Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 3, Autumn 2017 (865-876)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.217558.654194

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶ (ص ۸۷۶-۸۶۵)

بررسی تأثیر کود نیتروژن و تراکم در سطوح غیرمعمول بر ویژگی‌های رشدی عملکرد دانه و علوفهٔ ذرت

رضا حیدری‌پور[۱]، علیرضا کوچکی[۲*] و مهدی نصیری محلاتی[۲]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استاد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۳)

چکیده

این آزمایش در سال ۱۳۹٤ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. نیتروژن در پنج سطح (۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ٤۵۰، ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم در سه سطح (۱۰، ۱۵ و۲۰ بوته در مترمربع) به ترتیب عامل اصلی و فرعی آزمایش بودند. بنابر نتایج، بیشینه شاخص سطح برگ با کاربرد ٤۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. کمترین سرعت رشد محصول در شرایط بدون کاربرد و بیشترین میزان این شاخص با کاربرد ٤۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. صرف‌نظر از تراکم کشت، ارتفاع بوتهٔ ذرت در نتیجه افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ٤۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری افزایش و پس از آن با افزایش نیتروژن به سطح ٦۰۰ کیلوگرم در هکتار، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشینه شاخص سطح برگ (معادل ٦/۳۲ واحد) و تجمع مادهٔ خشک (۳٦۲۳ گرم بر مترمربع زمین در روز) در تراکم بیست بوته در مترمربع به دست آمد. بیشترین عملکرد علوفه (۷۲/٦۸ تن در هکتار) در تیمار ٤۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم بیست بوته در مترمربع و بیشترین عملکرد دانه (۱۰/۷٦ تن در هکتار) در تیمار ٤۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم ده بوته در مترمربع مشاهده شد. به نظر می‌رسد به‌رغم اثر سوء زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بالای نیتروژن، کاربرد آن تا سطح ٤۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تراکم خیلی بالا، عملکرد علوفه را افزایش خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: تراکم کاشت، ذرت، عملکرد دانه و علوفه، کود نیتروژن.

The effect of nitrogen fertilizer and density unusual levels on plant growth characteristics, grain and forage yields of maize

Reza Heidari Pour[1], Ali Reza Koocheki[2*] and Mehdi Nassiri Mohallati[2]
1, 2. Ph.D. Candidate of Agro Ecology and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Oct. 10, 2016 - Accepted: Feb. 1, 2017)

ABSTRACT

the experimental was conducted as a split in 20015 in a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad. Nitrogen in five levels (0, 150, 300, 450, 600 kg per hectare) and density at three levels (10, 15 and 20 plants per square meter), respectively, of primary and secondary, respectively. As a result, the maximum leaf area index was achieved by consumption of 450 kg of nitrogen per hectare. The lowest growth rate in terms of consumption and the highest figure obtained by applying 450 kg N per hectare. The highest LAI (6.32 unit) and dry matter accumulation (3623 g m^{-2} day^{-1}) were observed on account of 20 Plant m^{-2}. Irrespective of the plant density, height of corn significantly increased when nitrogen was applied by 450 kg ha^{-1}; however, more nitrogen application had a negative effect on mentioned trait. The highest yield (72.68 tons per hectare) in treatment 450 kg nitrogen per hectare with 20 plants per square meter and the highest grain yield of (10.76 tons per hectare) in treatment 450 kg N ha^{-1} at a density of 10 plants per meter square was observed. It seems that despite the environmental impacts resulting from the use of nitrogen application up to 450 kg per hectare with a very high density, yield will increase.

Keywords: Forage yield, grain yield, maize, nitrogen fertilizer, plant density.

* Corresponding author E-mail: akooch@ferdowsi.um.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

امروزه، نیتروژن ۶۸ درصد کل کاربرد کودهای شیمیایی در جهان (معادل ۱۶۱ میلیون تن)، را به خود اختصاص داده است (Heffer, 2008). نیتروژن عنصری است که به میزان زیاد، مورد نیاز گیاه ذرت است و باید از راه خاک و یا کاربرد کود تأمین شود (Salardiny, 2005). ذرت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات راهبردی (استراتژیک) در کشور، معادل ۹/۵ درصد از تولید غلات ایران را به خود اختصاص داده است. سطح زیرکشت، تولید و میانگین عملکرد این گیاه در سال ۱۳۹۳ به ترتیب معادل ۲۳۳/۶۲ هزار هکتار، ۱/۶۶میلیون تن و ۷/۱ تن در هکتار بوده است (Agricultural Statistics, 2014). کشاورزی در سدهٔ گذشته تنها بر تولید بیشتر متمرکز بوده است. با این‌وجود، امروزه افزون بر افزایش عملکرد، هدف‌های زیست‌محیطی و بوم‌شناختی (اکولوژیکی) نیز اهمیت دارد. ملاحظات زیست‌محیطی مصرف نهاده‌ها، کیفیت محصول تولیدشده، کارایی استفاده از نهاده‌ها و پایداری نظام تولید از مهم‌ترین این هدف‌ها می‌باشند (Dobermann & Cassman, 2005; Singh, 2005). از سوی دیگر در بین نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده در نظام‌های رایج، کودهای نیتروژنه بیشترین سهم را در افزایش تولید محصولات زراعی در طی سدهٔ گذشته داشته‌اند؛ به‌طوری‌که در چهل سال گذشته کاربرد کودهای نیتروژن در سطح جهان هفت برابر شده است. با این‌وجود، عملکرد در بوم نظام‌های کشاورزی تنها دو برابر افزایش یافته است (Eickhout *et al*., 2006).

نیتروژن به‌عنوان ضروری‌ترین عنصر غذاییِ رشد گیاه، نقش مؤثری در افزایش عملکرد ذرت و اجزای آن دارد. البته نتایج بررسی‌ها گویای آن است که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، واکنش گیاه زراعی به این نهاده کاهش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر، حتی عملکرد رقم‌های پر محصول نیز به ازای هر واحد کاربرد کودهای شیمیایی، در حال کاهش است (Giller *et al*., 2004). تنظیم میزان کاربرد نیتروژن در کشت ذرت از ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت دارد (English & Raja, 1996). این موضوع، به‌ویژه در مناطقی که ذرت در شرایط آبیاری کشت می‌شود، بیش‌ازپیش مورد تأکید است؛ زیرا کشاورزان سنتی به‌طور عمده نیتروژن را بیش‌ازحد نیاز گیاه و یا میزان بهینه آن مصرف می‌کنند (Emam, 2007). کاربرد زیادتر از حد بهینهٔ نیتروژن، نه تنها باعث عملکرد دانه نخواهد شد، بلکه باعث هدرروی کود، کاهش سوددهی و افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (Cox *et al*., 1993; Herrmann & Taube, 2005). همچنین کاربرد نیتروژن بیش‌ازحد نیاز گیاه ممکن است باعث تجمع نیترات در پایین‌تر از عمق توسعهٔ ریشه و در نتیجه افزایش آبشویی نیترات شود (Fallah & Tadayyon, 2007). از سویی، کاربرد کم نیتروژن از مهم‌ترین دلایل کاهش رشد و عملکرد ذرت است (Ulger *et al*., 1997). با توجه به موارد بالا، ضروری است که مقادیر بهینهٔ کود نیتـروژن برای هر منطقه و بر پایهٔ ویژگی‌های رقم و شرایط حاکم بر خاک برآورد شود (Schroder *et al*., 2000). از لحاظ کاربرد نیتروژن در زراعت ذرت گزارش‌های مختلفی وجود دارد. به‌عنوان نمونه، کاربرد ۱۵۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (Tohidi nejad *et al*., 1996)، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در منطقهٔ خراسان (Alizadeh, 1992) و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ناحیهٔ خوزستان (Javaheri, 2000) گزارش شده است.

افزون بر نیتروژن، تعیین تراکم کاشت نیز از مهم‌ترین عامل‌ها در افزایش عملکرد ذرت است. تراکم بوته تأثیر مهمی بر توزیع مادهٔ خشک بین مخزن‌های رویشی و زایشی گیاه دارد؛ به‌طوری‌که در تراکم‌های بالا به علت کاهش مواد نورساختی (فتوسنتزی) در دورهٔ گلدهی، ناباروری دانه و بلال افزایش می‌یابد (Andrade *et al*., 1999). تراکم بهینه تأثیر مهمی بر اجزاء عملکرد دارد، به‌گونه‌ای که با تراکم بهینه، می‌توان به عملکرد مطلوب رسید (Farnham, 2001; Norwood, 2001). تراکم بهینه بوته در هر منطقه بسته به رقم و مدیریت‌های زراعی متفاوت است (Olsen & Sander, 1988). تراکم بهینه در کشور تا ۱۳۰ هزار بوته در هکتار عنوان شده است (Niknam & Faraji, 2014). در دیگر کشورها از ۶۰ تا ۹۰ هزار بوته در هکتار گزارش شده است (Edmeades & Lafite, 1993; Jukela & Randall, 1997;

Archive of SID

www.SID.ir

Widdicombe & Thelen, 2002) با توجه به موارد بالا، این آزمایش با هدف بررسی ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در واکنش به سطوح غیرمعمول نیتروژن و تراکم کاشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد با عرض جغرافیایی: ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقهٔ شمالی، طول جغرافیایی: ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شرقی، ارتفاع از سطح دریا: ۹۸۵ متر) اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی نیتروژن خالص از منبع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، در پنج سطح (۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و عامل فرعی، تراکم کاشت در ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متری و با فاصلهٔ روی ردیف ۱۰، ۱۳ و۲۰ سانتی‌متر (به ترتیب ۲۰، ۱۵ و۱۰ بوته در مترمربع) در نظر گرفته شد.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل (شخم اولیه، دیسک و تسطیح) در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳×۲ متر، فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی ۱/۵متر، کرت‌های فرعی ۱ متر و بلوک‌ها از یکدیگر ۲ متر در نظر گرفته شد. کاشت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در اواخر اردیبهشت‌ماه انجام شد. کاشت روی ردیف‌ها به‌صورت متراکم انجام و پس از سبز شدن گیاه، تراکم‌های مدنظر با تنک بوته‌های اضافی به دست آمد. نخستین آبیاری بی‌درنگ پس از کاشت و پس‌ازآن هفته‌ای یک‌بار انجام شد. وجین علف‌های هرز سه هفته پس از کاشت انجام شد.

نمونه‌برداری‌ها در طی فصل رشد با فاصلهٔ زمانی هر دو هفته یک‌بار با رعایت اثر حاشیه و با انتخاب تصادفی دو بوته از هر کرت صورت گرفت. در تراکم‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ بوته، سطح دو بوته به ترتیب معادل ۰/۲، ۰/۱۳ و ۰/۱ مترمربع بود. برای تعیین وزن خشک هر دو هفته یک‌بار (به ترتیب از نخستین نمونه‌گیری در ۲۸ اردیبهشت‌ماه تا آخرین نمونه‌گیری در ۲ شهریورماه)، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند. اندازه‌گیری سطح برگ نیز با دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf Area Meter مدل Li Cor) انجام شد. با تعیین سطح برگ و وزن خشک بوته، سرعت رشد محصول CGR، (گرم در مترمربع در روز) و سرعت جذب‌وساخت (آسیمیلاسیون) خالص NAR، (گرم در مترمربع سطح برگ در روز) به ترتیب بر پایهٔ رابطه‌های ۱ و ۲ تعیین شد (Sarmadnia & Koocheki, 2006).

$$CGR = \frac{W2-W1}{T2-T1} \quad (1)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (2)$$

W_2: وزن خشک گیاه (گرم در مترمربع) در نمونه‌گیری دوم، W_1: وزن خشک گیاه (گرم در مترمربع) در نمونه‌گیری اول، T_2: زمان نمونه‌گیری دوم (روز) و T_1: زمان نمونه‌گیری اول (روز) و LAI[1]: شاخص سطح برگ (مترمربع برگ بر مترمربع سطح زمین).

عملیات برداشت علوفه از نصف مساحت هریک از کرت‌ها و با رعایت اثر حاشیه‌ای همزمان با آغاز خمیری شدن بلال‌ها، (۸۴ روز پس از کاشت) و برداشت دانه نیز در زمان رسیدگی کامل بلال‌ها انجام شد. ارتفاع بوته، شمار دانه در بلال، وزن صد دانهِ به همراه عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون کمینه تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

روند تغییرپذیری شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای کودی در (شکل۱- A) نشان داده شده است. بنابر نتایج ارائه‌شده صرف‌نظر از میزان کاربرد نیتروژن بیشینه شاخص سطح برگ در زمان ۷۰ روز پس از کاشت مشاهده شد. کاربرد نیتروژن تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش این شاخص

1. LAI: Loaf Area Index

Archive of SID

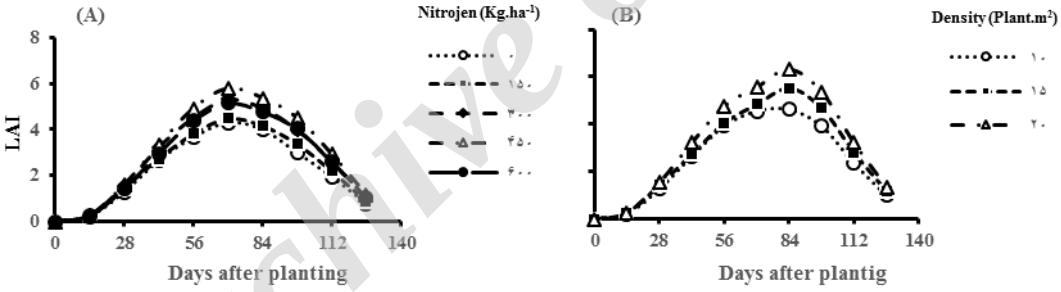
www.SID.ir

شد، با این‌وجود بین سطوح ۳۰۰ و۶۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت چندانی از نظر تغییر این شاخص مشاهده نشد. به‌بیان‌دیگر می‌توان اظهار داشت که بهترین سطح کاربرد نیتروژن از نظر بیشینهٔ LAI کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است. افزایش کاربرد نیتروژن، افزایش شاخص سطح برگ در ذرت را به دنبال دارد و این افزایش متأثر از جذب بیشتر نور و افزایش کارایی کاربرد نیتروژن است که در نهایت منجر به بهبود سرعت رشد گیاه می‌شود (Tarigholesllami *et al*., 2010).

روند تغییرپذیری شاخص سطح برگ تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت در (شکل۱- B) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان این شاخص در ۸۴ روز پس از کاشت و پس از آن میزان این شاخص روند کاهشی داشت. بیشینه شاخص سطح برگ در تراکم بیست بوته در مترمربع و با کاهش تراکم میزان این شاخص رو به کاهش گذاشت. تراکم در گیاهان و از جمله ذرت، رقابت بین بوته‌ای و رشد رویشی را افزایش داده، به دنبال آن سطح برگ گیاه، افزایش خواهد یافت. افزایش تراکم موجب افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص می‌شود (Saberi *et al*., 2007). در این ارتباط، گزارش شده است که سطح برگ در ذرت با افزایش کاربرد نیتروژن و تراکم بوته در مترمربع افزایش می‌یابد (Allison & Haslam, 1993).

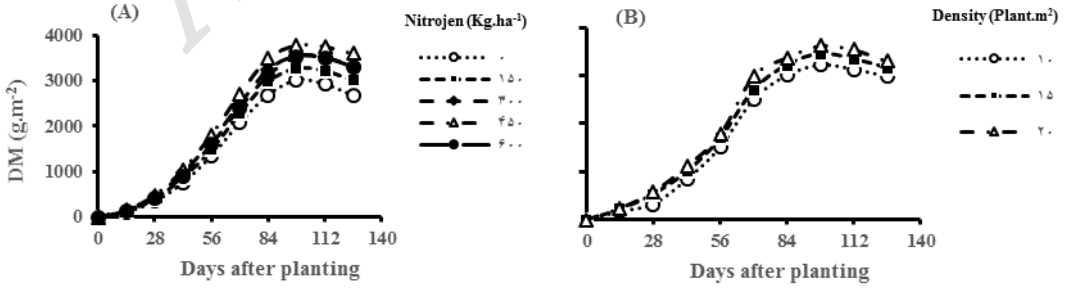
تولید مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول (CGR)

روند تغییرپذیری تولید مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول نیز تحت تأثیر کاربرد نیتروژن قرار گرفت؛ بیشترین میزان در شاخص‌های یادشده با کاربرد نیتروژن افزایش یافت. به‌بیان‌دیگر کمترین میزان این دو شاخص در شرایط بدون کاربرد و بیشترین آن‌ها در شرایط کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (شکل ۲-A و ۳- A).



شکل ۱. روند تغییرپذیری شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح کاربرد نیتروژن (A) و تراکم‌های کاشت (B)

Figure 1. The trend of LAI under the influence of nitrogen application levels (A) and planting densities (B)

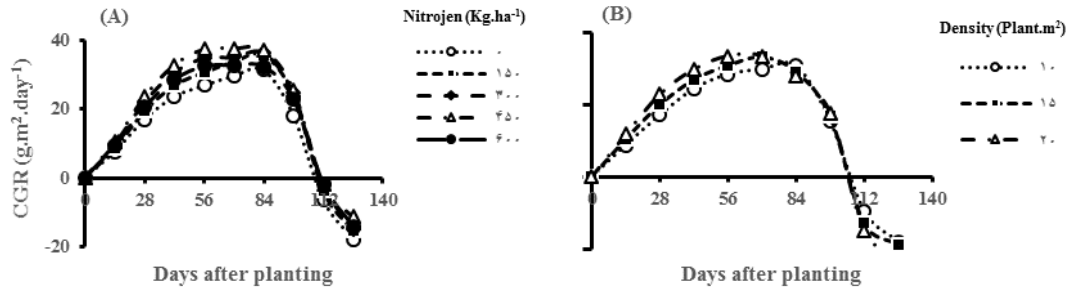


شکل ۲. روند تغییرپذیری تجمع مادهٔ خشک تحت تأثیر سطوح کاربرد نیتروژن (A) و تراکم‌های کاشت (B)

Figure 2. The trend of dry matter accumulation under the influence of nitrogen application levels (A) and planting densities (B)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. روند تغییرپذیری سرعت رشد محصول تحت تأثیر سطوح کاربرد نیتروژن (A) و تراکم‌های کاشت (B)

Figure 3. The trend growth rate under the influence of nitrogen application levels (A) and planting densities (B)

در شرایط کاربرد نیتروژن، گیاه از راه بهبود سطح برگ خود، نور را با کارایی بیشتری جذب کرده و سرعت رشد گیاه به شکل مؤثری افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند ضمن بهبود توانایی گیاه در جذب بهتر منابع محیطی، عملکرد آن را افزایش دهد. در این ارتباط، Heydari Pour *et al.* (2015) نیز ضمن مشاهدهٔ افزایش شاخص‌های رشدی در نتیجهٔ کاربرد نیتروژن، این بهبود را به تأثیر مثبت نیتروژن در افزایش نورساخت گیاه و در نتیجه جذب بهتر منابع محیطی نسبت دادند. همسان شاخص سطح برگ، روند تغییر در تولید مادهٔ خشک و CGR تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت؛ به‌طوری‌که کمینه و بیشینه میزان این دو شاخص به ترتیب در تراکم ده و بیست بوته در مترمربع مشاهده شد (شکل۲: B و شکل ۳: B). از این‌رو به نظر می‌رسد که بیشینه میزان LAI، تولید مادهٔ خشک و CGR، در شرایط تراکم بالا به دست می‌آید. افزایش تراکم تا صدهزار بوته در هکتار باعث افزایش وزن خشک و عملکرد در ذرت دانه‌ای می‌شود (Saberi *et al.*, 2007).

سرعت جذب‌وساخت خالص (NAR)

روند تغییرپذیری NAR در شرایط سطوح مختلف کاربرد نیتروژن و تراکم نشان داده شده است (شکل ۴-A و B). پس از ۱۴ روز پس از کاشت، روند تغییرپذیری NAR دچار کاهش شد. ضمن آنکه شدت کاهش در مراحل اولیهٔ رشد (تا ۲۸ روز پس از کاشت) بیشتر از مراحل میانی فصل رشد بود (شکل ۴- A و B). این امر می‌تواند به دلیل رشد اندک بوته‌ها، برگ‌ها و بسته نشدن تاج‌پوشش (کانوپی) در اوایل فصل رشد باشد، که سبب کاهش جذب نور و جذب‌وساخت خالص گیاه می‌شود. در این ارتباط Bullock *et al.* (1993) نیز نتایج همسانی را گزارش کردند.

روند تغییرپذیری سرعت جذب‌وساخت خالص گیاه به عامل‌های زیادی بستگی دارد، با این وجود کاربرد نیتروژن تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش NAR شد. به‌طورکلی، کاربرد نیتروژن می‌تواند از راه افزایش جذب نور، نورساخت، سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ و دوام برگ، سبب افزایش تجمع و توزیع مادهٔ خشک در گیاه شود (Uhart & Andrade, 1995; Tesar, 1988; Sepehri *et al.*, 2008). در نتایج تحقیقی دیگر، به نقش مؤثر نیتروژن در افزایش معنی‌دار سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و جذب‌وساخت خالص در ذرت اشاره شده است (Sajedi & Ardekani, 2008). بنابراین، به نظر می‌رسد که افزایش سرعت تولید مادهٔ خشک در تیمارهای یادشده به دلیل تأثیر مثبت افزایش کاربرد نیتروژن بر شاخص سطح برگ باشد (Birch, 1998). این نتایج با نتایج لوکاس (Lucas, 1989) همخوانی دارد. بنابر نتایج ارائه‌شده در شکل ۴-B، بین سطوح مختلف تراکم کاشت تأثیر محسوسی از نظر تغییر میزان NAR مشاهده نشد. به‌بیان‌دیگر، در نتیجهٔ تغییر در تراکم کاشت، افزایش سطح برگ با میزان سرعت رشد محصول متناسب بود. از این‌رو نسبت CGR به LAI دچار تغییر نشد. افزایش تراکم کاشت تا یک حد معینی (نودهزار بوته در هکتار) موجب افزایش میزان سرعت جذب‌وساخت خالص گیاه ذرت می‌شود و در تراکم‌های خیلی زیاد به علت سایه‌اندازی زیاد برگ‌ها روی یکدیگر میزان NAR کاهش می‌یابد (Saberi *et al.*, 2007).

Archive of SID

www.SID.ir

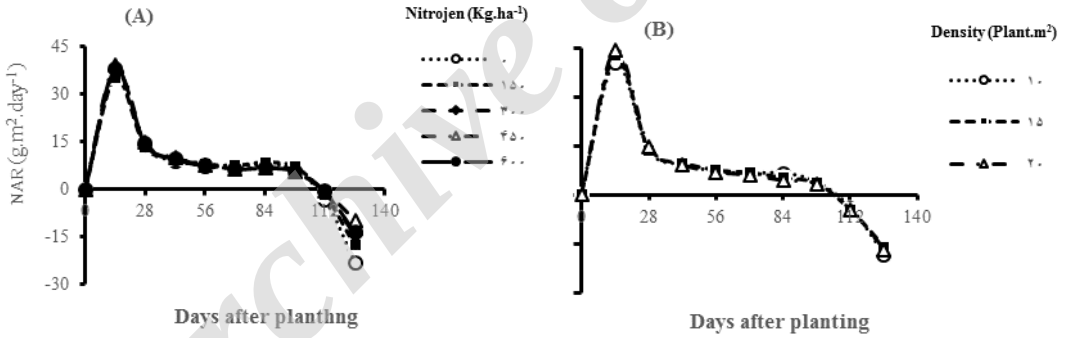
بیشینهٔ شاخص سطح برگ و تجمع مادهٔ خشک

بیشینهٔ شاخص سطح برگ و مادهٔ خشک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف نیتروژن و تراکم قرار گرفت (شکل ۵- A و B؛ شکل ۶- A و B). افزایش تراکم بیست بوته در مترمربع، بیشینه شاخص سطح برگ و مادهٔ خشک را نسبت به تراکم ده بوته در مترمربع به ترتیب ۳۷ و ۱۳ درصد افزایش داد.

بنابر نتایج این آزمایش، با کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار شاهد، شاخص‌های یادشده به ترتیب ۳۴ و ۲۵ درصد افزایش یافت، درحالی‌که افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب باعث کاهش معنی‌دار ۱۰ و ۷ درصدی این دو شاخص شد (شکل ۵- B؛ شکل ۶- B). به نظر می‌رسد کاربرد غیرمعمول نیتروژن افزون بر کاهش شاخص‌های یادشده، باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز می‌شود. همسان این نتایج، Babnik *et al.* (2002) نیز در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند که بین کاربرد نیتروژن تا سطح ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با میزان تجمع مادهٔ خشک در ذرت رابطهٔ مثبت و مستقیمی مشاهده شد.

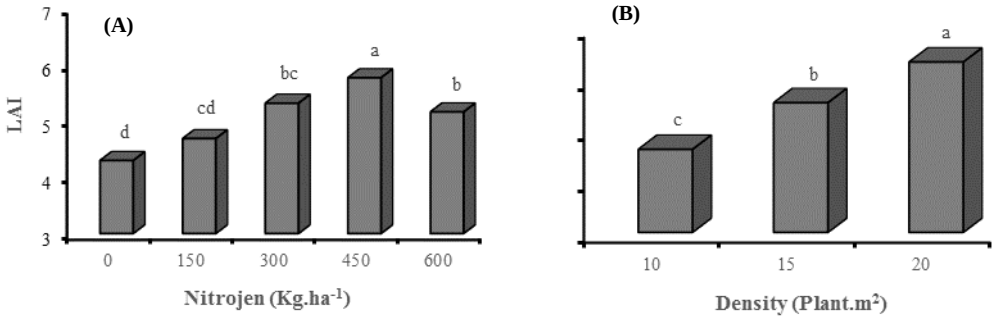
بر پایهٔ یافته‌های Rostaminia *et al.* (2011) افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک بوته و شاخص سطح برگ در گیاه ذرت علوفه‌ای را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج بررسی‌های این محققان گویای آن بود که ذرت واکنش‌پذیری بالایی نسبت به نیتروژن خاک دارد.

تراکم بیشتر با تأثیر در جذب منابع محیطی، سبب افزایش رقابت بین بوته‌ای می‌شود؛ به‌طوری‌که میزان شاخص سطح برگ و تجمع مادهٔ خشک در گیاه بهبود می‌یابد. در این ارتباط گزارش شده است که افزایش تراکم به دلیل استفادهٔ بهتر از منابع، میزان زیست‌توده و شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد (Saberi *et al.*, 2007).



شکل ۴. روند تغییرپذیری جذب‌وساخت تحت تأثیر سطوح کاربرد نیتروژن (A) و تراکم‌های کاشت (B)

Figure 4. The trend of assimilation under the influence of nitrogen application levels (A) and planting densities (B)

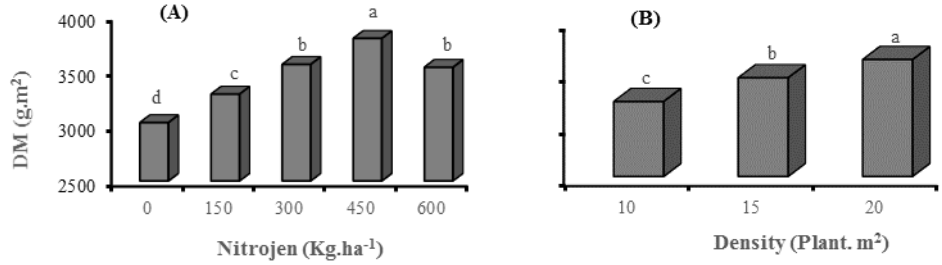


شکل ۵. بیشینه شاخص سطح برگ تحت تأثیر کاربرد سطوح نیتروژن (A) و تراکم‌های کاشت (B)

Figure 5. Maximum LAI under the influence of nitrogen levels (A) and planting densities (B)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. بیشینه تجمع مادهٔ خشک تحت تأثیر کاربرد نیتروژن (A) و سطوح تراکم‌های کاشت (B)

Figure 6. Dry matter accumulation under the influence of nitrogen (A) and levels of planting densities (B)

عملکرد و اجزای عملکرد

ارتفاع بوته

بنابر نتایج ارائه‌شده در جدول۱، سطوح نیتروژن و تراکم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوتهٔ ذرت داشت. همچنین اثر متقابل بین تیمارهای یادشده بر این شاخص معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته در شرایط کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با تراکم ده بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد، صرف‌نظر از تراکم کاشت، ارتفاع بوتهٔ ذرت در نتیجهٔ افزایش کاربرد نیتروژن تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری افزایش و پس از آن با افزایش نیتروژن به سطح ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). نتایج تحقیق Saadatzadeh *et al.* (2011) نشان داد، با افزایش سطوح نیتروژن و تراکم گیاهی ارتفاع بوته، وزن بلال و قطر ساقه با افزایش تراکم کاهش و با افزایش نیتروژن افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که در شرایط کاربرد نیتروژن بیش از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار توانایی گیاه ذرت در جذب نیتروژن از خاک کاهش‌یافته و در نتیجه احتمال آبشویی نیتروژن از خاک تشدید یابد. این امر می‌تواند به‌نوبهٔ خود بر رشد و ارتفاع بوته تأثیر منفی وارد کند.

شمار دانه، وزن دانه و میانگین وزن بلال

بنابر نتایج جدول ۱، هر سه شاخص شمار دانه، وزن دانه در بلال و میانگین وزن بلال به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر ساده و متقابل نیتروژن و تراکم کاشت قرار گرفتند. به‌طورکلی در هریک از سطوح تراکم کاشت، با افزایش کاربرد نیتروژن، شمار و وزن دانه در بلال به‌طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. با این وجود، افزایش کاربرد نیتروژن بیش از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر منفی بر شاخص‌های یادشده داشت. به‌طورکلی در هریک از سطوح کاربرد نیتروژن نیز بیشترین میزان در شاخص‌های یادشده در تراکم ده بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). به‌عنوان‌مثال بیشترین شمار دانه در بلال (۴۶۷/۶۷ دانه) در تیمار ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با تراکم ده بوته در مترمربع به دست آمد. همچنین بیشترین وزن دانه در بلال (۱۷۴/۹۲ گرم در بلال) نیز در همین تیمار مشاهده شد. افزایش تراکم کاشت، به دلیل نزدیک‌تر شدن بوته‌ها، می‌تواند شمار دانه در بلال را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. تراکم مطلوب، افزون برجذب بهتر منابع لازم، می‌تواند منجر به تحریک رشد رویشی و افزایش عملکرد دانه شود (Nejafi Nejad & Madahiyan, 2003).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس برخی شاخص‌های مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش

Table 1. Analysis of variance some indices studied under experimental treatments

S.O.V	df	Height	Number of grains per ear	Grain weight Ear	Average Ear weight	100Seed weight	Forage yield	Grain yield	HI
Block	2	2992.07 **	12616.06 **	266.44 **	489.66 ns	14.48 **	2203.05 **	3.07 *	59.81 **
Nitrogen	4	517.61 **	37389.24 **	9198.56 **	16292.78 **	175.11 **	276.15 **	7.31 **	37.28 *
error	8	456.34	1420.24	211.63	452.89	2.56	3.33	0.34	2.09
Density	2	71.67 ns	41372.60 **	86.32 **	6766.08 **	136.49 **	279.74 **	0.005 ns	37.33 **
N* density	8	123.52 **	417.46 ns	90.17 **	83.60 ns	3.40 **	11.47 **	0.53 **	3.03 **
Error	20	23.15	592.15	44.19	328.32	0.76	0.79	0.01	0.35
CV (%)		2.89	7.65	6.67	7.55	2.89	1.40	1.08	2.16

*، **و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% probability levels and non-significance, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. اثر سادهٔ سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 2. Effects of nitrogen levels and plant density on yield and yield components of corn

Treatments	Height (cm)	Number of grains per ear	Grain weight per ear (gr)	Average ear weight (gr)	100 Seed weight (gr)	Forage yield (ton. ha^{-1})	Grain yield (ton. ha^{-1})	HI (%)
Nitrogen (kg.ha^{-1})								
Zero	189.68 ^{d}	257.44 ^{d}	73.59 ^{d}	204.40 ^{c}	27.48 ^{d}	55.19 ^{d}	8.46 ^{d}	28.26 ^{a}
150	196.11 ^{c}	289.56 ^{c}	88.84 ^{c}	212.55 ^{c}	30.35 ^{c}	61.18 ^{c}	9.28 ^{c}	28.25 ^{a}
300	202.44 ^{b}	373.33 ^{b}	124.42 ^{a}	270.15 ^{b}	33.33 ^{b}	66.96 ^{b}	9.91 ^{b}	28.11 ^{a}
450	209.55 ^{a}	400.44 ^{a}	141.42 ^{a}	299.84 ^{a}	35.17 ^{a}	68.93 ^{a}	10.43 ^{a}	28.10 ^{a}
600	195.55 ^{c}	270.56 ^{d}	69.42 ^{d}	212.98 ^{c}	24.21 ^{e}	66.16 ^{b}	8.34 ^{e}	23.69 ^{b}
Density (Plant.m^{2})								
10	201.00 ^{a}	373.73 ^{a}	125.91^{a}	262.28 ^{a}	33.32 ^{a}	59.16 ^{c}	9.26 ^{a}	28.99 ^{a}
15	198.33 ^{a}	311.53 ^{b}	94.03 ^{b}	237.66 ^{b}	29.67 ^{b}	64.13 ^{b}	9.28 ^{a}	27.12 ^{b}
20	196.66 ^{a}	269.33 ^{c}	78.91 ^{c}	219.99 ^{c}	27.33 ^{c}	67/76 ^{a}	9.30 ^{a}	25.85 ^{c}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر پایهٔ آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column of mean in a joint statement based on test least significant difference (LSD) has significant difference in rate daily.

نتایج این بررسی‌ها نشان داد، با کاربرد کود نیتروژن تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار، میانگین وزن بلال در بوته روند افزایشی داشت. به‌عنوان مثال در تراکم ده بوته در مترمربع، کمترین میزان در شاخص یادشده در شرایط بدون کاربرد نیتروژن مشاهده شد. افزایش عملکرد دانه ، شاخص برداشت، وزن صددانه و شمار دانه در بلال، را متأثر از کاربرد نیتروژن دانسته‌اند (Nejafi nejad & Madahian, 2003; Rozati *et al*., 2010).

وزن صددانه

بنابر نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱، وزن صددانه در ذرت به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر متقابل بین سطوح نیتروژن و تراکم کاشت قرار گرفت. به‌طورکلی در هر یک از سطوح تراکم کاشت، افزایش میزان نیتروژن تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تأثیر معنی‌داری در افزایش وزن صددانه داشت (جدول ۳).

کمبود نیتروژن، عملکرد دانهٔ ذرت را از راه کاهش وزن و شمار دانه، کم می‌کند (Windauer *et al*., 2007). نیتروژن نقش مؤثری در سرعت نورساخت گیاه داشته، باعث افزایش سهم مواد نورساختی در پر شدن دانه‌ها و افزایش وزن صددانه و شمار دانه در بلال می‌شود (Nejafi nejad & Madahian, 2003; Rozati *et al*., 2010).

همچنین با افزایش تراکم کاشت، وزن صددانه در ذرت به‌طور معنی‌داری رو به کاهش گذاشت. به‌عنوان مثال، در شرایط بدون کاربرد نیتروژن، بیشترین وزن صددانه (۲۹/۷۸ گرم) در تراکم ده بوته در مترمربع به دست آمد. کمترین میزان این شاخص(۲۰/۶۲ گرم) در شرایط کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با تراکم بیست بوته در مترمربع به دست آمد. افزایش تراکم همراه با کاربرد بیش‌ازحد نیتروژن باعث کاهش وزن دانه بلال ذرت شد (Khazaei *et al*., 2009).

عملکرد علوفه

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش، اثر متقابل نیتروژن و تراکم، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد علوفهٔ ذرت داشت (جدول ۱). به‌طورکلی در بین تیمارهای آزمایش، بیشترین میزان این شاخص (۷۲/۶۸ تن در هکتار) در تراکم بیست بوته در مترمربع همراه با کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم مشاهده شد. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که افزایش کاربرد نیتروژن بیش از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه شد (جدول ۳). از این‌رو، می‌توان بیان کرد که از نظر اثر متقابل بین تراکم و سطوح کاربرد نیتروژن، کاربرد همزمان ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه تراکم بیست بوته در مترمربع، می‌تواند با تأثیر بر جذب نیتروژن از خاک، ضمن کاهش تأثیر زیست‌محیطی، سبب افزایش عملکرد علوفه در واحد سطح شود. به‌طورکلی، افزایش تراکم افزون بر تشدید رقابت در جذب مواد غذایی از خاک، باعث رشد سریع پوشش گیاهی در آغاز فصل می‌شود. این امر می‌تواند جذب نور و تولید مادهٔ خشک را افزایش داده و

Archive of SID

www.SID.ir

منجر به افزایش عملکرد علوفهٔ ذرت شود (Emam, 2007). با افزایش تراکم میزان عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند و بهترین تراکم برای تولید علوفه ۱۳۰هزار بوته در هکتار گزارش شده است (Machul *et al*., 1988). افزایش تراکم کاشت از ۷۵ به ۱۲۵ هزار بوته در هکتار عملکرد علوفه در ذرت را ۴۲ درصد افزایش داد (Saadatzadeh 2011 *et al*.,). در نتایج تحقیقی دیگر، Edris Ameri & Sorkhi (2011) اظهار داشتند که کاربرد نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد علوفهٔ ذرت شد.

عملکرد دانه

بنابر نتایج آزمایش اثر متقابل بین نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). بنا بر نتایج آزمایش، صرف‌نظر از تراکم کاشت بیشترین عملکرد دانه در سطح ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۲ و ۳). با این وجود، افزایش بیشتر نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار این شاخص شد. در بین تیمارهای آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن و تراکم ده بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳).

نقش مؤثر نیتروژن در افزایش عملکرد دانهٔ ذرت ناشی از تحریک رشد در ریشه‌ها به‌ویژه در آغاز فصل رشد است که جذب بیشتر عنصرهای غذایی از خاک را امکان‌پذیر می‌کند (Mirnia *et al*., 2001). کاربرد نیتروژن می‌تواند افزایش عملکرد ذرت را در پی داشته باشد (Edris ameri & Sorkhi, 2011). در نتایج تحقیقی دیگر، نیز عنوان شده است که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک در ذرت می‌شود (Olsen & Sander, 1988; Abdollahi *et al*., 2010). با این وجود، به نظر می‌رسد که افزایش کاربرد نیتروژن بیش از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار نه تنها از نظر اقتصادی و زراعی قابل توجیه نیست، بلکه می‌تواند اثر سوء زیست‌محیطی را نیز افزایش دهد.

ذرت گیاهی حساس از نظر واکنش‌پذیری به تراکم بوته است. به‌طورکلی، می‌توان اظهار داشت که تراکم بیش از ده بوته در مترمربع، سبب تشدید رقابت بین بوته‌ها بر سر جذب منابع مشترک شده که می‌تواند منجر به کاهش عملکرد دانه شود. بنابر نتایج بررسی‌های دیگر محققان افزایش تراکم کاشت تا ۵۵ هزار بوته در هکتار نیز منجر به افزایش عملکرد دانه و تراکم بیش از این میزان باعث کاهش عملکرد در ذرت شد (Temadon Rastegar & Amini, 2007). همچنین در نتایج بررسی دیگری گزارش شده است که تراکم بوته نقش بسزایی بر توزیع مادهٔ خشک بین مخازن رویشی و زایشی گیاه دارد. از این‌رو، در تراکم‌های بالا به علت کاهش میزان مواد نورساختی، به‌ویژه در دورهٔ پر شدن دانه، سبب افزایش شمار دانه-های عقیم، کاهش وزن بلال و در نهایت کاهش عملکرد دانهٔ ذرت می‌شود (Andrade *et al*., 1999).

جدول ۳. اثر متقابل سطوح نیتروژن و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

Table 3. The interaction between nitrogen levels and plant density on yield and yield components of corn

Nitrogen levels (Kg. ha^{-1})	Density (plant.m^2)	Height (Cm)	Grain weight per ear (g)	100seed weight (g)	Forage yield (ton. ha^{-1})	Grain yield (ton. ha^{-1})	HI (%)
Zero	10	190.00 ^{g}	94.20 ^{ef}	29.78 ^{e}	48.04 ^{i}	8.24 ^{j}	30.13 ^{a}
	15	187.00 ^{g}	71.14 ^{g}	27.61 ^{tg}	56.29 ^{h}	8.47 ^{hi}	28.13 ^{bc}
	20	192.00 ^{etg}	55.41^{h}	25.06 ^{h}	61.24 ^{g}	8.69 ^{g}	26.51 ^{de}
150	10	196.33 $^{d-g}$	118.96 ^{d}	34.84 ^{b}	56.35 ^{h}	8.58 ^{gh}	28.47 ^{b}
	15	194.00 ^{etg}	82.99 ^{t}	29.91 ^{e}	61.37 ^{g}	9.35 ^{t}	28.47 ^{b}
	20	198.00 ^{det}	64.55 ^{gh}	26.32 ^{gh}	65.82 ^{et}	9.9 $^{b-e}$	28.41 ^{b}
300	10	209a ^{bc}	148.09 ^{b}	36.08 ^{ab}	62.13 ^{g}	10.11 ^{d}	30.41^{a}
	15	204.33 ^{cd}	123.49 ^{cd}	32.40 ^{cd}	67.09 ^{cd}	9.97 ^{bc}	28.10 ^{bc}
	20	194.03 ^{egf}	102.89 ^{e}	31.53 ^{d}	71.64 ^{a}	9.64 ^{e}	25.82 ^{ef}
450	10	218.00 ^{a}	174.92 ^{a}	37.47 ^{a}	64.45 ^{f}	10.76 ^{a}	30.89 ^{a}
	15	212 ^{ab}	132.47 ^{c}	34.87 ^{b}	69.65 ^{b}	10.28 ^{b}	27.34 ^{cd}
	20	198.67 ^{det}	116.86 ^{d}	33.17 ^{c}	72.68 ^{a}	10.23 ^{b}	26.08 ^{e}
600	10	191.67 ^{etg}	93.36 ^{et}	28.44 ^{et}	64.81 ^{et}	8.63 ^{gh}	25.04 ^{f}
	15	194.33 ^{etg}	60.04 ^{gh}	23.56 ^{i}	66.25c ^{de}	8.33 ^{ji}	23.61 ^{g}
	20	200.67 ^{de}	54.85 ^{h}	20.62 ^{j}	67.41 ^{c}	8.05 ^{k}	22.44 ^{h}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر پایهٔ آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column of mean in a joint statement based on test least significant difference (LSD) has significant difference in rate daily.

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص برداشت

همسان عملکرد دانه، اثر متقابل بین نیتروژن و تراکم بر شاخص برداشت ذرت نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). صرف‌نظر از تراکم کاشت، بین سطوح ۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد؛ اما کاربرد نیتروژن در سطح ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص شد (جدول ۲). در بین تیمارهای آزمایش نیز کمترین شاخص برداشت در شرایط کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با تراکم بیست بوته در مترمربع (معادل ۲۲/۴۴ درصد) به دست آمد (جدول ۳). همسان نتایج این آزمایش، Cox & Cherney (2001) نیز در نتایج بررسی‌های خود با مشاهدهٔ کاهش شاخص برداشت ذرت در نتیجه افزایش سطح کاربرد نیتروژن، اظهار داشتند که کاربرد زیاد نیتروژن، بیشتر سبب تحریک رشد رویشی شده و کمتر به بلال‌های در حال رشد اختصاص می‌یابد که در نهایت می‌تواند منجر به کاهش شاخص برداشت شود.

نتیجه‌گیری

بنابر نتایج این آزمایش، به‌رغم تأثیر سوء زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بالای نیتروژن، کاربرد این عنصر تا سطح ۴۵۰ کیلوگرم همراه با تراکم بالا (بیست بوته در مترمربع) تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد ذرت داشت. بنابراین به نظر می‌رسد تراکم زیاد بوته، باعث افزایش رقابت در جذب منابع محیطی شده و افزون بر افزایش عملکرد علوفهٔ ذرت، در جذب بیشتر نیتروژن از خاک نیز مؤثر باشد؛ با ادامهٔ کاربرد نیتروژن، تا سقف ۶۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در همهٔ سطوح تراکم، نه تنها افزایش عملکرد دانه و علوفهٔ ذرت را به دنبال ندارد، بلکه باعث کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز می‌شود.

REFERENCES

1. Abdollahi, F., Ghadiri, H. & Bahrani, M. (2010). Effect of tillage, wheat (*Triticum aestivum* L.) residue & nitrogen management on corn (*Zea mays*) yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, 336-346. (in Farsi)
2. Agricultural Statistics. (2014). Department of Planning and Economy. http://www.maj.ir/.
3. Allison, J. C. S. & Haslam, R. J. (1993). Theoritical assessment of potential for increasing productivity of sugarcane through increased nitrogen fertilization. Proc. *South African Sugar Technology*, Assoc. pp.57-59.
4. Andrade, F. H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M. & Valentinus, O. (1999). Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39, 453-459.
5. Babnik, D., Susin, J. & Verbic, J. (2002). The effect of nitrogen fertilization of maize on protein concentration and in vitro fermentability of grain. *Journal of Central European Agriculture*, 3, 159-167.
6. Birch, C. J., Hammer G. L. & Rickert, K. G. (1998). Improved methods for predicating individual leaf area and leaf senescence in maize. *Australian Journal of Agricultural Research*. 49, 249-262.
7. Bullock, D. G., Nielson, R. L. & Nyquist, W. E. (1993). Growth analysis comparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, 28, 254-285.
8. Cox, W. J. & Cherney, D. J. R. (2001). Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal*, 93, 597-602.
9. Cox, W. J., Kalonge, S., Cherney, D. J. R. & Reid, W. S. (1993). Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agronomy Journal*, 85, 341-347.
10. Dobermann, A. & Cassman, K. G. (2005). Cereal area and nitrogen use efficiency are drivers of future nitrogen fertilizer consumption. *Science. China Ser. C Life Science*. 48 (Supp.), 1-14.
11. Dobermann, A. R. (2005). Nitrogen Use Efficiency-State of the Art. University of Nebraska-Lincoln Digital Commons @University of Nebraska-Lincoln.
12. Edmeades, G. O. & Lafite, H. R. (1993). Defoliation and plant density effect on maize selected for reduced plant height. *Agronomy Journal*, 85, 580-857.
13. Edris Ameri, A., Sorkhi B. (2011). Investigation of destructive effectives of nitrogenous fertilizers on protein and oil percentage in maize. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 7, 13-23. (in Farsi)
14. Eickhout, B., Bouwman, A. F. & van Zeijts, H. (2006). The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 116, 4-14.
15. Emam, Y. (2007). Cereal Production. Shiraz University Press. Third edition. 190 pages. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir

16. English, M. & Raja, S. N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 32, 1-14.
17. Fallah, S. & Tadayyon, A. (2007). Effects of plant density and nitrogen rates on yield, nitrate and protein of silage maize. *Electronic Journal of Crop Production*, 2, 105-121. (in Farsi)
18. Farahani, E, Naderi. M.R, Tahmasebizadeh, H, Khodabandeh, N. & Jaferibonyad, M. (2005). The effect of plant density and nitrogen fertilizer on forage yield and some Physiological traits in forage sorghum. *New Findings in Agriculture*, 1, 83-91. (in Farsi)
19. Farnham, D.E. (2001). Row spacing, plant density and hybrid effects on corn yield and moisture. *Agronomy Journal*, 93, 1049-1053.
20. Foulkes, M.J., Sylvester, R., Bradly, R. & Scot, K. (1998). Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization nitrogen. *Journal of Agricultural Sciences of Cambridge*, 130, 29-44.
21. Giller, K. E., Chalk, P., Dobermann, A., Hammond, L., Heffer, P., Ladha, J. K., Nyamudeza, P., Maene, L., Ssali, H. & Freney, J. (2004). Emerging technologies to increase the efficiency of use of fertilizer nitrogen. In: Mosier, A.R., Syers, J.K., Freney, J.R. (Eds.), *Agriculture and the Nitrogen Cycle. Island Press, Washington, D.C*. pp. 35-51.
22. Heffer, P. (2008). Assessment of fertilizer use by crop at the global level. *International Fertilizer Industry Association*. Rue Marbeuf, Paris, France. Available in: WWW. Fertilizer.org. 5p.
23. Herrmann, A. & Taube, F. (2005). Nitrogen concentration at maturity–an indicator of nitrogen status in forage maize. *Agronomy Journal*, 97, 201-210.
24. Heydari Pour, R., Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A. & Zare Feize Abadi, A. (2015). Effects of irrigation and nitrogen application rates on yield and yield components of corn, sesame and sugar beet in Mashhad climatic condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13, 24-33.
25. Javaheri, A. (200) *Effect of Nitrogen Fertilizer on Maize, Abstract. 6th Iranian Conference of Plant Breeding*. Mazandaran University Press, p. 493. (in Farsi)
26. Jukela, W. L. & Randall, G. W. (1997). Fate of fertilizer N as affected by time and rate of application. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1695-1703.
27. Khazaei, F., AghaAlikhani, M. & Modarres Sanavy, S.A.M. (2009). Nitrogen rate and plant density effect on dry matter accumulation and fresh ear yield of sweet corn. *Pajouhesh & Sazandegi*, 92, 1-8 (in Farsi)
28. Machul, M. (1988). Response of two maize hybrids growth for silage and for grain to different plant densities. *Pamietnik-Pulawski*, 92, 185-191.
29. Mirnia, S. G., Modares Sanavi, S. A. M. & Piri, T. (2001). Effect of different levels of nitrogen on growth and development of corn root. *Iranian Journal of Soil and Waters Sciences*, 15, 39-56. (in Farsi)
30. Nejafi Nejad, H. & Madahiyan. (2003). Effect of irrigation regimes and planting density on grain yield and some agronomic traits of corn. *Seed and Plant Production Journal*, 19, 155- 172. (in Farsi)
31. Niknam, N. & Faraji, H. (2014). Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of maize var. *Agronomy Journal*, 704, 54-60. (in Farsi)
32. Norwood, C. A. (2001). Dryland corn in western Kansas: Effects of hybrid maturity, planting date and plant population. *Agronomy Journal*, 93, 540-547.
33. Olsen, R. A. & Sander, D. H. (1988). Corn production. In G.F. Sprague, and J.W. Duddley. (Eds.). corn and corn improvement. P. 639. 3rd, ASA. Inc, Madison. USA. (in Farsi)
34. Robert, S., Wearer, W. H. & Phelps, J. P. (1980). Use of the nitrate soil test to predict sweet corn response to nitrogen fertilization, *Soil Science*, 44, 306-308.
35. Rostaminia, M, Hajsiedhadi, M. R, Pazeki, A. R, Aghabigy, M. & Behbehaninia, A. (2011). Tillage and residue management effects of nitrogen fertilizer on maize yield and leaf area index in Varamin *Journal of Plant and Ecosystem*, 27: 21-31. (in Farsi)
36. Rozati, N. S., Gholami, A. & Asghari H. R. (2010). Study of nitrogen split application levels and variety effects on yield and agronomical characteristics of corn. *Electronic Journal of Crop Production*, 4, 1-16. (in Farsi)
37. Saadatzadeh, N., Nabavi Kalat, S.M. & Bahari Kashani, R. (2011). Effects of plant density and nitrogen fertilizer on quantity and quality of forage corn in Daregaz region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 4, 29-42. (in Farsi)
38. Saberi, A.R., Mazaheri, D. & Heidari Sharif Abad. H. (2007). Effects of vary density planting and arrangement on physiological indices and dry matter trend of corn. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13, 1-9.
39. Sajedi, N. & Ardekani, A. (2008). Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. *Iranian Studies Journal of Agronomy*, 6, 99-110. (in Farsi)
40. Salardiny, A. (2005) Soil fertility. Publishing Tehran University. Tehran. (in Farsi)
41. Sarmadnia, G. & Koocheki, A. (2006). Crop Physiology translation (Mashhad University Jihad Publications). (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir

42. Schroder, J. J., Neeteson, J. J., Oenema, O. & Struik, P.C. (2000). Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, 66, 151-164.
43. Sepehri, E., Malakouti, M. J. & Nougolipour, F. (2008). Evaluation of phosphorus efficiency in Iranian cereal in a deficient calcareous soil. Eurosoil 2008 International Conference (Soil- Society-Environment). Book of abstracts: Pp. 182. In: W. E. H. for daily light partitioning in multispecies canopies. *Agricultural Forest and Meteorology*, 101, 251-263.
44. Singh, U. (2005). Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. *Journal of Crop Improvement*, 15, 259-287.
45. Tarigholesllami, M., Zarghami, R., Mashadi Akbar bojar, M. & Oweysi, M. (2010) Effect of Nitrogen fertilizer and Water Deficit Stress on Physiological indices of corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*, 104, 154-160. (in Farsi)
46. Tamaddon Rastegar, M. & Amini, I. (2007). Effects of planting dates and densities on yield and yield components of sweet corn of ksc404 in Mazandaran climate condition. Pajouhesh & Sazandegi, 75, 9-14. (in Farsi)
47. Tesar, M. B. (1988). Physiological basis in crop growth and development. *Printed in the united stress of America*. 391 p.
48. Tohidi nejad, A. B., Mazahri, A. H., Sarmadnia, A. & Ghafari, H. (1997). The effect of nitrogen fertilizer amounts and their uses on the quantity and curve of the growth of maize. Abstract of the Articles of the *4th Iranian Conference on Plant Breeding, Isfahan University of Technology*. p. 179. (in Farsi)
49. Uhart, S. A. & Andrade, F. H. (1995). Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development to dry matter-partitioning, and kernel set. *Crop Science*, 35, 1376-1383.
50. Ulger, A. C., Ibrikci, H., Cakir, B. & Guzel, N. (1997). Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1697-1709.
51. Widdicombe, W. D. & Thelen, K. D. (2002). Row width and plant density effects on corn in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 87, 842-846.
52. Windauer, L., Altuna, A. & Benech-Arnold, R. (2007). Hydro time analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. *Industrial Crops and Products*, 25, 70-74.

Archive of SID

www.SID.ir