱۰۲۳۳/۶۵ ns	۳/۲۶ns	۶۶۰۱۸۳ns
آرایش کاشت× تراکم بوته× شیوه کاشت	۴	۷/۶۷ns	۰/۰۰۱ ns	۲۵۳۱۳۷ns	۱۵۷۹۲۱۵۴ ns	۱۳۷۷۲۶ns	۱۳۹۳۶۸۳۰ns	۱/۸۹ns	۴۵۸۵۵۳۰ ns	۰/۰۰۶ns	۳۷۷۹/۰۶ns	۱/۹۶ns	۳۹۴۹۶۰ ns
خطای فرعی	۳۰	۹/۳۸	۰/۰۰۵	۱۰۵۶۲۵	۱۵۱۵۴۲۵۶	۴۲۴۱۸۱	۱۵۱۲۷۲۳۹	۲/۰۷	۲۶۳۶۳۱	۰/۰۱۴	۴۲۳۰/۱۷	۱/۷۲	۳۴۸۷۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۰۳	۳/۸۱	۲۱/۹۰	۲۵/۷۷	۱۵/۲۱	۱۹/۳۸	۷/۲۳	۱۴/۹۳	۵/۲۴	۱۴/۶۴	۱۸/۵۳	۱۸/۵۲

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده آرایش‌های کاشت، تراکم‌های بوته و روش‌های مختلف کاشت بر صفات کمی هیبریدهای ذرت علوفه‌ای در کشت تأخیری

تیمارها	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن برگ	وزن ساقه	وزن بلال	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	نسبت وزن بلال به علوفه	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	کارایی مصرف آب	بهره‌وری اقتصادی آب
	cm		Kg.ha^{-1}				Kg.ha^{-1}	%		Kg.ha^{-1}	Kg.m^{-3}	تومان بر متر مکعب آب
۷۰ سانتیمتر یک ردیفه	۲۵۷/۰۰	۲/۷۳	۱۱۹۶۳	۳۲۳۰۶	۲۱۷۹۱	۶۶۰۶۰	۱۹۹۲۰	۳۳/۲۱	۱۱/۶۸	۲۳۲۱/۷۰	۹/۴۷	۴۲۶۰/۹
۷۰ سانتیمتر دو ردیفه	۲۶۹/۳۳	۲/۶۹	۱۱۲۶۱	۴۰۸۶۱	۲۳۵۳۹	۷۵۶۶۱	۲۱۹۰۴	۳۱/۳۹	۱۱/۸۸	۲۶۰۰/۵۵	۱۰/۸۵	۴۸۸۰/۸
۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه	۲۵۵/۵۰	۲/۷۷	۱۵۰۰۱	۳۳۳۷۶	۲۳۹۸۳	۷۲۳۵۹	۲۲۹۰۸	۳۳/۵۳	۱۱/۷۹	۲۶۹۴/۷۸	۲۲/۳۳	۱۰۰۴۸/۹
LSD (٪ ۵)	۶/۴۵	۰/۰۶	۳۷۳	۳۷۴۰	۴۲۵	۴۱۰۹	۱۵۲	۱/۲۶	۰/۱۱	۲۸/۱۴	۱/۳۱	۵۸۷/۶
تراکم ۸۵۰۰۰ بوته	۲۴۸/۰۰	۲/۸۱	۱۰۰۸۱	۲۵۹۰۴	۱۸۸۶۵	۵۴۸۵۰	۱۷۸۲۵	۳۴/۴۳	۱۱/۷۱	۲۰۸۶/۳۶	۱۰/۸۰	۴۸۶۳/۱
تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته	۲۶۰/۶۷	۲/۷۳	۱۳۰۰۶	۳۶۹۴۳	۲۴۱۶۰	۷۴۱۰۸	۲۲۲۳۶	۳۲/۸۰	۱۲/۵۴	۲۷۸۹/۸۶	۱۴/۸۶	۶۶۸۹/۵
تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته	۲۷۳/۱۷	۲/۶۵	۱۵۱۳۸	۴۳۶۹۷	۲۶۲۸۷	۸۵۱۲۲	۲۴۶۷۲	۳۰/۹۰	۱۱/۱۱	۲۷۴۰/۸۱	۱۶/۹۷	۷۶۳۸/۱
LSD (٪ ۵)	۲/۰۸	۰/۰۵	۲۲۱	۲۶۵۰	۴۴۳	۲۶۴۸	۳۵۰	۰/۹۸	۰/۰۸	۴۴/۲۸	۰/۸۹	۴۰۲/۱
کشت مستقیم بذر	۲۶۴/۰۰	۲/۷۱	۱۲۱۴۳	۳۵۷۴۱	۲۲۶۷۳	۷۰۵۶۰	۲۱۰۸۹	۳۲/۴۲	۱۱/۸۴	۲۴۹۳/۳۰	۱۲/۷۰	۵۷۱۵/۷
کشت نشایی	۲۵۷/۲۲	۲/۷۶	۱۳۳۳۷	۳۵۲۸۸	۲۳۵۳۵	۷۲۱۶۰	۲۲۰۶۶	۳۳/۰۰	۱۱/۷۳	۲۵۸۴/۷۲	۱۵/۷۳	۷۰۷۸/۰
LSD (٪ ۵)	۱/۷۰	۰/۰۴	۱۸۱	۲۱۶۴	۳۶۲	۲۱۶۲	۲۸۶	۰/۸۰	۰/۰۷	۳۶/۱۵	۰/۷۳	۳۲۸/۳

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات دو گانه آرایش‌های کاشت، تراکم‌های بوته و روش‌های مختلف کاشت بر برخی صفات هیبریدهای ذرت علوفه‌ای در کشت تأخیری

تیمارها		وزن برگ	وزن بلال	عملکرد علوفه خشک	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	کارایی مصرف آب	بهره‌وری اقتصادی آب
			Kg.ha^{-1}			Kg.ha^{-1}	Kg.m^{-3}	تومان بر مترمکعب آب
۷۰ سانتیمتر یک ردیفه	تراکم ۸۵۰۰۰	۹۴۳۶	۱۷۵۱۷	۱۶۲۱۲	۱۱/۵۷	۱۸۷۵/۸۵	۷/۲۶	۳۲۶۷/۰
	تراکم ۱۱۰۰۰۰	۱۲۰۷۷	۲۲۲۹۲	۲۰۲۰۷	۱۲/۴۸	۲۵۲۰/۷۸	۹/۵۴	۴۲۹۲/۴
	تراکم ۱۳۵۰۰۰	۱۴۳۷۸	۲۵۵۶۳	۲۳۳۴۳	۱۱/۰۱	۲۵۶۸/۴۷	۱۱/۶۱	۵۲۲۳/۲
۷۰ سانتیمتر دو ردیفه	تراکم ۸۵۰۰۰	۹۱۶۸	۲۰۱۷۹	۱۸۱۷۷	۱۱/۸۵	۲۱۵۲/۹۶	۸/۶۳	۳۸۸۴/۱
	تراکم ۱۱۰۰۰۰	۱۱۷۵۰	۲۵۵۲۵	۲۲۹۸۹	۱۲/۴۹	۲۸۶۷/۷۶	۱۱/۳۷	۵۱۱۵/۲
	تراکم ۱۳۵۰۰۰	۱۲۸۶۴	۲۴۹۱۳	۲۴۵۴۵	۱۱/۳۳	۲۷۸۰/۹۴	۱۲/۵۴	۵۶۴۳/۳
۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه	تراکم ۸۵۰۰۰	۱۱۶۴۰	۱۸۹۰۰	۱۹۰۸۵	۱۱/۶۹	۲۲۳۰/۲۸	۱۶/۵۳	۷۴۳۸/۱
	تراکم ۱۱۰۰۰۰	۱۵۱۹۲	۲۴۶۶۲	۲۳۵۱۲	۱۲/۶۸	۲۹۸۱/۰۴	۲۳/۶۹	۱۰۶۶۰/۹
	تراکم ۱۳۵۰۰۰	۱۸۱۷۲	۲۸۳۸۶	۲۶۱۲۹	۱۱/۰۰	۲۸۷۳/۰۳	۲۶/۷۷	۱۲۰۴۷/۷
LSD (٪ ۵)		۴۰۵	۷۱۲	۵۵۳	۰/۱۴	۷۱/۱۲	۳/۴۶	۱۵۷۳/۲
۷۰ سانتیمتر یک ردیفه	کشت مستقیم بذر	۱۱۴۴۰	۲۱۴۳۳	۱۹۵۴۶	۱۱/۷۵	۲۲۹۰/۳۱	۸/۹۲	۴۰۱۲/۹
	کشت نشایی	۱۲۴۸۷	۲۲۱۴۸	۲۰۲۹۵	۱۱/۶۲	۲۳۵۳/۰۹	۱۰/۰۲	۴۵۰۸/۸
۷۰ سانتیمتر دو ردیفه	کشت مستقیم بذر	۱۰۴۶۹	۲۳۱۸۰	۲۱۵۲۸	۱۱/۹۴	۲۵۶۷/۶۶	۱۰/۱۹	۴۵۸۴/۶
	کشت نشایی	۱۲۰۵۲	۲۳۸۹۸	۲۲۲۷۹	۱۱/۸۲	۲۶۳۳/۴۵	۱۱/۵۰	۵۱۷۷/۰
۱۴۰ سانتیمتر دو ردیفه	کشت مستقیم بذر	۱۴۵۲۹	۲۳۴۰۷	۲۲۱۹۲	۱۱/۸۳	۲۶۲۱/۹۵	۱۸/۹۹	۸۵۴۹/۷
	کشت نشایی	۱۵۴۷۳	۲۴۵۵۸	۲۳۶۲۵	۱۱/۷۵	۲۷۶۷/۶۱	۲۵/۶۶	۱۱۵۴۸/۱
LSD (٪ ۵)		۲۵۰	۵۳۲	۴۲۵	۰/۱۱	۵۷/۱۱	۱/۲۳	۹۵۷/۳
تراکم ۸۵۰۰۰ بوته	کشت مستقیم بذر	۹۴۵۸	۱۸۵۵۸	۱۷۵۰۷	۱۱/۷۸	۲۰۶۳/۲۰	۹/۷۷	۴۳۹۹/۶
	کشت نشایی	۱۰۷۰۴	۱۹۱۷۳	۱۸۱۴۳	۱۱/۶۲	۲۱۰۹/۵۳	۱۱/۸۴	۵۳۲۶/۵
تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته	کشت مستقیم بذر	۱۲۳۸۰	۲۴۰۰۲	۲۱۸۲۰	۱۲/۵۸	۲۷۴۶/۵۷	۱۳/۰۳	۵۸۶۵/۹
	کشت نشایی	۱۳۶۳۳	۲۴۳۱۷	۲۲۶۵۱	۱۲/۵۰	۲۸۳۳/۱۴	۱۶/۷۰	۷۵۱۳/۱
تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته	کشت مستقیم بذر	۱۴۶۰۰	۲۵۴۶۰	۲۳۹۳۹	۱۱/۱۵	۲۶۷۰/۱۴	۱۵/۲۹	۶۸۸۱/۶
	کشت نشایی	۱۵۶۷۵	۲۷۱۱۵	۲۵۴۰۵	۱۱/۰۷	۲۸۱۱/۴۸	۱۸/۶۵	۸۳۹۴/۵
LSD (٪ ۵)		۶۷۵	۶۴۲	۴۸۹	۰/۱۱	۶۰/۱۱	۱/۲۵	۷۷۳/۹

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه با وجود بالا بردن نسبی عملکرد علوفه، سبب افزایش ارزش غذایی و قابلیت هضم علوفه تولیدی از طریق بهبود نسبت بلال به علوفه و همچنین عملکرد پروتئین در واحد سطح گردید. دیگر مزیت عمده آرایش ۱۴۰ سانتیمتری دوردیفه را می توان افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی آن، به دلیل کاهش قابل توجه آب مصرفی نسبت به دیگر آرایش‌های کاشت، دانست. تعیین تراکم مطلوب بوته در واحد سطح و برهمکنش آن با آرایش کاشت، از عوامل موثر بر عملکرد و ارزش غذایی علوفه تولیدی است. براساس نتایج تحقیق حاضر، حدبهینه تراکم برای دستیابی به علوفه با عملکرد بالا در منطقه همدان، تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار دیده شد و در تراکم‌های بالاتر، روند افزایشی وزن علوفه تولیدی کند می‌شود و این امر در کنار کاهش نسبت وزن بلال به بوته و درصد پروتئین و متعاقباً کاهش عملکرد پروتئین در واحد سطح، سبب کاهش ارزش غذایی و قابلیت هضم علوفه می‌گردد. همچنین افزایش بیش از حد ارتفاع بوته در تراکم ۱۳۵۰۰۰ بوته که با کاهش قطر ساقه همراه است، سبب افزایش حساسیت بوته به ورس، بویژه در مناطق بادخیز می‌شود.

با توجه به مطالب فوق، به نظر می رسد که بهره‌گیری از تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در آرایش کشت ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه قابل توصیه باشد، زیرا در کنار مقادیر قابل توجه علوفه تر و خشک تولیدی، در مقایسه با سایر برهمکنش‌های آرایش کاشت و تراکم بوته بالاترین درصد و عملکرد پروتئین مربوط به آن بود و همچنین این برهمکنش از مقادیر مطلوب مولفه‌های مصرف آب (کارایی و بهره‌وری اقتصادی آب) نیز بهره‌مند بود.

به نظر می‌رسد که در شرایط کشت تأخیری، نشاکاری ذرت علوفه‌ای تحت تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در آرایش ۱۴۰ سانتیمتر دوردیفه، می تواند علاوه بر افزایش مقاومت بوته‌ها به ورس، موجب برداشت علوفه با عملکرد بالا و ارزش غذایی مطلوب پیش از وقوع سرمای پاییزه گردد که این امر همراه با افزایش کارایی مصرف آب، از مزایای این روش به حساب می‌آید.

سپاسگزاری

از سازمان جهاد کشاورزی استان همدان به دلیل حمایت مالی از اجرای این پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Afrasiab P, Delbari M and Jafari H. 2016. Effect of different levels of irrigation, planting density, planting pattern in drip irrigation on yield, yield components and water use efficiency of corn. Iranian Journal of Soil and Water Research, 47(4): 731-741. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijswr.2016.59980

Albayrak S, Türk M., Yüksel O and Yilmaz M. 2011. Forage yield and the quality of perennial legume-grass mixtures under rainfed conditions. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39(1): 114–118. https://doi.org/10.15835/nbha3915853

Alipour Abokhely F, Rahimi Petroudi E and Mobasser HR. 2015. Effect of seed priming, plant density and planting date on silage corn yield in summer delayed planting. Cereal Research, 5(2): 189-202. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22520163.1394.5.2.7.0

Anonymous. 2020. Meteorological statistics of Hamadan province. 23 p. (In Persian).

Anonymous. 2021. Statistics and information of Hamedan agricultural jihad organization. 45 p. (In Persian).

Cheng FL, Du X, Liu MX, Jin XL, Cui YH. 2011. Lodging of summer maize and the effects on grain yield. Journal Maize Scince, 19(1):105-108.

Choukan, R. 2012. Maize and maize properties. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) press, Tehran, Iran. 427 pp (In Persian).

Darby HM and Lauer JG. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. Agronomy Journal, 94(3): 559-566. https://doi.org/10.2134/agronj2002.5590

Di Benedetto, A. and J. Rattin. 2008. Transplant in sweet maize: A tool for improving productivity. Americas Journal Plant Scince Biotechnology, 2(2): 96-108.

Ehteshami SMR, Ebrahimi P and Zand B. 2013. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of silage corn genotypes in Varamin region. Electronic Journal Crop Production, 5(4): 19-38. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1391.5.4.2.7

Ghalkhani A, Paknejad F, Mahrokh A, Ardakani MR and Golzardi F. 2022. Effects of planting method and sowing date on yield, water use efficiency and morphological traits of two grain maize cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32(1): 1-16. (In Persian). https://doi.org/10.22034/saps.2021.44751.2644

Khandani AR. 2017. 101 questions about silage forage corn. Avay fahim press, Tehran, Iran. 120 p. (In Persian).

Ramezani M, Mobasser HR, Mohseni M and Rezaei Sokht -Abandani R. 2009. Effect of distances between row, density and cultivation pattern on 704 single crass forage corns with summery dilatory cultivation after harvest rice. New Finding in Agriculture, 3(3): 249-261. (In Persian).

Ramezani M and Rezaei Sokht-Abandani R. 2012. The Effect of row spacing, plant population and planting pattern on yield and yield components of corn (SC 704) in double cropping. Journal of Crop Ecophysiology, 6(3): 249-264. (In Persian).

Rahmani A, Nasrollah Al-Hosseini M and Khavari Khorasani S. 2010. Effects of sowing date and plant density on morphological triats, yield and yield components of sweet corn. Journal of Agroecology, 7(2): 302-312. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v2i2.7637

Rajcan I and Swanton CJ. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. Field Crops Research, 71: 139-150. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00159-9

Rattin J, Valinote JP, Gonzalo R and Di Benedetto A. 2015. Transplant and change in plant density improve sweet maize (*Zea mays* L.) yield. Australian Journal of Experimental Agriculture, 5(4): 336-351. https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/13172

Sadeghi F and Mahrokh A. 2020. Effect of transplanting and seed hydropriming on grain yield of maize (*Zea mays* L.) as second crop in temperate region of Kermanshah, Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 22(1): 50-65. (In Persian). http://dx.doi.org/10.29252/abj.22.1.50

Safdari Monfared N, Allahdadi I, Baghestani MA, Irannejad H and Zand E. 2013. Effect of planting pattern and herbicide application on corn (*Zea mays* l.) grain yield and weeds control. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(1): 131-140. (In Persian). https://doi.org/10.22067/gsc.v11i1.24087

Sardar S, Patra M, Mandal B and Patra B. 2020. An overview on problems and prospects of transplanted maize with special reference to India. Journal of Applied and Natural Science, 12(1): 59-65. https://doi.org/10.31018/jans.v12i1.2217

Shahkarami G and Rafiee M. 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 5: 69-73.

Yilmaz S, Erayman M, Gozubenli H and Can E. 2008. Twin or narrow-row planting patterns versus conventional planting in forage maize production in the Eastern Mediterranean. Cereal Research Communication, 36(1): 189-199. https://doi.org/10.1556/CRC.36.2008.1.19