نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۴(۴۰)، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۰۳۸-۱۰۲۵

ارزیابی صفات کیفی علوفه ارقام ذرت (*Zea mays* L.) در واکنش به تراکم کاشت

حمداله اسکندری[1*]، عبداله جوانمرد[2] و فریبرز شکاری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۳

چکیده

ذرت نقش مهمی در تغذیه دام‌ها دارد. به همین دلیل، تلاش برای افزایش کیفیت علوفه آن از طریق مدیریت‌های زراعی اهمیت بالایی دارد. به‌منظور بررسی کیفیت علوفه ارقام ذرت در واکنش به تراکم کاشت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتور اول شامل تراکم بوته در سه سطح، ۹۳، ۱۰۵ و ۱۱۹ هزار بوته در هکتار و فاکتور دوم شامل ارقام ذرت در پنج سطح، زوالا، سیمون، NS، ۵۴۰ و ۳۷۰ بودند. نتایج نشان داد که تولید ماده خشک تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و رقم قرار گرفت. به‌طوری‌که، رقم ۵۴۰ در تراکم ۱۱۹ هزار بوته در هکتار بیش‌ترین مقدار علوفه (۹۸۰ گرم بر متر مربع) و رقم NS در تراکم ۹۳ هزار بوته کمترین مقدار آن را (۹۳۳ گرم بر متر مربع) تولید کردند. به نظر می‌رسد که هر چه تراکم کاشت بیشتر باشد، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز نیز بالاتر رفته و کیفیت علوفه افزایش می‌یابد. از نظر شاخص دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز، رقم زوالا با داشتن ۶۳۸ گرم بر کیلوگرم، کم‌ترین کیفیت را داشت، در حالی که سایر ارقام از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند. میزان فسفر علوفه در تراکم ۹۳ هزار بوته در هکتار بیش‌ترین مقدار را داشت ولی مقدار کلسیم تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نگرفت. در تراکم‌های کمتر، از نظر پروتئین خام، علوفه‌ای با کیفیتی بالاتر تولید شد. رقم ۵۴۰ بیش‌ترین عملکرد پروتئین خام (کیلوگرم در هکتار) را داشت که نشان از برتری این رقم نسبت به سایر ارقام مورد بررسی دارد و در نتیجه، برای تولید علـوفه با کیفیت بالاتر و ماده خشک بیشتر در منطقه (و سایر مناطق با شرایط اقلیمی مشابه) قابل توصیه می‌باشد.

واژگان کلیدی: پروتئین خام، تراکم بوته، دیواره سلولی، ماده خشک، همی‌سلولز.

۱- دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) ehamdollah@gmail.com
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) کـه در دنیـا از نظـر تولید بعد از گندم و برنج، سومین محصول غلـه‌ای مهم جهان محسوب می‌شود، علاوه بر ایـن‌کـه بـه دلیل برخورداری از سـازگاری بـالا در محـدوده‌ی وسـیعی از شـرایط محیطـی قابـل کـشت اسـت (Eskandari and Ghanbari, 2011)، در صـورت فراهم بودن رقم مناسب و رعایـت اصـول زراعـت، قادر به تولید مقـدار زیـادی علوفـه در هکتـار نیـز مـی‌باشـد (Farnham, 2001). بـه دلیـل اهمیـت زیادی که ذرت در تغذیه دام‌ها دارد، تـلاش‌هـایی زیادی برای افزایش عملکرد آن از طریق بکارگیری مدیریت‌های به زراعی انجام شـده اسـت. از جملـه این روش‌ها، تعیین تراکم مناسب کشت است، چرا که تراکم عاملی است که از طریق تأثیر بر سـاختار کانوپی، بر میزان بهره‌بـرداری از منـابع محیطـی و بـه تبـع آن رشـد و تولیـد گیـاه تأثیرگـذار اسـت (Saberi *et al.*, 2005). نتایج یک آزمـایش نـشان داد، ذرت در سه تراکم ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ هزار بوته در هکتار، در تراکم‌های بالاتر، تولید مـاده خـشک بیشتری داشت کـه بیـانگر اسـتفاده مطلـوب‌تـر از منـابع محیطـی اسـت (Taheri *et al.*, 2007). در یک پژوهش دیگر نتیجه گرفته شـد که مـی‌تـوان بدون اینکه کیفیت علوفه ذرت کاهش پیدا کند، با افزایش تراکم تا حد مطلوب، ماده خشک بیشتری تولید کرد (Ferreira *et al.*, 2014). بـا ایـن حـال نتیجه یک مطالعه دیگر نشان داد که بـرای تولیـد ماده خشک مطلوب، ذرت باید در تـراکم کمتـر از ۹۰ هزار بوته در هکتار کـشت شـود (Shaffer *et al.*, 2013). ایـن نتـایج، نـشان دهنـده اهمیـت بررسی تراکم در ارقام مختلف برای تولید حـداکثر ماده خشک می‌باشد.

اگر چه گیاهان علوفه‌ای خـانواده غـلات بـه دلیل هزینه‌های کم تولید و هم‌چنین تولیـد زیـاد ماده خشک که دارای مقادیر زیـادی کربوهیـدرات می‌باشد، بـه‌طـور وسـیعی در تغذیـه دام‌هـا مـورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی بـه دلیـل میـزان کـم پـــروتئین، ارزش تغذیـــه‌ای پـــایینی دارنـــد (Eskandari *et al.*, 2009). در چنـین شـرایطی، برای افزایش تولید دام‌هـا اسـتفاده از مکمـل‌هـای پروتئینی ضروری است. ایـن در حـالی اسـت کـه قیمت مکمل‌های پروتئینی بالا بـوده و اسـتفاده از آن منجر به افزایش هزینه‌های تولیـد مـی‌شـود. از آنجا که حدود یک سـوم از هزینـه‌هـای تولیـد در دام‌ها، به تغذیـه‌ی دام‌هـا مـرتبط اسـت، افـزایش کارآیی تولید از طریق استفاده از علوفه بـا کیفیـت بالا جهت کاهش هزینه‌های تولید اهمیـت زیـادی دارد. گزارش شده است کـه مـدیریت‌هـای زراعـی مناسب می‌تواند در کیفیت علوفـه گیاهـان زراعـی مؤثر باشد (Aysen *et al.*, 2003) که از جمله آنها تـراکم کاشـت مـی‌باشـد (Cox and Cherney, 2001). در این زمینه گزارش شده است که تـأثیر تراکم بر کیفیت علوفه ارقـام ذرت متفـاوت اسـت، به‌طـوری کـه رقـم سـینگل‌کـراس ۷۰۴ بـالاترین کیفیت علوفـه را در تـراکم ۸۷-۷۰ هـزار بوتـه در هکتار داشت در حالی که بالاترین کیفیـت علوفـه ارقـام سـینگل‌کـراس ۶۴۷ و ۳۰۱ بـه‌ترتیـب در تراکم‌های ۸۳ و ۱۰۴ هزار بوته در هکتار به‌دسـت آمـــد (Haidargholinezhad *et al.*, 2003). بنابراین، اثر تراکم بر کیفیت علوفـه ذرت در ارقـام مختلف نیاز به بررسـی بیـشتر دارد. بـرای تعیـین کیفیت علوفـه از شـاخص‌هـای مختلفـی اسـتفاده می‌شـود کـه از جملـه آنهـا دیـواره سـلولی فاقـد همی‌سلولز و پروتئین خـام اسـت. دیـواره سـلولی

فاقد همی‌سلولز، به‌عنوان شاخصی برای تخمین میزان غلظت دیواره سلولی به کار می‌رود و با قابلیت هضم رابطه منفی دارد. هر چه میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز بیشتر باشد میزان خوراک دام کاهش می‌یابد زیرا میزان سیر کنندگی آن به دلیل کاهش هضم علوفه بیشتر می شود. بنابراین، میزان پایین دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز مطلوب است (Ghanbari *et al.*, 2010). در یک تحقیق مشخص شد که محتوای دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز علوفه ذرت با افزایش تراکم بیشتر می‌شود (Stanton *et al.*, 2007). در حالی که در یک گزارش دیگر مشخص شد که با افزایش تراکم، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز علوفه ذرت کاهش می‌یابد (Budakli-Carpici *et al.*, 2010). در یک پژوهش دیگر که در دو سال انجام گرفت در سال اول نشان داده شد که با کاهش تراکم، محتوای دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز افزایش می‌یابد اما در سال دوم، دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز بیشتر در تراکم‌های بیشتر دیده شد (Iptas and Acar, 2006).

کیفیت علوفه رابطه مثبتی با میزان پروتئین خام دارد. در یک پژوهش، پروتئین خام ذرت در تراکم‌های ۲۵، ۴۵، ۶۵، ۸۵، ۱۰۵ و ۱۲۵ هزار بوته در هکتار بررسی و مشخص گردید بیش‌ترین میزان پروتئین خام به تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار تعلق داشت (Faizbakhsh *et al.*, 2010). گزارش شده است که تراکم ذرت بر پروتئین خام آن مؤثر است، به‌طوری که حداکثر عملکرد پروتئین ذرت شیرین در بیش‌ترین تراکم بوته به دست آمد (Mokhtar-pour *et al.*, 2006).

اجرای آزمایش حاضر، با هدف بررسی کیفیت و کمیت علوفه ارقام ذرت در تراکم‌های مختلف اجرا گردید تا ضمن معرفی بهترین رقم از نظر تولید علوفه، واکنش احتمالی کیفیت علوفه به تراکم کاشت نیز مورد بررسی قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا گردید. اقلیم منطقه از نوع سرد و نیمه خشک بوده که میانگین بارندگی و دمای سالانه آن به ترتیب ۳۰۰ میلی‌متر و ۲۲ درجه سلسیوس می‌باشد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ درج شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتور اول تراکم بوته در سه سطح شامل ۹۳، ۱۰۵ و ۱۱۹ هزار بوته در هکتار و فاکتور دوم ارقام ذرت در پنج سطح شامل زوالا، سیمون، NS, 540 و ۳۷۰ بود. برخی خصوصیات ارقام مورد استفاده آزمایش در جدول ۲ آمده است. طول دوره رشد ارقام مورد استفاده نزدیک به‌هم می‌باشد. رقم ۳۷۰ نیز از نظر عملکرد دانه با سایر ارقام فاصله داشته، به طوری که عملکرد دانه آن حدود نصف سایر ارقام می‌باشد. تراکم‌های مورد نظر از طریق فاصله‌های متفاوت روی ردیف اعمال شدند. بدین طریق که فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر برای کلیه تراکم‌ها تهیه شد و سپس از اعمال فاصله روی ردیف‌های ۱۴، ۱۲/۷ و ۱۱ سانتی‌متر به ترتیب تراکم‌های ۹۳، ۱۰۵ و ۱۱۹ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد. کرت‌ها با چهار خط کاشت به طول سه متر و فاصله سه متر از هم آماده شدند. بستر بذر از طریق عملیات شخم و دیسک تهیه و با استفاده از پنجه غازی تسطیح گردید. سپس توسط پشته‌بند، پشته‌هایی با فاصله ثابت ۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد. در زمان کاشت با

توجه به نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت اوره به خاک اضافه گردید. دور آبیاری هر پنج روز یک‌بار در نظر گرفته شد. سه هفته بعد از کاشت، زمانی که بوته‌ها به مرحله ۶-۵ برگی رسیدند، عملیات تنک‌کردن انجام گرفت. در طول دوره رشد، علف‌های هرز از طریق وجین دستی کنترل شدند. در مرحله برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت از بقیه کرت انجام شد. سپس صفات کیفی علوفه شامل پروتئین خام (میزان پروتئین خام بر حسب گرم بر کیلوگرم ماده خشک و عملکرد کل پروتئین خام بر حسب کیلوگرم در هکتار)، عناصر معدنی فسفر و کلسیم بر حسب درصد، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز (گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و صفات کمی شامل میزان تولید ماده خشک در واحد سطح اندازه‌گیری شدند (Eskandari *et al.*, 2009). درصد پروتئین خام با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد. در این روش، میزان نیتروژن کل اندازه‌گیری شده و سپس در ضریب ۶/۲۵ ضرب می‌شود (Tadayon *et al.*, 2013). میزان کلسیم و فسفر با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل AA10) و میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز با استفاده از دستگاه فایبرتک اندازه‌گیری شدند (Van-Soest, 1994; Fathi-Achachlouei and Baderzadeh, 2014).

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تراکم بوته بر صفات دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز و فسفر در سطح احتمال پنج درصد و پروتئین خام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر این عامل بر میزان کلسیم، تولید ماده خشک و عملکرد پروتئین خام معنی‌دار نشد (جدول ۳). رقم به‌جز در مورد پروتئین خام، بر سایر صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۳). اثر متقابل تراکم با رقم تنها بر تولید ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت و صفات کیفی را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۳).

با افزایش تراکم، تولید علوفه خشک در کلیه ارقام ذرت افزایش یافت (شکل ۱). بیش‌ترین ماده خشک توسط رقم ۵۴۰ در تراکم ۱۱۹ هزار بوته در هکتار تولید شد در حالی که رقم NS در تراکم ۹۳ هزار بوته در هکتار، کم‌ترین ماده خشک را داشت. رقم ۵۴۰ علاوه بر این‌که در تمام تراکم‌های کاشت بیش‌ترین ماده خشک را تولید کرد، بیش‌ترین درصد افزایش ماده خشک (سه درصد) را با افزایش تراکم کاشت از ۹۳ به ۱۱۹ هزار بوته در هکتار نشان داد. این در حالی است که ارقام زولا و ۳۷۰ کم‌ترین درصد افزایش ماده خشک (نیم درصد) را داشتند (شکل ۱). اگرچه ارقام سیمون و زولا در کم‌ترین تراکم مورد بررسی، تولید ماده خشک مشابهی داشتند و روند تولید ماده خشک در هر دو رقم افزایشی بود، ولی در تراکم‌های بالاتر، رقم سیمون ماده خشک بیشتری تولید نمود که نشان دهنده‌ی مزیت این رقم در تراکم‌های بالاتر است. به‌طور کلی افزایش تولید ماده خشک مستلزم آن است که منابع محیطی به‌صورت کارآمد توسط گیاهان زراعی مورد استفاده قرار بگیرند و از هدر رفت آنها

جلوگیری شود (Fallah and Tadayon, 2009). تراکم بوته عاملی است که بر توزیع ماده خشک بین مخزن‌های مختلف گیاه نیز تأثیر مهمی دارد (Andrade *et al.*, 2002). بنابراین، می‌توان با انتخاب تراکم مطلوب بوته، حداکثر ماده خشک را در ذرت تولید نمود (Norwood, 2001). افزایش عملکرد ماده خشک ذرت با افزایش تراکم بوته با نتیجه سایر تحقیقات (Ramezani and Rezaie Sokht-Abandari, 2012; Saadatzadeh *et al.*, 2011) مطابقت دارد. اگرچه گزارش شده است که تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت و کاهش منابع محیطی در دسترس ممکن است سبب کاهش تولید ماده خشک در واحد سطح شود (Norwood, 2000) ولی در تحقیق حاضر، تراکم‌های بالاتر منجر به کاهش تولید ماده خشک نگردید. هر چند ممکن است با افزایش تراکم، رقابت درون گونه‌ای افزایش پیدا کند ولی نتایج این پژوهش نشان داد که رقابت درون گونه‌ای به اندازه‌ای نبوده است که اثر افزایش تعداد بوته بر افزایش عملکرد ماده خشک را خنثی کند، به همین دلیل در تراکم‌های بالاتر ذرت بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی با افزایش تولید ماده خشک همراه بود. به‌طور کلی، تراکم و گونه‌ی گیاهی از جمله عواملی هستند که تولید ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهند به‌طوری که افزایش تولید ماده خشک با بیشتر شدن تراکم، در تحقیقات دیگر (Widdicmbe and Thelen, 2002; Taheri *et al.*, 2007) نیز گزارش شده است. افزایش تولید ماده خشک در تراکم‌های بالاتر به استفاده بهتر از منابع محیطی نسبت داده شده است (Maddonni and Otegui, 2006; Ansari-Ardeli and Aghaalikhani, 2015). از طرف دیگر، تفاوت بین ارقام از نظر تولید ماده خشک می‌تواند به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی ارقام باشد که این موضوع در تحقیقات دیگر (Stanton *et al.*, 2007) مورد تأیید قرار گرفته است.

اثر تراکم و رقم بر میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز معنی‌دار (به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد) بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز افزایش پیدا کرد به‌طوری که میزان آن در تراکم ۱۱۹ هزار بوته در هکتار (۶۲۶ g/kg) حدود چهار درصد بیشتر از تراکم ۹۳ هزار بوته در هکتار (۶۰۱ g/kg) بود (جدول۴). با این حال، بین دو تراکم بوته متوالی از نظر این صفت کیفی علوفه، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز به ترتیب در ارقام زولا و ۳۷۰ مشاهده شد، به‌طوری که در رقم زولا حدود هفت درصد بیشتر از رقم ۳۷۰ بود. با این حال، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز در علوفه تولید شده در ارقام NS، سیمون و ۵۴۰ تفاوت معنی‌داری با رقم ۳۷۰ نداشت (جدول ۴). دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز از صفات کیفی مهم علوفه است که هر چه مقدار این صفت کمتر باشد، کیفیت علوفه بالاتر خواهد بود. با توجه به افزایش شاخص دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز با افزایش تراکم بوته در این آزمایش، نتیجه گرفته می‌شود که کیفیت علوفه ذرت در تراکم‌های بالاتر کاهش پیدا کرده است. ترکیب و کیفیت علوفه تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط رشد گیاه قرار می‌گیرد (Optiz von-Boberfeld *et al.*, 2005). تراکم گیاهی، به‌عنوان یکی از عوامل تعیین کننده‌ی شرایط رشد، در تعیین کیفیت علوفه، از جمله دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز، مؤثر است (Zaidi-Toolabi *et al.*, 2012). اگر چه در تراکم‌های بالاتر با کاهش قطر

ساقه و نازک‌تر شدن گیاه، میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز تک بوته ممکن است کاهش پیدا کند ولی گزارش شده است که رابطه‌ی بین میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز کل علوفه و تراکم، یک رابطه‌ی مستقیم و مثبت است به‌طوری که با افزایش تراکم، دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز کل علوفه افزایش پیدا می‌کند که علت آن می‌تواند تأثیر افزایش تعداد بوته بر میزان دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز کل علوفه باشد. در تحقیقات دیگر (Baron *et al.*, 2006; Stanton *et al.*, 2007) به افزایش دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز با افزایش تراکم بوته اشاره شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. تفاوت شاخص دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز بین ارقام مختلف ذرت را می‌توان به تفاوت‌های مورفولوژیکی نسبت داد به‌طوری که هر چه گیاه خشبی‌تر باشد و یا قطر ساقه بیشتر داشته باشد (Zaidi-Toolabi *et al.*, 2012) شاخص دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز در آن بیشتر خواهد بود که با نتایج آزمایش حاضر هماهنگی دارد. وقتی گیاهان در شرایط افزایش رقابت درون گونه‌ای قرار می‌گیرند، اقدام به مرگ تنظیم شده‌ی سلول می‌کنند که این تغییرات باعث تغییر در ساختار سلولی و افزایش دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز می‌شود (Daraie-Mofrad, 2007). در تحقیق حاضر نیز افزایش تراکم، میزان رقابت گونه‌ای را افزایش می‌دهد که با افزایش دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز و کاهش کیفیت علوفه همراه می‌باشد. تأثیر تراکم کاشت و رقم بر تغییر دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز علوفه در تحقیقات دیگر نیز تایید شده است (Lithorgidis *et al.*, 2006).

رقم و تراکم بر درصد عنصر معدنی یک ظرفیتی (فسفر) در علوفه ذرت تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). جذب عنصر معدنی دو ظرفیتی (کلسیم) تنها تحت تأثیر رقم قرار گرفت و تراکم بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد که در تراکم کمتر، بوته‌های ذرت درصد بیشتری فسفر داشتند به‌طوری که افزایش تراکم بوته از ۹۳ به ۱۱۹ هزار بوته در هکتار محتوای فسفر را حدود چهار درصد کاهش داد (جدول۴). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تراکم، کیفیت علوفه را از نظر میزان فسفر کاهش داده است. در بین ارقام مختلف ذرت، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد فسفر و کلسیم به‌ترتیب در رقم زولا و ۳۷۰ مشاهده شد. هر چند از نظر درصد فسفر، تفاوت رقم زولا تنها با رقم ۳۷۰ معنی‌دار بود ولی از نظر درصد کلسیم، رقم زولا میزان بالاتری را نسبت به ارقام NS، ۵۴۰ و ۳۷۰ داشت (جدول ۴). به‌طور کلی، جذب عناصر معدنی تا حد امکان باید با کارآیی بالا صورت بگیرد. فسفر یک عنصر غذایی غیرمتحرک در خاک است و تنها زمانی جذب می‌شود که ریشه‌ها با مواد آلی و یا غیر آلی حاوی شکل قابل جذب فسفر در تماس باشند. از آنجا که گیاهان خانواده غلات، از جمله ذرت، قدرت رقابت بالایی برای جذب عناصر یک ظرفیتی، از جمله فسفر، دارند (Eskandari and Ghanbari, 2011) بنابراین، در تراکم‌های بالاتر به دلیل بیشتر شدن میزان رقابت بوته‌ها در جذب عناصر غذایی، محتوای فسفر کاهش پیدا می‌کند. از طرف دیگر، گزارش شده است که با توجه به نوع مورفولوژی ریشه و پایین بودن ظرفیت تبادل کاتیونی، قدرت گیاهان خانواده غلات، از جمله ذرت، در جذب عناصر دو ظرفیتی (مانند کلسیم) کمتر از عناصر یک ظرفیتی می‌باشد (Eskandari and Ghanbari, 2011). عدم تفاوت معنی‌دار بین تراکم‌های مختلف از نظر درصد کلسیم، می‌تواند

به این دلیل باشد که رقابت برای جذب کلسیم در تراکم‌های بیشتر تغییر معنی‌داری نداشته است.

میزان پروتئین خام (گرم بر کیلوگرم ماده خشک) تنها تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت و رقم بر این شاخص تأثیر نداشت (جدول ۳). بیش‌ترین میزان پروتئین خام در کم‌ترین تراکم کاشت (۹۳ هزار بوته در هکتار) به‌دست آمد. افزایش تراکم منجر به کاهش پروتئین خام گردید (جدول ۴). تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های ۱۰۵ و ۱۱۹ هزار بوته در هکتار از نظر میزان پروتئین خام مشاهده نشد. عملکرد پروتئین خام تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد پروتئین خام (۱۹۲۲/۴۸ کیلوگرم در هکتار) در رقم ۵۴۰ مشاهده شد در حالی که رقم NS کم‌ترین عملکرد پروتئین خام (۱۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (جدول ۴). تفاوت معنی‌داری بین ارقام ۵۴۰ و سیمون و همچنین NS و ۳۷۰ از نظر عملکرد پروتئین خام وجود نداشت.

پروتئین خام شاخصی از میزان نیتروژن بافت‌های گیاه است که مجموعه‌ای از پروتئین و ترکیبات نیتروژن‌دار غیرپروتئینی را نشان می‌دهد. هر چه میزان نیتروژن بافت‌های گیاه بیشتر باشد، میزان پروتئین خام بالاتر بوده که نشان از کیفیت بالاتر علوفه نیز می‌باشد. در تراکم‌های کمتر، با توجه به تعداد کمتر بوته، رقابت کمتری برای جذب عناصر غذایی، بویژه نیتروژن وجود دارد. به عبارت دیگر، در تراکم‌های کمتر، نیتروژن بیشتری در اختیار هر بوته قرار دارد. افزایش جذب نیتروژن سبب افزایش میزان نیتروژن در بافت‌های ذرت و افزایش پروتئین خام در تراکم پایین گردید. کاهش میزان پروتئین خام علوفه با افزایش تراکم در تحقیقات دیگر (William *et al.*, 2002; Raie *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است به‌طوری که در ذرت علوفه‌ای مشاهده شد که افزایش تراکم از پایین‌ترین سطح به بالاترین سطح، باعث کاهش پروتئین خام به میزان ۶ درصد گردید (William *et al.*, 2002). در ذرت علوفه‌ای مشاهده شد که افزایش تراکم منجر به کاهش میزان پروتئین خام و در نتیجه کاهش کیفیت علوفه می‌شود (Raie *et al.*, 2013). با این حال، تفاوت محتوای پروتئین خام در ذرت در تراکم‌های مختلف را می‌توان به ویژگی‌های ذرت نیز نسبت داد چرا که در برخی گیاهان دیگر مانند تاج خروس علوفه‌ای (Ansar-Ardeli and Aghaalikhani, 2015) ماشک (Zaidi-Toolabi *et al.*, 2012) افزایش تراکم، بر میزان پروتئین خام تأثیر معنی‌داری نداشت. گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته سهم بلال در افزایش عملکرد ماده خشک کاهش پیدا می‌کند. از آنجا که بلال، منبع سرشاری از پروتئین خام بوده و میزان الیاف خام آن کم می‌باشد (Faizbakhsh *et al.*, 2010) کاهش تولید بلال می‌تواند به کاهش میزان پروتئین خام منجر شود (Iptas and Acar, 2006). در سایر گیاهان زراعی مانند خلر نیز تأثیر تراکم بر پروتئین خام مشابه نتایج آزمایش حاضر بود به طوری که در این گیاه مشاهده شد که تراکم‌های بالاتر، میزان پروتئین خام را کاهش می‌دهد (Morseli *et al.*, 2007). از طرف دیگر، با توجه به اینکه محتوای پروتئین خام بین ارقام مختلف ذرت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳)، بنابراین تفاوت عملکرد پروتئین خام (کیلوگرم در هکتار) بین ارقام ذرت (جدول ۴) می‌تواند به دلیل تفاوت در تولید ماده خشک باشد. در واقع هر رقمی که ماده خشک بیشتری تولید کرد (رقم

۵۰۴) پروتئین بیشتری بر حسب کیلوگرم در هکتار نیز تولید نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، ذرت در تراکم‌های کمتر، علوفه‌ای با کیفیت بالاتر تولید کرد، چرا که در تراکم‌های کم‌تر، نیتروژن بیش‌تری در اختیار ذرت قرار گرفت که به افزایش میزان نیتروژن و پروتئین خام آن منجر شد. به همین دلیل، چنانچه هدف، کیفیت علوفه بر حسب دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز و محتوای پروتئین خام باشد، تراکم ۹۳ هزار بوته در هکتار، بهترین تراکم است. رقم ۵۴۰ ماده خشک بیشتری تولید نمود و همچنین عملکرد پروتئین خام بیشتری نیز داشت. بر این اساس، رقم ۵۰۴ با توجه به شرایط منطقه، برای تولید علوفه با کیفیت بالاتر و ماده خشک بیشتر در منطقه (و سایر مناطق با شرایط اقلیمی مشابه) می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Some soil physic-chemical properties of experimental site

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	نیتروژن N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	اسیدیته PH	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	کربن آلی Organic C (%)
0-30	لوم رسی Clay-loam	0.2	10.4	209	6.42	0.28	2.20

جدول۲-تعدادی از خصوصیات ارقام مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Some characteristics of cultivars used in the experiment

	540	370	NS	زولا Zola	سیمون Simon
طول دوره رشد (روز) Growth period (day)	125-140	120-135	120-130	110-130	125-130
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	240	180	160	150	250
عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton/ha)	8.5	5.6	9	9.5	9
نوع تولید Production type	دو منظوره Dual purpose	دو منظوره Dual purpose	دانه‌ای Grain	دانه‌ای Grain	دو منظوره Dual purpose
مبدا Origin	صربستان Serbia	ایران Iran	صربستان Serbia	یونان Greece	ترکیه Turkey

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی علوفه ذرت در تراکم‌های مختلف کاشت

Table 3- Analysis of variance of the quantity and quality characteristics of forage maize at different plant densities

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					
		دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز DNF	فسفر P	کلسیم Ca	پروتئین خام Crude protein	ماده خشک Dry matter	عملکرد پروتئین خام Crude protein yield
تکرار Replication	2	7643.8^{**}	0.50^{**}	0.03^{ns}	711.3^{**}	22.9^{ns}	99166.8^{ns}
تراکم Density (D)	2	2297.1^{*}	0.06^{*}	0.01^{ns}	972.9^{**}	451.5^{ns}	60552.1^{ns}
رقم Cultivar (C)	4	2195.1^{**}	0.05^{*}	0.3^{*}	186.6^{ns}	920.2^{*}	130747.6^{*}
D×C	8	154.8^{ns}	0.002^{ns}	0.02^{ns}	64.3^{ns}	26.8^{*}	19319.1^{ns}
خطا	28	474.1	0.02	0.08	108.5	317.3	44276.1
CV (%)		3.55	8.6	6.7	9.8	1.9	11.6

*، **، به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی دار

* and ** indicates significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively. ns: non significant

NDF: Neutral Detergent Fiber

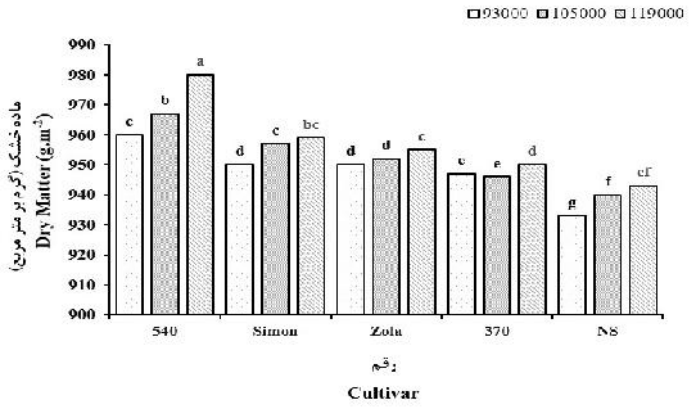
جدول ۴- تأثیر رقم و تراکم بوته بر صفات کیفی علوفه ذرت

Table 4- Effect of cultivar and plant density on quality traits of maize forage

		عملکرد پروتئین خام Crude protein yield ($kg.ha^{-1}$)	دیواره سلولی فاقد همی‌سلولز (گرم بر کیلوگرم ماده خشک) NDF ($g.kg^{-1}$ dry matter)	کلسیم Ca (%)	فسفر P (%)
تراکم Density ($plant.ha^{-1}$)	93000	114.64 a	623.0 a	1.14a	1.55 a
	105000	105.07 b	613.0 ab	1.14 a	1.48 ab
	119000	98.63 c	598.0 b	1.14 a	1.42 b
رقم Cultivar	Zola	1922.48 a	638.0 a	1.49 a	1.58 a
	Simon	1913.21 a	612.0 b	1.48 ab	1.57 a
	NS	1868.0 b	611.0 b	1.18 bc	1.48 ab
	540	1730.0 c	605.0 b	1.11 c	1.48 ab
	370	1653.77 c	597.0 b	1.11 c	1.37 b

در هر ستون مربوط به هر تیمار میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each column for each treatment, means with at least one similar letters have no significant difference according to Duncan's test at P≤0.01



شکل ۱- اثر متقابل تراکم و رقم بر تولید ماده خشک ذرت

Figure 1- Interaction effect of density and cultivar on dry matter production of maize

References منابع مورد استفاده

- Andrade, F.H., P. Calvino, A. Cirilo, and P. Barbieri. 2002. Yield response to narrow rows depends on increased radiation interception. *Agronomy Journal*. 94: 975-980.
- Ansari-Ardali, S., and M. Aghaalikhani. 2015. Effect of plant density and nitrogen level on yield and quality of amaranth forage. *Iranian Journal of Crop Science*. 1(17): 35-46. (In Persian).
- Aysen, U., B. Ugur, S. Mehmet, and A. Esvet. 2003. Effect of seeding rates on yield and yield components of Hungarian vetch. *Turkish Journal of Agriculture and Forage.* 28:179-182.
- Baron, V.S., H. G. Najda, and F. C. Stevenson. 2006. Influence of population density, row spacing and hybrid on forage corn yield and nutritive value in a cool-season environment. *Canadian Journal of Plant Science.* 86: 1131-1138.
- Budakli-Carpici, E., N. Celik, and G. Bayram. 2010. Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(2): 128-132.
- Cox, W.J., and D.J.R. Cherney .2001. Row spacing plant density and nitrogen effect on corn silage. *Agronomy Journal*. 93: 597-602.
- Daraie-Mofrad, A.R. 2007. Evaluation of intercropping and sole cropping of barley and vetch under the completion of weeds. MSc thesis. University of Lorestan. 55 pp. (In Persian).
- Eskandari, H., A. Ghanbari-Bonjar, M. Galavai, and M. Salari. 2009. Forage quality of cow pea intercropped with corn as affected by nutrient uptake and light interception. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 37: 171-174.
- Eskandari, H., and A. Ghanbari. 2011. Evaluation of competition and complementary of maize-cowpea intercropping for nutrient consumption. *Sustainable Agriculture and Production Science*. 2(21): 67-75. (In Persian).
- Faizbakhsh, M.T., H. Mokhtarpour, S. Mosavat, M. Mohajer, and G. Shahi. 2010. Effect of planting date and density on forage yield and some morphological properties of maize. *Journal of Plant Production*. 1(3): 216-224.
- Fallah, S., and A. Tadayon. 2009. Effect of planting density and nitrogen level on yield, nitrate and protein of silage maize. *Journal of Plant Production*. 1(2): 105-121.
- Farnham, D. 2001. Row spacing, plant density, and Hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93: 1049 - 1053.
- Fathi-Achachlouei, B. and M. Baderzadeh. 2014. Determination of chemical compounds and some of minerals in several vetches forage in Ardabil province. *Journal of Animal Science Researches*. 4: 15-26. (In Persian).

- Ferreira, G., M. Alfonso, S. Depino, and E. Alessandri. 2014. Effect of planting density on nutritional quality of green chopped corn for silage. *Journal of Dairy Science*. 97: 5918-5921.
- Ghanbari, A., A. Ahmadian, B. Mir, and E. Arazmjo. 2010. Study of the effect harvest time on quantitative and qualitative characteristics of corn (Zea mays) forage. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15: 41-54. (In Persian).
- Haidargholinezhad, M., M. Ghadimzadeh, and A. Faiazmoghaddam. 2003. The effect of planting density of corn hybrid on the basis of agronomy traits. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 34: 417-425. (In Persian).
- Iptas, S., and A.A. Acar. 2006. Effect of hybrid and row spacing on maize forage yield and Quality. *Journal of Plant Soil and Environment*. 52: 515-522.
- Lithorgidis, A.S., I.B. Vasilakoglou, K.V. Dhima, C.A. Dordas, and M.D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*. 99: 106-113.
- Maddonni, G.A., and M.E. Otegui. 2006. Intra- specific competition in maize: Contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Research*. 97: 155-166.
- Mokhtarpour, H., S. Mosavat, M.T. Bazi, and A. Saberi. 2006. Effect of planting date and density on quality and quantity of forage maize in spring cultivation. *Seed and Plant Improvement Journal*. 23: 483-487. (In Persian).
- Morseli, A., M, Aghaalikhani, and A. Ghalavand. 2007. Growth analysis and qualitative and quantitative yield of four ecotype of green pea as affected by density and arrangement in double cropping system. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 3(9): 246-263. (In Persian).
- Norwood, C.A. 2000. Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. *Journal of American Society of Soil Science*. 64: 365-370.
- Norwood, C.A. 2001. Dryland corn in western Kansas: Effects of hybrid maturity, planting date and plant population. *Agronomy Journal*. 93: 540-547.
- Optiz von Boberfeld, W., E. Beckmann, and H. Laser. 2005. Forage characteristics of Vicia *sativa* L. and *Trifolium resupinatum* L. in catch crop systems under central European conditions. Institute of Agronomy and plant Breeding, Giessen, Germany. *Journal of Plant Soil and Environment*. 51: 131-136.
- Raie, Y., M. Jouret, H. Moghaddam, M.R. Chaichi, and V. Waisani. 2013. Effect of density on qualitative and quantitative yield of sorghum under water deficit conditions. *Sustainable Agriculture and Production Science*. 1(4): 51-65. (In Persian).
- Ramezani, M, and R. Rezaie Sokht-Abandani. 2012. The effect of row spacing, plant population and planting pattern on yield and yield components of corn (sc704) in double cropping. *Journal of Crop Ecophysiology*. 6(3): 249-264. (In Persian).

- Saadatzadeh, N., S.M. Nabavi Kalat, and R. Bahari Kashani. 2011. Effects of plant density and nitrogen fertilizer on quantity and quality of forage corn in Daregaz region (Iran). *Journal of Crop Ecophysiology*. 16: 29-42. (In Persian).
- Saberi, A., D. Mazaheri, and H. Haidari. 2005. Evaluation of planting arrangement and plant density on physiological traits and dry matter accumulation of maize. *Journal of Agriculture and Natural Resources.* 5: 146-161. (In Persian).
- Shaffer, J.A., G.W. Roth, J.A. Breining, and W.S. Harkcom. 2013. Pennsylvania commercial grain and silage hybrid corn tests. http://pubs.cas.psu. edu/FreePubs/pdfs/uc194.pdf.
- Stanton, D., A.W. Grombacher, R. Pinnisch, H. Mason, and D. Spaner. 2007. Hybrid and population density affect yield and quality of silage maize in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*. 87: 867-871.
- Tadayon, A., S. Torabian, and M.R. Tadayon. 2013. Effect of plant density on yield and quality of four flax seeds. *Agricultural Crop Management*. 1(15): 15-26. (In Persian).
- Taheri, A., S. Vazan, and R. Dadgar. 2007. Evaluation of planting pattern and density on morphological and physiological properties of forage maize. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 1(3): 85-97. (In Persian).
- van Soet, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminants. In: Van Soet P. J. Fiber and physiochemical properties of feeds. 2th ed. Cornell University Press, Ithaca and London. pp. 140-155.
- Widdicombe, D.W., and K.D. Thelen. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal*. 94: 1020-1023.
- William, D., D.W. Widdicombe, and D. Thelen. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*. 94: 326-330.
- Zaidi-Toolabi, N., A. Rezaie-Nejad, S. Dirkavandi, D, Eghbali, S. Rahmati, and A. Darvishian. 2012. Effect of plant density on qualitative and quantitative traits of forage vetch under dry land farming in Khorramabad. *Crop Physiology*. 16: 81-94. (In Persian).

Evaluation of Quality Traits of Forage Maize Cultivars as Affected by Different Plant Densities

Hamdollah Eskandari [1*], Abdollah Javanmard[2], and Fariborz Shekari [3]

Received: February 2016, Revised: 13 April 2016, Accepted: 3 January 2017

Abstract

Maize has an important role in livestock nutrition. Thus, improving its forage quality through agronomical managements seems to be of high importance. To evaluate quality traits of forage maize cultivars in response to plant densities, a factorial experiment based on RCBD with three replications was carried out at the Research Station of Faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2013-2014 growing season. The first factor was plant density with three levels (93000, 105000 and 119000 plant.ha^{-1}) and the second factor was maize cultivars with five levels (Zola, Simon, NS, 540 and 370). Results of the experiment indicated that dry matter production was affected by the interaction of plant density and cultivar, where cultivar 540 produced the highest dry forage (980 g.m^{-2}) by density of 119000 plant.h^{-1} and cultivar NS the lowest (933 g.m^{-2}) dry forage by density of 93000 plant.m^{-2}. However, all cultivars under study produced higher dry matter under higher plant densities. It was also observed that Zola cultivar, with 638 g.kg^{-1} of hemicellulose, had the lowest forage quality. Other cultivars were in the same statistical group. Phosphorous content of forage was in its highest value in 93000 plant density, while calcium content was not affected by plant density. Lower plant densities resulted in higher crude protein content. Cultivar no. 540 produced the highest crude protein yield (kg.ha^{-1}) suggesting its superiority to the other cultivar. This cultivar can be recommended for growing in this region and other regions with same climatic conditions for producing high quality and quantity of maize forage production.

Key words: Cell wall, Crude protein, Dry matter, Hemicellulose, Plant density.

1- Associate Prof., Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
2- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
3- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
**** Corresponding Author:*** *ehamdollah@gmail.com*