نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۱(۳۷)، بهار ۱۳۹۵، صفحه ۱۲۰-۱۰۳

مقایسه عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی علوفه ذرت، سورگوم و تاج خروس علوفه‌ای در تراکم و تاریخ کاشت‌های مختلف در استان فارس

الهام مشاور[1*]، یحیی امام[2]، حمید مدنی[3]، قربان نورمحمدی[4] و حسین حیدری شریف‌آباد[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۷

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات تراکم و تاریخ کاشت بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سه گیاه علوفه‌ای ذرت، سورگوم و گیاه جدید تاج خروس علوفه‌ای، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲ به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو منطقه از مرودشت واقع در استان فارس اجرا شد. تیمارها شامل نوع گیاه(ذرت علوفه‌ای ۷۰۴، سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید، تاج خروس علوفه‌ای)، تراکم بوته(۶۶۰۰۰، ۸۳۰۰۰، ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار) و تاریخ کاشت (۱، ۱۵، ۳۰ تیرماه) بودند. تجزیه مرکب واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای نوع گیاه، تراکم بوته و تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد، درصد پروتئین دانه، میزان آهن، درصد کلسیم، میزان روی، درصد پروتئین خام علوفه و فیبر داشتند. به‌طوری‌که، بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک (۱۱۲۷۹/۷۰ گرم برمترمربع)، درصد پروتئین دانه (۱۴/۸۵ درصد)، میزان آهن (۴۴۶میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)، درصد کلسیم (۳/۶۶درصد) و کمترین درصد فیبر (۹/۴۴درصد) در گیاه تاج خروس در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار مشاهده شد. بیشترین میزان روی (۱۱۳/۵۰میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و درصد پروتئین خام علوفه (با میانگین ۱/۶۹درصد) در گیاه ذرت به‌ترتیب درتاریخ کاشت اول و ۳۰تیرماه در تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار وجود داشت که از نظر درصد پروتئین خام علوفه، تفاوت معنی‌داری با گیاه تاج‌خروس در کشت ۱۵ تیر ماه (۱/۶۵۰درصد) نداشت. بیشترین درصد فیبر نیز در گیاه سورگوم (۲۶/۳۹۳ درصد) در کشت ۳۰ تیر ماه و تراکم ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار مشاهده شد. با تاخیر در کاشت و افزایش تراکم بوته، کیفیت علوفه در سه گیاه کاهش یافت. به‌طورکلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده، علوفه گیاه تاج خروس در مقایسه با ذرت و سورگوم، از نظر عملکرد و کیفیت یک گیاه علوفه‌ای ارزشمند محسوب می‌شود و بهترین تیمار پیشنهادی جهت عملکرد بیشتر و کیفیت بالاتر این علوفه در استان فارس تاریخ کاشت ۱۵تیرماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار می‌باشد.

واژگان کلیدی: درصد پروتئین، عملکرد علوفه تاج خروس،کیفیت علوفه، میزان آهن.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد علوم و تحقیقات،دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(* نگارنده‌ی مسئول) elham.moshaver@yahoo.com
۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک،ایران.
۴- استاد گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

هر گیاه علوفه‌ای خوب به منظور تخمیر مناسب و انبارداری باید داری فیبر کم و میزان مطلوب ماده خشک در زمان برداشت باشد (Curran *et al*., 2000). گیاهان علوفه‌ای از مهم‌ترین منابع تغذیه دام و طیور هستند که دام و طیور با تغذیه از این گیاهان در تأمین پروتئین و مواد غذایی مؤثر بر تغذیه و سلامت انسان نقش دارند. لذا توجه به جیره‌ی غذایی دام و طیور و بهبود آن‌ها به طور غیرمستقیم به سلامتی جامعه انسانی برمی‌گردد. بی‌شک نقش ژنتیک، محیط و مدیریت در بهبود مواد غذایی گیاهان علوفه‌ای انکارناپذیر است. سورگوم از گیاهان علوفه‌ای خانواده غلات است و به علت تنوع ژنتیکی زیاد، برخورداری از ارقام پرمحصول، سازگاری به شرایط تنش، کارایی بالا در مصرف آب، پتانسیل بالای تولید علوفه، امکان برداشت چندین چین در یک فصل زراعی و قابلیت نگهداری به صورت خشک، سیلو و برخورداری از ارزش غذایی زیاد، یکی از منابع اصلی تأمین کننده انرژی، پروتئین و دیگر نیازهای اساسی دام است (Aghaalikhani, 1993; Arnon, 1993; Karimi, 2005; Raut *et al*., 1987; Singh Chhidda, 1988). ذرت گیاهی روز کوتاه، C_4 با سیستم ریشه‌ای عمیق و توسعه یافته، که قدرت جذب مواد غذایی در آن بالاست. به طورکلی، دارای ۱۰/۵ درصد پروتئین خام است و پروتئین‌های دانه ذرت دارای ۳ درصد لیزین، ۰/۷ درصد تریپتوفان است. اگرچه به‌عنوان علوفه یک منبع مهم در تغذیه دام و طیور است، اما پروتئین‌های دانه ذرت کامل نبوده و دارای ارزش بیولوژیک پایینی است (Normohamadi *et al*., 2001). تاج‌خروس علوفه‌ای (آمارانت) متعلق به خانواده آمارانتاسه می‌باشد که به علت داشتن پتانسیل مطلوب جهت کشت و توسعه در مناطق گرمسیر مدتی است که به عنوان علوفه دام مورد استفاده قرار می‌گیرد (Aynehband *et al*., 2005). از نظر گیاه‌شناسی تاج‌خروس در گروه شبه غلات (Pseudo-cereals) قرار دارد که سیستم فتوسنتزی آن از نوع چهار کربنه (C_4) بوده و صفر فیزیولوژیک این گیاه ۱۳ تا ۱۵ درجه سلسیوس است (Putnam *et al*., 1989). در حال حاضر به‌واسطه درصد بالای پروتئین در دانه و اندام‌های هوایی، به صورت دانه، علوفه و سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرد و این تنوع در مصرف باعث شده که طی دهه‌ی اخیر کشت آن در سطح وسیعی از مناطق جهان مانند چین، جنوب شرقی آسیا، آفریقا و آمریکا، رایج شود (Stalknecht *et al*., 1993). تاج‌خروس شامل مقادیر زیادی کلسیم، آهن و سدیم است که با دیگر دانه‌های غلات قابل مقایسه است. برگ سبز گیاهچه تاج‌خروس نسبت به اسفناج دارای طعم و مزه‌ی بهتری است لذا در کشورهای آفریقایی به‌عنوان سبزی تازه در تغذیه انسان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و به‌طور قابل ملاحظه‌ای محتوی کلسیم، آهن و فسفر بیشتری است (Henderson *et al*., 2000). گیاه تاج‌خروس در یک دوره‌ی زمانی کوتاه کشت مقدار زیادی محصول علوفه تولید می‌کند (Williams and Bremer, 2002). مشاور و همکاران (Moshaver *et al*., 2015) در بررسی‌های خود نشان دادند میزان تولید علوفه خشک تاج‌خروس از ذرت و سورگوم بیشتر است. وی افزایش عملکرد علوفه تاج‌خروس را مرتبط با وزن ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و همچنین وزن گل آذین آن بیان کرد. با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر در کشور به خصوص در استان فارس و نیاز به تامین خوراک دام و طیور، لزوم بهره‌گیری از گیاهان علوفه‌ای جدید با ارزش غذایی برابر یا بالاتر، نسبت به کشت‌های رایج بیش از پیش احساس می‌شود. در برخی از کشورها برنامه استفاده از گیاهان جایگزین

در تغذیه دام و طیور سالیان پیش آغاز شده است (Paduano *et al*., 1995). تاج‌خروس علوفه‌ای به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای و سازگاری منحصر به‌فرد می‌تواند پتانسیل ورود به تناوب زراعی کشور را داشته باشد. توانایی سازش با شرایط نامناسب (مانند خاک‌های فقیر از لحاظ مواد مغذی) و سازگاری با محدودهٔ وسیع حرارتی و تابش به همراه مقاومت به تنش خشکی، استفاده از این گیاه را به‌عنوان یک محصول سبز مغذی در مناطق نیمه خشک ممکن ساخته است (Myers, 1996). یکی از عواملی که باید هنگام وارد ساختن یک گیاه در الگوی کشت هر منطقه مورد توجه قرار گیرد، تاریخ کاشت بهینه همراه با تراکم مطلوب آن گیاه است. زیرا این عوامل با اثر بر طول دوره رشد رویشی و زایشی و توازن بین آن‌ها و سایر عوامل تولید، می‌توانند بر عملکرد وکیفیت گیاهان مؤثر باشند (Niromand-tomaj *et al*., 2008). گزارش شده است که با افزایش تراکم گیاهی میزان فیبر افزایش و قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Javadi *et al*., 2005). ماسائوکا و تاکانو (Masaoka and Takano, 1985) طی بررسی اثر تراکم بر عملکرد کمی و کیفی علوفه سورگوم بیان کردند، افزایش بیش از حد تراکم بوته باعث کاهش کیفیت علوفه به خصوص جهت سیلو می‌گردد. هان‌وی (Hanway, 1979) گزارش کرد در تاریخ کاشت‌های دیرتر در گیاه ذرت، زمان پر شدن دانه به گرما برخورد می‌نماید، لذا میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد. در بررسی اثر تراکم بوته بر خصوصیات کیفی تاج‌خروس، اثر تراکم بر عناصر معدنی و ضروری گیاه مانند آهن، منیزیم، فسفر، پتاسیم و پروتئین خام علوفه معنی‌دار گزارش شده است و در تراکم ۳۰۰ هزار بوته نسبت به ۴۰۰ هزار بوته میزان آهن علوفه بیشتر بود (Gregorova *et al*., 2001). ربانی و همکاران (Rabani *et al*., 2011) در مقایسه کیفیت علوفه ذرت و تاج‌خروس بیان کردند علوفه تاج‌خروس از لحاظ پتاسیم، منیزیم، فسفر و کلسیم غنی می‌باشد و همچنین از میزان آهن بیشتری نسبت به ذرت برخوردار است. از این رو، به عنوان یک منبع علوفه‌ای ارزشمند نسبت به ذرت یاد می‌شود. در بررسی اثر تراکم بوته بر صفات کیفی تاج‌خروس مشخص شد اثر تراکم بوته بر میزان عناصر معدنی، معنی‌دار است. به‌طوری‌که کلسیم، منیزیم، منگنز و روی با افزایش تراکم کاهش می‌یابد (Gobelink, 2006; Gregorova *et al*., 2001). گزارش شده میزان پروتئین خام در گیاه تاج‌خروس ۱۸-۱۱ گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک است، امّا در ذرت ۱۰ گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک می‌باشد (Valcarcel-Yamani *et al*., 2012). ویبر (Weber, 1987) بیان کرد علوفه خشک تاج‌خروس نسبت به تراکم و تاریخ کاشت‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهد و در تاریخ کاشت مناسب با تراکم‌های بهینه به نحوی که از فضای تغذیه‌ای گیاه کم نشود، علوفه آن افزایش می‌یابد. از آنجا که کشت غالب علوفه در استان فارس ذرت است و با توجه به مشکلات کاهش تولید در ذرت به علت بیماری‌ها و خشک‌سالی‌های اخیر در این منطقه، همواره تغییر کشت و استفاده از گیاهان جایگزین مدنظر است. به نظر می‌رسد تاج‌خروس به عنوان یک گیاه علوفه‌ای بتواند رقیب مناسبی در الگوی کشت کشور برای ذرت باشد (Ayeneband *et al*., 2005). تاج‌خروس زراعی گیاهی است که به تازگی وارد الگوی کشت ایران شده است و پژوهش‌های اندکی بر روی آن صورت گرفته است. با توجه به عدم اطلاعات از نحوه کاشت، داشت و خصوصیات کمی وکیفی آن در استان فارس این بررسی به منظور مقایسه عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی علوفه تاج‌خروس با ذرت و سورگوم علوفه‌ای با هدف دست‌یابی به بهترین تاریخ کاشت و تراکم

مطلوب بوته جهت حصول برتری عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی تاج خروس، برای اولین بار در استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو منطقه (روستای زنگی‌آباد و روستای حسن‌آباد) شهرستان مرودشت در استان فارس انجام یافت. شهرستان مرودشت در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۵۹۵ متری از سطح دریا واقع شده است. میزان بارندگی سال ۱۳۹۲ معادل ۳۱۶/۸ میلی‌متر و میانگین بارندگی سالانه منطقه ۳۶۵ میلی‌متر است. میانگین کمینه‌ی دما ۸/۷ درجه سلسیوس و میانگین بیشینه‌ی دما ۲۵/۷ درجه سلسیوس است. ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف زمین در ۲ منطقه مورد آزمایش به شرح جدول یک می‌باشد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی در ۳ تکرار و در ۲ مکان مجزا طی سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل اصلی، نوع گیاه (ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴، سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید، تاج خروس علوفه‌ای)، عامل فرعی، تراکم کاشت (۶۶۰۰۰، ۸۳۰۰۰، ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار) و عامل فرعی فرعی، تاریخ کاشت (۱ تیرماه، ۱۵ تیرماه، ۳۰ تیرماه) در نظر گرفته شد. آماده‌سازی زمین طبق عرف منطقه و به صورت یکسان برای هر دو منطقه اجرا شد. کشت به صورت کرتی بود و در هر مکان ابعاد هر کرت اصلی به طول ۲۷ متر و عرض ۶ متر بود و در هر کرت اصلی ۳ کرت فرعی قرار داشت. طول هر کرت فرعی ۹متر و عرض آن ۶ متر و در هر کرت فرعی ۳ کرت فرعی فرعی قرار داشت. طول هر کرت فرعی فرعی ۳متر و عرض آن ۶ متر بود. در هر کرت فرعی فرعی ۵ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. فاصله هر کدام از ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله هر تکرار از یکدیگر نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. برای تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار فاصله دو بوته از یکدیگر ۱۵ سانتی‌متر، برای تراکم ۸۳۰۰۰ بوته در هکتار فاصله دو بوته از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر و برای تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار فاصله دو بوته از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر بود. ضمناً جهت مجزا کردن کرت‌های فرعی از یکدیگر یک ردیف نکاشت و جهت جدا کردن کرت‌های اصلی از یکدیگر ۲ ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. مجموع تعداد کرت‌ها در هر ۳ تکرار در هر مکان آزمایش ۸۱ کرت بود. عمق کاشت برای بذر سورگوم و ذرت حدود ۴-۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اما بذر تاج خروس با توجه به اینکه بسیار ریز است در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری کشت شد و اندکی جهت تماس بیشتر بذر با خاک فشرده شد. کودپاشی براساس نتایج آزمون خاک بود و کود مصرفی شامل فسفات آمونیوم (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و اوره (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. لازم به ذکر است کود اوره طی ۳ مرحله به خاک اضافه شد. آبیاری طبق عرف منطقه به‌طور میانگین ۷ روزه انجام شد. در طول دوره رشد کلیه علف‌های هرز موجود در مزارع با وجین دستی حذف شد. جهت اندازه‌گیری صفات مورد بررسی با حفظ اثر تراکم‌های اعمال شده در هر متر مربع، بوته‌ها به‌طور تصادفی برداشت شدند. عملکرد علوفه خشک، درصد پروتئین دانه، درصد فیبر، میزان آهن، درصدکلسیم، میزان روی و درصد پروتئین خام علوفه اندازه‌گیری شد. زمان برداشت نمونه‌ها برای تاریخ کاشت اول تیر ماه، در ۱۵ شهریور ماه، برای تاریخ کاشت ۱۵ تیر ماه در ۳۰ شهریور ماه و برای تاریخ کاشت ۳۰ تیر ماه در ۱۸ مهر ماه انجام شد. بوته‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند. به منظور تعیین

عملکرد علوفه پس از خشک شدن نمونه ها توزین شدند. نمونه‌های خشک شده جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه فرستاده شدند. پس از تهیه نمونه طبق روش کجلدال (هضم–تقطیر– تیتراسیون) میزان نیتروژن به‌دست آمد. میزان پروتئین اندام‌های مختلف (بذر، علوفه) طبق فرمول زیر محاسبه گردید (Yin and Vyn, 2005; Cox and Cherney, 2001).

میزان نیتروژن × ۰/۶۲۵ = میزان پروتئین (درصد)

میزان روی و آهن به روش جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شد (Tabatabaei *et al*., 2007; Emami, 1996). اندازه‌گیری میزان کلسیم حاصله به روش طیف سنجی جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Hanson, 1950). برای اندازه‌گیری میزان فیبر گیاهی، نمونه‌ای به میزان ۲/۵ گرم پس از آسیاب و عبور از الک، آماده شد. سپس به روش هضم قلیایی و اسیدی جوشانده و به مواد محلول تبدیل گردید. مواد حاصله پس از هیدرولیز خشک وسوزانده شد و مطابق فرمول فیبر خام محاسبه گردید(Vansoest and Wine, 1991 a,b).

(۱۰۰×وزن نمونه)/(وزن خاکستر–وزن ماده خشک) = درصدفیبر خام

آزمون بارتلت روی کلیه داده‌ها انجام شد. هنگامی‌که واریانس خطای صفات در دو مکان کاشت دو به دو با یکدیگر همگون بودند، تجزیه واریانس مرکب صفات در ۲ منطقه آزمایشی انجام گرفت. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9.1, MSTATC و SPSS10 انجام شد و میانگین‌ها به روش دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد پروتئین دانه: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر مکان، گیاه، تراکم بوته، تاریخ کاشت بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین اثر برهم‌کنش متقابل گیاه× تراکم بوته × تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی بر درصد پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که مقایسه میانگین مرکب برهم‌کنش آنها به روش دانکن نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه در گیاه تاج خروس در کشت ۱۵ تیر ماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۱۴/۸۵ درصد مشاهده شد. کمترین درصد پروتئین دانه در گیاه ذرت در کشت اول تیرماه با تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۶/۱۵۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش درصد نیتروژن دانه در تراکم‌های بسیار زیاد احتمالاً به دلیل محدودیت مواد غذایی، فتوسنتزی و عناصر معدنی و شیمیایی جذب شده از خاک، جهت رشد است (Early *et al*., 1966; Moll and Kamparth, 1977). صادقی و بحرانی (Sadeghi and Bahrani, 1999) بیان کردند با افزایش تراکم بوته از میزان پروتئین دانه در ذرت کاسته می‌شود. سایر پژوهشگران نیز گزارش نمودند که با افزایش تراکم بوته، میزان پروتئین دانه ذرت کاهش یافت (Ulger *et al*., 1997; Lang *et al*., 1956). درگزارش‌های گروبلنیک ملاکار (Grobelnick Mlakar, 2006) آمده است اثر تراکم و تاریخ کاشت بر میزان پروتئین تأثیرگذار است و با افزایش تراکم بوته میزان پروتئین دانه کاهش می‌یابد. گریبیل و همکاران (Graybill *et al*., 1991) دلایل کاهش میزان پروتئین دانه در اثر بالا رفتن تراکم بوته را افزایش سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و در نتیجه کاهش میزان نور نفوذ یافته به درون سایه‌انداز و اختلال در احیای نیتروژن و چرخه‌ی اسیدهای آمینه به علت کاهش در میزان آنزیم نیترات ریداکتاز ذکر نموده‌اند. گزارش‌های فلاح و تدین (Fallah and Tadayon,

2007) مبنی بر کاهش معنی‌دار پروتئین دانه با افزایش تراکم بوته با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

میزان آهن: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر مکان، گیاه، تراکم بوته، تاریخ کاشت بر میزان آهن در اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی نیز بر میزان آهن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). لذا مقایسه مرکب برهم‌کنش اثرات گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت نشان داد بیشترین میزان آهن در گیاه تاج‌خروس علوفه‌ای با میانگین ۴۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک در کشت ۱۵ تیر ماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار وجود داشت و کمترین میزان آهن اندام هوایی در گیاه ذرت در تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار و تاریخ کشت ۱۵ تیر ماه به میزان ۶۷/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک مشاهده گردید (جدول ۳). چنین استنباط می‌شود که در گیاه تاج خروس در تمامی تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته میزان آهن بیشتر است و همچنین در گیاه ذرت و سورگوم با افزایش تراکم و تأخیر در کاشت از میزان آهن اندام هوایی کاسته می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گیاهان تک‌لپه‌ای از کارآمدی کمتری در قبال آهن، نسبت به دو لپه‌ای‌ها برخوردارند. گیاهانی که دارای کارایی بالا در قبال آهن می‌باشند، قادرند با انجام پاره‌ای از واکنش‌های بیوشیمیایی که موجب افزایش دسترسی به این عنصر می‌گردند، به کمبود ناشی از آهن خاک پاسخ دهند (Marschner, 1995). برخی از عوامل محیطی نیز می‌تواند کمبود آهن را در گیاه زراعی القا کند. از جمله می‌توان به وجود غلظت‌های بالای فسفر، تابش شدید نور، دماهای بالا و پایین و وجود مقادیر بالای نیتروژن اشاره کرد (Hale and Orcutt, 1987). در بررسی مقایسه ترکیبات شیمیایی دانه تاج‌خروس و ذرت بیان شد آهن موجود در تاج‌خروس ۱۵-۷ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک می‌باشد، در حالی که این میزان در ذرت ۳-۲ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک است (Barba de la *et al*., 2009; Caselato-Sousa, 2012). ربانی و همکاران (Rabbani *et al*., 2011) در بررسی مقایسه کیفیت علوفه ذرت و تاج‌خروس بیان کردند علوفه تاج‌خروس از لحاظ پتاسیم، منیزیم، فسفر و کلسیم غنی می‌باشد و همچنین از میزان آهن بیشتری نسبت به ذرت برخوردار است. از این رو به عنوان یک منبع علوفه‌ای ارزشمند نسبت به ذرت یاد می‌شود. در مطالعه مقایسه ارزش غذایی جو، ذرت، برنج، ارزن، تریتیکاله، شیر سویا و گندم با گیاه تاج‌خروس مشخص شد، گیاه تاج‌خروس از لحاظ میزان آهن، کلسیم، منیزیم، ویتامین E و لیزین از بیشترین میزان ممکن برخوردار است (Danik *et al*., 2001). نتایج مطالعه بسیاری از پژوهشگران در خصوص بیشتر بودن میزان آهن، روی و کلسیم در گیاه تاج‌خروس، با این بررسی همخوانی داشت (Becker *et al*., 1981; Berghofer *et al*., 2002; Tosi *et al*., 2001; Posisile *et al*., 2012).

درصد کلسیم: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر مکان، گیاه، تراکم بوته و تاریخ کاشت بر درصد کلسیم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی بر درصد کلسیم اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که مقایسه میانگین مرکب برهم‌کنش آنها نشان داد که بیشترین میزان کلسیم اندام هوایی در گیاه تاج‌خروس در کشت ۱۵ تیر ماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۳/۶۶ درصد حاصل شد. کمترین درصد کلسیم با میانگین ۰/۳۷۸ درصد در گیاه سورگوم در کشت ۳۰ تیر ماه با تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد (جدول ۳).

به‌طور معمول، میزان کلسیم موجود در تک‌لپه‌ای‌ها پایین‌تر از دولپه‌ای‌ها است (Ishizuka, 1978). احتمالاً به همین دلیل در تاج‌خروس که یک شبه غله دولپه‌ای است میزان کلسیم بالاتر است. در مطالعه مقایسه بین ذرت با تاج‌خروس مشخص شد میزان کلسیم در تاج‌خروس بیشتر است. به‌طوری‌که، میزان کلسیم در تاج‌خروس ۲۱۲-۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک و در ذرت ۷-۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک می‌باشد (Alvarez-Jubetea, 2010). اسلوگ (Sleugh, 2001) گزارش کرد گیاه تاج‌خروس غنی از مواد معدنی شبیه کلسیم و آهن است و بیشترین قابلیت هضم ماده‌ی خشک را دارد. در بررسی اثر تراکم بوته بر صفات کیفی تاج‌خروس مشخص شد اثر تراکم بوته بر میزان عناصر معدنی، معنی‌دار است. به‌طوری‌که با افزایش تراکم میزان کلسیم و روی کاهش می‌یابد (Gobelink, 2006; Gregorova *et al*., 2001). این نتایج با مشاهدات پژوهش حاضر همخوانی داشت.

میزان روی: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر مکان، گیاه، تراکم بوته، تاریخ کاشت بر میزان روی در اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی بر میزان روی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین مرکب برهم‌کنش آنها نشان داد بیشترین میزان روی در گیاه ذرت در کشت اول تیرماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۱۱۳/۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک حاصل شد. کمترین میزان روی در گیاه تاج‌خروس در کشت ۳۰ تیرماه با تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۱۹/۲۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود (جدول ۳). جدول ۳ نشان می‌دهد با افزایش تراکم و تأخیر در کاشت، میزان روی در اندام هوایی کاهش می‌یابد. برخی سازوکارهای به‌کار گرفته شده توسط گیاهان آهن کارآمد ممکن است بر جذب و انتقال سایر عناصر به‌ویژه روی، به اندام‌های هوایی نیز تأثیر داشته باشد. به‌طوری‌که، در شرایط کمبود آهن در گیاه، غلظت روی در ذرت افزایش یافت (Tabatabaei *et al*., 2007). در این بررسی نیز میزان آهن در گیاه ذرت از دو گیاه دیگر کمتر است اما میزان روی در آن از سورگوم و تاج‌خروس بیشتر است. لذا به‌نظر می‌رسد کمبود آهن باعث افزایش روی در ذرت شده است. عشقی‌زاده و همکاران (Eshghizadeh *et al*., 2008) در مطالعه خود مشاهده کردند بین مقدار نسبی آهن که از ریشه به اندام هوایی می‌رود (که تحت آهن – کارایی ژنوتیپ گیاه است) و جذب روی همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که، با افزایش غلظت آهن در گیاه میزان روی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی در دولپه‌ای‌ها میزان روی کمتر از تک‌لپه‌ای‌ها است. از طرفی جذب روی تحت تأثیر دمای خاک است به‌طوری‌که، با افزایش دمای خاک جذب روی زیادتر می‌شود. چه بسا روی در گیاه ذرت در دمای کمتر از ۱۰ درجه‌ی سلسیوس جذب نمی‌شود. به‌نظر می‌رسد در تراکم‌های زیاد به علت سایه‌اندازی گیاه و قرار گرفتن سطح خاک در سایه و حفظ رطوبت سطحی خاک، دمای خاک کمتر می‌شود (Rangarajan *et al*., 2002). از طرفی با افزایش تراکم و کاهش فضای تغذیه‌ای، رقابت درون گونه‌ای افزایش می‌یابد، لذا میزان جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه کاهش می‌یابد. احتمالاً جذب روی، هم از این قاعده مستثنی نیست. مهرانی و همکاران (Mehrani *et al*., 2012) در بررسی و مقایسه عملکرد کمّی و کیفی چهار رقم تاج‌خروس در تاریخ‌های مختلف برداشت نشان داد، هرچه برداشت دیرتر انجام شود (به علت کشت دیرتر) میزان روی در علوفه تاج‌خروس کاهش می‌یابد. در بررسی تراکم بهینه

کاشت در گیاه تاج‌خروس مشخص شد، تراکم بر صفات کیفی عناصر معدنی تأثیر معنی‌داری دارد و در تراکم‌های بسیار زیاد میزان غلظت عناصر در گیاه کاهش می‌یابد (Gimplinger *et al*., 2008).

درصد پروتئین خام علوفه: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر گیاه، تراکم بوته و تاریخ کاشت بر درصد پروتئین خام در سطح احتمال یک درصد و اثر مکان بر درصد پروتئین خام در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌داری است (جدول۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی بر درصد پروتئین خام علوفه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین مرکب برهم‌کنش آنها نشان داد بیشترین درصد پروتئین خام در گیاه ذرت در کشت ۳۰ تیرماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۱/۶۹ درصد حاصل شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گیاه تاج‌خروس در کشت ۱۵ تیر ماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار (با میانگین ۱/۶۵ درصد) نداشت و هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین درصد پروتئین خام علوفه در گیاه سورگوم در تاریخ کاشت اول تیرماه با تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته درهکتار با میانگین ۰/۷۰۶ درصد وجود داشت (جدول ۳). همان‌طور که ملاحظه شد با افزایش تراکم بوته، درصد پروتئین خام علوفه کاهش یافت. انصاری و آقاعلیخانی (Ansari and Aghaalikhani, 2012) در بررسی اثر تراکم بوته بر کیفیت علوفه تاج‌خروس زراعی عنوان کردند، تراکم بوته بر مقادیر پروتئین خام اثر معنی‌داری نداشت. آینه‌بند و همکاران (Aynehband *et al*., 2005) در بررسی اثر تاریخ کشت بر ارقام تاج‌خروس مشاهده کردند، تاریخ کاشت بر درصد پروتئین گیاه اثر معنی‌داری دارد و تاریخ کاشت اول مرداد (در مقایسه با ۱ و ۱۵ تیر) بالاترین درصد پروتئین را حاصل کرد. مختارپور و همکاران (Mokhtarpour *et al*., 2007) در آزمایش‌های خود بیان داشتند که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد، وزن بلال، پروتئین خام و فیبر معنی‌دار است و با تاخیر در کاشت میزان پروتئین خام افزایش یافت. فیض‌بخش و همکاران (Feizbakhsh *et al*., 2008) در بررسی اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت بر عملکرد کمی و کیفی ذرت ۷۰۴ بیان کردند، پروتئین خام تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت و با افزایش تراکم بوته از ۲۵ به ۶۵ هزار بوته در هکتار درصد پروتئین خام افزایش یافت ولی از تراکم ۶۵ تا ۱۲۵ هزار بوته درصد پروتئین خام مجدداً کاهش یافت. وی گفت، دلیل عمده کاهش پروتئین خام در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش سهم بلال در افزایش عملکرد سیلویی می‌باشد زیرا بلال منبع سرشاری از پروتئین خام است. راعی و همکاران(Raei *et al*., 2009) در بررسی‌های خود مشاهده کردند با افزایش تراکم بوته، درصد پروتئین خام سورگوم کاهش یافت (Jones and Johnson, 1991). گزارش‌های گروبلنیک ملاکار (Grobelnick Mlakar, 2006) مبنی بر افزایش پروتئین خام با کاهش تراکم بوته و تاخیر در کاشت، با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

درصد فیبر: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد، اثر تیمارهای مکان، گیاه، تراکم بوته، تاریخ کاشت بر درصد فیبر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته× تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان فیبر در گیاه سورگوم در تاریخ کاشت ۳۰ تیرماه با تراکم ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۲۶/۳۹۳ درصد حاصل شد. کمترین میزان فیبر در گیاه تاج‌خروس در تاریخ کاشت اول تیر ماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار با میانگین ۹/۳۳۵ درصد مشاهده شد که از نظر آماری با تاریخ کاشت ۱۵ تیر

ماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). چنین به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم و تأخیر در کاشت درصد فیبر در علوفه نیز افزایش می‌یابد. اکثر پژوهشگران گزارش کرده‌اند که معمولاً با افزایش تراکم گیاهی میزان فیبر افزایش و قابلیت هضم کاهش می‌یابد (Lauer, 1997). در بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر علوفه ذرت شیرین در گرگان مشاهده شد با افزایش تراکم از ۴۵ به ۷۵ هزار بوته در هکتار و تأخیر در کشت از ۲۰ فروردین به ۲۹ اردیبهشت میزان درصد فیبر خام در علوفه افزایش می‌یابد(Mokhtarpour *et al*., 2007). این نتیجه با مشاهدات این بررسی مطابقت داشت. فیض‌بخش و همکاران (Feizbakhsh *et al*., 2008) دلیل عمده افزایش میزان فیبر خام علوفه در تراکم‌های زیاد ذرت را کاهش سهم بلال در افزایش عملکرد سیلویی عنوان کردند، زیرا بلال منبع سرشاری از پروتئین خام بوده و میزان فیبر خام آن نیز کم می‌باشد. ربانی و همکاران (Rabbani *et al*., 2011) در مقایسه کیفیت علوفه تازه و سیلوی تاج‌خروس با ذرت علوفه‌ای نشان دادند میزان فیبر در علوفه ذرت بیشتر از تاج‌خروس بود. فضائلی (Fazaeli, 2007) نیز به میزان کم فیبر در تاج‌خروس اشاره کرده است. گزارش شده است که با تأخیر در کاشت، به دلیل مواجه شدن رشد گیاه با درجه حرارت بالا و طول روز بلند، دیواره سلولی تحریک به ساخت فیبر شده (افزایش فیبر) و قابلیت هضم گیاه کاهش می‌یابد (Bezi *et al*., 2005). بنابراین، کشت زودهنگام (ذرت، سورگوم، تاج‌خروس) به دلیل مناسب بودن حرارت و شرایط مساعد محیطی باعث کاهش فیبر خام شده و این موضوع خوش‌خوراکی و ارزش غذایی علوفه را افزایش می‌دهد. امّا تأخیر در کاشت باعث افزایش میزان فیبر خام می‌شود.

عملکرد علوفه خشک: نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای مکان، گیاه، تراکم بوته، تاریخ کاشت بر میزان عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر برهم‌کنش گیاه × تراکم بوته× تاریخ کاشت در مکان‌های آزمایشی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک در گیاه تاج‌خروس با میانگین ۱۱۲۷۹/۷۰ گرم بر متر مربع در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه با تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد. پس از آن نیز در همین تاریخ کاشت، گیاه تاج‌خروس در تراکم‌های ۸۳۰۰۰ و ۱۱۰/۰۰۰ بوته در هکتار به ترتیب با ۷۷۲۰/۰۷ و ۶۷۱۹/۱۷ گرم بر متر مربع بیشترین علوفه خشک را تولید کرد (جدول ۳). کمترین علوفه خشک در گیاه سورگوم با ۱۲۶۹/۹۷ گرم بر متر مربع در تاریخ کاشت ۳۰ تیر ماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار وجود داشت (جدول ۳).

جدول ۳ نشان می‌دهد در سورگوم و ذرت با افزایش تراکم بوته عملکرد علوفه زیاد می‌شود و هرچه تاریخ کاشت به تعویق افتد، عملکرد آنها کاهش می‌یابد. این نتایج با مشاهدات (Sadeghi and Bahrani, 1999; Tetio and Gardner, 1988) همخوانی داشت. عملکرد علوفه گیاه تاج‌خروس با افزایش تراکم بوته، کاهش یافت و در تاریخ کاشت‌های اول و ۳۰ تیرماه واکنش مناسبی به افزایش عملکرد نداشت. تاج‌خروس در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه و تراکم‌های کمتر، بیش از سایر تیمارها، علوفه خشک تولید کرد. آینه‌بند و همکاران (Aynehband *et al*., 2005) نیز به چنین نتیجه مشابهی دست یافتند. ویبر (Weber, 1987) نیز بیان کرد علوفه خشک تاج‌خروس نسبت به تراکم و تاریخ کاشت‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهد و در تاریخ کاشت مناسب با تراکم‌های بهینه

به‌نحوی که از فضای تغذیه‌ای گیاه کم نشود، علوفه آن افزایش می‌یابد. مشاور و همکاران (Moshaver *et al.*, 2015) طی بررسی‌های خود نشان دادند در ذرت و سورگوم، اگرچه افزایش تراکم بوته منجر به کاهش قطر ساقه (که یکی از مؤلفه‌های مهم در افزایش عملکرد گیاهان علوفه‌ای محسوب می‌گردد) می‌شود، اما در نهایت افزایش تعداد بوته در واحد سطح می‌تواند عملکرد علوفه را افزایش دهد. اما در گیاه تاج‌خروس افزایش تراکم بوته، منجر به کاهش قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، کاهش وزن برگ و ساقه شده و در نهایت سبب کاهش عملکرد علوفه می‌گردد. وی اظهار کرد با کاهش تراکم بوته در گیاه تاج‌خروس و فراهم کردن فضای تغذیه‌ای بیشتر، توسعه و رشد آن بهبود می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. به‌طوری‌که باعث تغییرات مهمی در هر سه گیاه شد. زیرا این عوامل از طریق کاهش دسترسی گیاه به عناصر غذایی خاک به علت رقابت در تراکم‌های بالاتر و کاهش دوره‌ی رشد رویشی به علت تأخیر در کاشت توانستند تغییرات عمده‌ای را در صفات مورد مطالعه ایجاد کنند. نتایج نشان داد در ذرت و سورگوم با افزایش تراکم بوته و در تاج‌خروس با کاهش تراکم بوته، عملکرد علوفه خشک افزایش یافت و در هر سه گیاه با تاخیر در کاشت، عملکرد علوفه خشک کاهش پیدا کرد. نکته حایز اهمیت در این بررسی آن است که کمترین میزان عملکرد علوفه تاج‌خروس در نامناسب‌ترین تراکم بوته و تاریخ کاشت مربوطه از بیشترین میزان عملکرد علوفه ذرت و سورگوم در بهترین تراکم بوته و تاریخ کاشت آنها، بالاتر است که نشان دهنده‌ی تولید بیشتر علوفه تاج‌خروس نسبت به ذرت و سورگوم است. همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش تراکم بوته و تاخیر در کاشت میزان آهن، کلسیم و روی کاهش و درصد فیبر افزایش و با افزایش تراکم بوته میزان پروتئین دانه و پروتئین خام علوفه کاهش یافت. به‌طورکلی، گیاه تاج‌خروس در مقایسه با ذرت و سورگوم از لحاظ بیشترین میزان عملکرد علوفه، آهن، کلسیم، پروتئین دانه و پروتئین خام علوفه و کمترین درصد فیبر در علوفه، در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه و تراکم ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار بهترین تیمار پیشنهادی برای شرایط زراعی استان فارس و مناطق اقلیمی و زراعی مشابه، قابل‌توصیه می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil characteristics of experiment site

الف) مزرعه روستای زنگی آباد a) Field of Zangi-abad

منگنز Mn	مس cu	روی zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	شن Sand	سیلیت Silt	رس Clay	شوری Ec	pH
mg/kg						(%)				ds/m	
9.7	1.03	1.3	10.8	480	14.5	0.1	14	45	41	0.74	7.73

ب) مزرعه روستای حسن آباد b)Field of Hassan-abad

منگنز Mn	مس cu	روی zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	شن Sand	سیلیت Silt	رس Clay	شوری Ec	pH
mg/kg						(%)				ds/m	
8.6	1.94	0.7	8.3	400	18	0.098	16.2	44.2	39.6	0.93	7.9

جدول۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در گیاه، تراکم بوته و تاریخ کاشت‌های مختلف در دو مکان آزمایش

Table 2- Combined analysis of variance for investigation traits in plant, density and sowing date in two location

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		پروتئین خام علوفه Crude protein	روی Zinc	کلسیم Calcium	میزان آهن Iron	پروتئین دانه Protein of seed	فیبر Fiber	عملکرد علوفه خشک Dry hay yield
مکان Location	1	0.0015*	36.87**	1.81**	14367.01**	7.41**	1.1**	10336*
تکرار در مکان Replication	4	0.0002	0.67	0.001	7.31	0.0003	0.02	1276.9
گیاه plant	2	0.31**	20222.5**	55.51**	541528.65**	215.04**	1842.7**	238194671**
مکان × گیاه plant× Location	2	0.001**	6.67*	1.64**	14634.67**	0.52**	0.68**	770073.9**
خطای۱ Error1	8	0.00004	1.20	0.0011	2.61	0.0006	0.01	2235.3
تراکم density	2	4.50 **	13474.3**	6.37**	190679.60**	49.69**	273.71**	6381485.9**
مکان × تراکم density × Location	2	0.006**	11.91**	0.02**	1492.96**	0.07**	0.37**	119364.8**
گیاه × تراکم density × plant	4	0.08 **	1207.56**	1.90**	13747.34**	0.59**	21.75**	12059283.9**
مکان × گیاه × تراکم × plant ×Location density	4	0.001**	13.80**	0.03**	1365.88**	0.14**	0.29**	56337.9**
خطای۲ Error2	24	0.00013	0.81	0.0011	2.22	0.00031	0.006	2127.8
تاریخ کاشت Sowing date	2	0.31**	7024.89**	1.72**	29972.30**	71.10**	72.58**	67929699.3**
مکان × تاریخ کاشت Sowing date× Location	2	0.007**	19.68*	0.51**	5344.94**	1.71**	1.27**	1619384.3**
گیاه × تاریخ کاشت Sowing date × plant	4	0.11**	1940.03**	1.83**	5426.75**	21.99**	11.09**	24143533.3**
مکان × گیاه × تاریخ کاشت × plant × location sowing date	4	0.01**	54.87**	0.59**	3254.68**	0.55**	0.23*	840540.4**
تراکم × تاریخ کاشت sowing date× density	4	0.01**	891.56**	0.07**	2745.01**	1.36**	0.83**	1951764.2**
مکان × تراکم × تاریخ کاشت × density × location sowing date	4	0.01**	29.06**	0.07**	627.78**	0.14**	0. 78**	656407.8**
گیاه × تراکم × تاریخ کاشت plant×density×sowing date	8	0.03**	397.12**	0.11**	2012.59**	1.79**	1.92**	2405714.9**
مکان × گیاه × تراکم × تاریخ کاشت × plant × location sowing date × density	8	0.004**	25.55**	0.07**	343.40**	0. 83**	0.38**	700984.4**
خطای ۳ Error3	72	0.001	4.99	0.01	29.83	0.06	0.08	2022.1
ضریب تغییرات Coefficient variation(CV)%		2.56	4.31	9.75	2.58	2.61	1.65	3.2

n.s ,**,*: به‌ترتیب نشانگرعدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns:Non-significant. * and**: significant at 0.01 and 0.05 probability level, respectively.

جدول۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری اثرات گیاه × تراکم بوته × تاریخ کاشت روی صفات مورد بررسی در دو مکان آزمایش

Table 3- Means comparision of treatment combination for plant × density × sowing date on studied traits in two locations

تیمارها Treatments			صفات مورد بررسی Investigation traits						
گیاه Plant	تراکم Density (Plant/ha^{-1})	تاریخ کاشت Sowing date	پروتئین دانه Protein of seed (%)	میزان آهن Iron mg/kg^{-1}) (D.M	کلسیم Calcium (%)	روی Zinc mg/kg^{-1}) (D.M	پروتئین خام علوفه Crude protein (%)	فیبر Fiber (%)	عملکرد علوفه خشک Dry hay yield (gr/m2)
ذرت Corn	66000	۱ تیرماه June22	7.48u*	225h	0.81k	113.50a	1.43d	11.27u	3073.13k
	66000	۱۵ تیرماه July6	8.48p	218.83j	0.78k	108.13b	1.48c	12.06r	2957.40l
	66000	۳۰ تیرماه July21	12.10d	145.50q	0.98i	56.83g	1.70a	16.31m	1990.27r
	83000	۱ تیرماه June22	6.65w	177.93o	0.71l	103.28c	0.98n	13.85o	3059.17k
	83000	۱۵ تیرماه July6	8.22q	127.50s	0.68 lm	76.03e	1.17i	14.59n	2869.80m
	83000	۳۰ تیرماه July21	11.23j	112.50t	0.58o	49.36i	1.23h	16.99 l	2159.03q
	110000	۱ تیرماه June22	6.16x	103.07v	0.64mn	49.35i	0.78t	18.79k	3271.59j
	110000	۱۵ تیرماه July6	7.65s	67.66x	0.50p	44.52k	0.92p	19.61j	3092.47k
	110000	۳۰ تیرماه July21	9.42n	74.66w	0.49p	38.83n	0.96o	21.30h	2388.47o
سورگوم Sorghum	66000	۱ تیرماه June22	8.23q	206.66k	0.91j	85.29d	1.15j	20.35i	1430.83tu
	66000	۱۵ تیرماه July6	10.16l	204.66l	0.80k	56h	1.24h	21.90g	2311.07p
	66000	۳۰ تیرماه July21	11.30i	197.10m	0.59no	44.80k	1.34f	22.65e	1269.97w
	83000	۱ تیرماه June22	7.51t	195.66m	0.58o	65.04f	0.99n	21.89g	1480.53t
	83000	۱۵ تیرماه July6	9.001o	190.57n	0.51p	47.50j	1.07l	22.54f	2488.75n
	83000	۳۰ تیرماه July21	9.64m	130.17r	0.52p	41.22m	1.17i	24.06c	1365.02v
	110000	۱ تیرماه June22	6.96v	152.38p	0.48p	49.68i	0.71v	23.24d	1619.59s
	110000	۱۵ تیرماه July6	7.72r	144.72q	0.38q	41.93 lm	0.76u	24.83b	3101.70k
	110000	۳۰ تیرماه July21	8.50p	108.17v	0.38q	36.53o	0.85r	26.39a	1418.93u
تاج خروس Amaranth	66000	۱ تیرماه June22	12.05e	392.50b	3c	46.73j	1.36e	9.34x	6079.73d
	66000	۱۵ تیرماه July6	14.85a	446a	3.67a	49.40i	1.65ab	9.45wx	11279.70a
	66000	۳۰ تیرماه July21	12.52c	370d	2.25e	42.70l	1.31g	9.97v	4492.87e
	83000	۱ تیرماه June22	11.33h	342.33e	2.72d	31.66p	1.25m	11.67t	4400.63f
	83000	۱۵ تیرماه July6	12.81b	390c	3.05b	32.33p	1.15j	11.74t	7720.07b
	83000	۳۰ تیرماه July21	11.66g	301.50f	1.99f	29.96q	1.13k	11.93s	4123.90g
	110000	۱ تیرماه June22	10.68k	223.83h	1.51g	19.60r	0.80s	12.63q	4010.05h
	110000	۱۵ تیرماه July6	11.89f	246g	2f	19.90r	0.89q	12.88p	6719.17c
	110000	۳۰ تیرماه July21	11.29i	221.66i	1.26h	19.23r	0.80s	13.86o	3773.77i

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد به روش دانکن است.

*Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

References منابع مورد استفاده

- Aghaalikhani, M. 1993. Evaluating of different nitrogen rates on yield, growth and qualitative and quantitative of forage Sorghum. Ms Thesis. University of Tehran. 183pp.
- Akinola, J.D., and J.H. Davies. 1978. Effects of sowing date on forage and seed production of 14 varieties of cowpea. *Journal of Agriculture*. 14:197-203.
- Alvarez – Jubetea, L., E.K. Arendtb, and E. Gallaghera. 2010. Nutritive value of pseudo cereals and their increasing use as functional gluten – free ingredients. *Food Science and Technology*. 21: 106-113.
- Ansari-Ardali, S., and M. Aghaalikhani. 2012. Effect of nitrogrn and density on qualitative and quantitative performance of forage Amaranth. *Iranian Journal of Agronomy Science*. 1: 35-44. (In Persian).
- Arnon, A. 1993. Agronomy in dry land. Translate: Koucheki, A. Jahade Daneshghai Mashhad Press. 202pp.
- Ayeneband, A., Aqasizadeh, V. and Meskarbashi, M. 2005. Evaluation of quantitative and qualitative charactereistics of Amaranth cultiuvars in different planting dates. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5(2): 221-228. .(In Persian).
- Barba de la Rosa, A.P., I.S. Fomsgaard, B. Larsen, A.G. Mortensen, and A. De Leon. 2009. Amaranth as an alternative crop for sustainable food production, phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science*. 49: 117-121.
- Bazi, M.., N. Nemati, H. Mokhtarpour, and S.A. Mosavat. 2005. Effects of plant density and tiller removal on quality and quantity of forage sweet corn. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 2:38-46. (In Persian).
- Becker, R., E.L. Wheeler, K. Lorenz, A.E. Stafford, O.K. Gro – Sjean, and R.M. Saunders. 1981. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science*. 46: 1175-1180.
- Berghofer, E. and Schoenlechner, R. 2002. Grain Amaranth. In: Belton P. *Taylor Journal*. 219-260.
- Caselato – Sousa, V.M., and J. Amaya. 2012. State of Knowledge amaranth grain, a comprehensive review. *Journal of Food Science*. 4: 93-104.
- Cox, W.J., and D.J.R. Cherney. 2001. Row spacing, plant density and nitrogen effect on corn silage. *Agronomy Journal*. 93:597-602.
- Curran, B., and J. Posch. 2000. Agronomic management of silage for yield and quality, silage cutting height. *Crop Insights Journal*. 10(2): 48-57.
- Danik, M., and A. Richard. 2001. Amaranth as a Nutritional Supplement for the Modern Diet. *The Official Newsletter of the Amaranth Institute*. 15(1):2-5.
- Early, E.B., R.J. Miller, G.L. Reichert, R.H. Hageman, and R.D. Sief. 1966. Effects of shade on maize production under field conditions. *Crop Science*. 6:1-6.

- Emami, A. 1996. The methods of plant analyse. Technical Bulletin. No 182. Vol 1. *Institute of Soil and Water Research, Tehran*.
- Eshghizadeh, H.R., A.H. Khoshgortarmanesh, A. Ashrafi, A.H. Moaalem, and A. Miladi. 2008. Evaluation of iron rate in some crops in vitro. *Journal of Agriculturearl Science and Naturural Recources*. 3:48-53. (In Persian).
- Fallah, S.A., and A. Tadayon. 2007. Effect of nitrogrn and density on yield, nitrat and protein of silage corn. *Electronic Journal of Agriculture Crops Production*. 1: 105-121. (In Persian).
- Fazaeli, H. 2007. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) a potential of good quality forage. First International Conference on Sustainable Animal -Agriculture in Developing Countries. Pp. 317-319. 27-29 Sept. Yunnan Agricultural University, Kunming, China.
- Feizbakhsh, M.T., H. Mokhtarpour, A. Mosavat, A. Mohajer and Gh. Shahi. 2008. Effect of swing date and plant density on forage yield and morphological characteristics of corn (Sc.704). *Electronic Journal Agronomy Plant*. 3:1:217-224. (In Persian).
- Gimplinger, D. M., G. Shulter, G. Dobos, H. P. Kaul. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *Agronomy Journal*. 28:119-125.
- Graybill, J.S., W.T. Cox, and D.J. Otis. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date and plant density. *Agronomy Journal*. 85:559-564.
- Gregorova, H., M. Babelove, and E. Durkova. 2001. Productivity and quality of amaranth above – ground biomass under row spacing and crop density. *The 55th Anniversary of the Slovak Agricultural University in Nitra*.
- Grobelink Mlakar, S. 2006. The impact of sowing date, plant density and mineral nitrogen fertilization on grain yield and quality of *Amaranthus Cruentus* "G6". MSc thesis, Ljublijana, 88P.
- Hale, M.G., and D.M. Orcutt. 1987. The physiology of plants under stress. New York Press.
- Hanson, W.C. 1950. The photometric determination of phosphorus in fertilizers using the phosphor vanadomolybdate complex. *Journal of Science in Food and Agriculture*. 1: 172-173
- Hanway, D.G. 1979. Corn planting date, population and row spacing. University of Nebraska, Lincoln, Bull. 79:138-147.
- Henderson, T., B. Johnson, and A. Schneiter. 2000. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 92: 329-336.
- Ishizuka, Y. 1978. Nutrient deficiencies of crops. Food Technology Center Press. P:218.
- Javadi, H., M.H. Rashed – Mohassel, and A. Azari. 2005. Effect plant density on agronomy characteristics, chlorophyll content and steam remobilization of four grain sorghum cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5(2): 271-279. .(In Persian).

- Jones, R., and G.L. Johnson. 1991. Row width and plant density effects on Texas high plains sorghum. *Journal of Production of Agriculture*. 4:613-621.
- Karimi, H. 2005. Agronomy and breeding of hay crops (Vol7). University Tehran Press. 414 pp.
- Lang, A.L., J.W. Pendekton, and G.H. Dungan. 1956. Effects of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids. *Agronomy Journal*. 48: 284-289.
- Lauer, J. 1997. More mileage from corn silage: Selecting hybrids. Field crops, 28:429-433.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. Second edition. New York, Academic Press.
- Masaoka, Y., and N. Takano. 1985. Studies on the digestibility of forage crops. Effect of plant density on cell wall digestibility by cellulose using two sorghum cultivars of differing tillering. *Jornal of Japan Grassland Science*. 31:117-122.
- Mehrani, A., H. Fazaeili, and H. Asadi. 2012. Effect of harvest in different growth step on qualitative and quantitative of Forage amaranth and evaluation of economic. *Journal of Plant and Seed*. 28(2): 173-185. (In Persian).
- Mokhtarpour, H., S.A. Mosavat, M.T. Bazy, and A.R. Saberi. 2007. Effect of sowing date and plant density on quality and quantity characteristics of forage sweet corn. *Iran Journal of Agricultural Science*. 2: 38-46. (In Persian).
- Moll, R.H., and E.J. Kamparth. 1977. Effects of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*. 69:81-84.
- Moshaver, E., Y. Emam, H. Madani, Gh. Nourmohamadi, and H. Heidari-Sharifabad. 2015. Comparison of qualitative and quantitative performance of forage crops Maize, Sorghum and Amaranth as affected by planting density and date. *Trends in Life Sciences*. 4(4): 97-105.
- Myers R.L. 1996. Amaranth: new crop opportunity. In Janick J. (ed.): Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria: 207-220.
- Niromand-Tomaj, A., M. Jamialahmadi, A. Reyasi, and Gh.R. Zamani. 2008. Response some qualitative characteristics of (*Lathyrus sativus* L.) to density and sowing date in Birjand. *Iranian Journal of Agriculture Research*. 9(4): 678-684. .(In Persian).
- Normohamadi, Gh., S. Syadat, and A. Kashani. 2001. Agronomy (cereal). Ahvaz University. P: 428.
- Paduano, D.C., R.M. Dixon, J.A. Doming, and J.H.G. Holmes. 1995. Lupin, cowpea and navy bean seeds as supplements for sheeps fed low quality roughage. *Journal Animal Feed Science Technolgy*. 53: 55-69.
- Pospisil, A., B. Varga, and Z. Sveenjak. 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species as influenced by density. *European Journal of Agronomy*. 25: 250-253.

- Putnam, D., E. Oplinger, J. Doll, and E. Schulte. 1989. Amaranth. Alternative field crops manual. Elctronic version issue. Univ. Wisconsion, Extension Service, Madison.
- Rabbani, H., S.A Mirhadi, H. Aliarabi, H. Fazaeli, and H.R. Mahjobi. 2011. Evaluating of silage and fresh protein of two variations of forage amaranth and comparision with forage corn by protein and carbohydrate Cernel system. 5th Iranian Pasture Science Congress. University of Esfahan.
- Raei, Y., M. Jodaet, H. Moghadam, M.R. Chaeichi, and V. Vayasani. 2009. Effect of sowing date and density on qualitative and quantitative performance of two variations of forage sorghum under limitation of water. *Journal of Agriculturearl Science and Naturural Recources*. 92: 52-65. (In Persian).
- Rangarajan, A., B. Ingall, M. Orfanedes, and D. Wolf. 2002. In row spacing and cultivar affects ear yield and quality of early – planted sweet corn. *Hortechnology Journal*. 12: 410-415.
- Raut, M.S., and M. Ali. 1987. Productivity of forage sorghum as influenced due to nitrogen and phosphorus under rainfed condition on vertisol of Burdelkhand tract. *Indian Journal of Agricultural Research*. 21(3): 171-174.
- Sadeghi, H., and M.J. Bahrani. 1999. Effects of plant density and nitrogen rates on yield and yield components of corn. *Iranian Journal Crop Science*. 3:403-412. (In Persian).
- Singh chhidda, J. 1988. Modern Techniques of raising Field Crops. Oxford and IBH pub. p.523.
- Sleugh, B., K. Moore, E. Brummer, A. Knapp, J. Rvssell, and L. Gibson. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Science*. 41: 466-472.
- Stalknecht, G.F., and J.R. Schulz – Schaeffer. 1993. Amaranth rediscovered. New York Publish. P: 211-218.
- Tabatabaei, S., A. Razazi, A.H. Khoshgortarmanesh, N. Khodaeiyan, Z. Mehrabi, A. Askari, Sh. Fatheyan, and F. Ramezanzadeh. 2007. Effect of iron deficienvy on concentrated, absorption and transition of iron, zinc, manganese in some a griculture crops. *Journal of Soil and Water*. 25(4): 728-735. (In Persian).
- Tetio – Kagho, F., and F.P. Gardner. 1988. Response of maize to plant population density, canopy development, light relationship and vegetative growth. *Agronomy Journal*. 8: 930-935.
- Tosi, E.A., E.H. Lucero, and R. Masciatelli. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth grain (*Amaranthus Cruentus*) by different milling. *Journal of Food Chemistry*. 73: 441-443.
- Ulger, A.C., H. Ibrikci, B. Cakin, and N. Guzel. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content and other plant parameters. *Journal of Plant Nutriant*. 20: 1697-1709.
- Valcarcel – Yamani, B., and S. Caetano. 2012. Applications of quinoa and amaranth and their influence in the nutritional value of cereal based foods. *Food and Public Health*. 2: 265-275.

- Valimohamadi, F., M. Tajbakhsh, and A. Saeid. 2008. Effect of density and sowing date on yield and yield components and some qualitative and morphology characteristics of pea. *Journal of Agriculturearl Science and Naturural Recources*. 46: 31-40. (In Persian).
- Vansoest, P.J., and R.H. Wine. 1991 a. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*. 51:780.
- Vansoest, P.J., and R.H. Wine. 1991 b. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell constituents. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*. 50:50.
- Weber, L.E. 1987. Amaranth grain production guide. Rodale Research Center, Rodale Press Inc. Pennsylvania, USA. P: 178.
- Williams, J. and D. Brenner. 1995. Grain Amaranth. P: 129-186.
- Yin, X., and T.J. Vyn. 2005. Relationships of isoflavone, oil and protein in seed with yield of soybean. *Agronomy Journal*. 97: 1314-1321.

Comparison of Yield and Some Forage Qualitative Characteristics of Corn, Sorghum and Amaranth in Response to Density and Sowing Date in Fars Province

Elham Moshaver [1*], Yahya Emam[2], Hamid Madani[3], Ghorban Nour Mohamadi[4], and Hossein Heidari Sharifabad[4]

Received: August 2015, Revised: 11 January 2016, Accepted: 16 February 2016

Abstract

Field studies were conducted at Marvdasht area of Fars province in 2013 to investigate the effects of planting date and density on yield and some qualitative characteristics of three forage crops; corn, sorghum and amaranth . Split split plot experiments were conducted in a complete randomized block design with 3 replications at two locations. Treatments were plant species (forage corn 704, forage sorghum cultivar Speedfeed and a new forage crop: amaranth), plant density (66000, 83000 and 110000 plants per hectare) and planting date (June 22, July 6, July 21). Combined analysis of variance indicated that, plant species, planting density and date significantly affected hay yield, grain protein percentage, iron and zinc content, calcium percentage, fiber and crude protein content. Highest hay production (11279.70 $g.m^{-2}$), grain protein percentage(14.85%), iron content (446 mg kg^{-1} dry matter), calcium percentage (3.66%), and the lowest fiber content (9.44%) were obtained from amaranth with density of 66000 plants per hectare planted on July the 6^{th}. The highest content of zinc(113.50 mg kg^{-1} dry matter) was observed with corn planted on June 22 with density of 66000 plants per hectare. The highest content of crude protein was in corn planted on July 21 with density of 66000 plants per hectare(1.69%) without significant difference against amaranth planted on July 6 (1.65%). Maximum fiber content (26.39%) belonged to sorghum plant. The results of this experiment showed that quality of 3 forage species were reduced with delaying planting date and increasing plant density. The results of this experiment, as a whole, showed that amaranth with density of 66000 plants per hectare at sowing date of July 6 can be recommended as appropriate and superior forage plant to Fars province based on the traits evaluated.

Key words: Forage quality, Forage yield of amaranth, Iron content, Protein percentage.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Professor of Agronomy Department, Shiraz University, Shiraz, Iran.
3- Associte Professor of Agronomy Department, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
4- Professor of Agronomy Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
* *Corresponding Author: elham.moshaver@yahoo.com*