Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۴ / سال ۱۳۹۹ صفحات ۵۸-۴۵

ارزیابی برخی خصوصیات اکو فیزیولوژیک ذرت S.C 704 در کشت مخلوط افزایشی با گیاه ماش

حسن نوریانی

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۶
استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، ایران
*مسئول مکاتبه : E-mail: hnouriyani@pnu.ac.ir

چکیده

اهداف: از آنجایی‌که بهبود استفاده از منابع محیطی در کشت مخلوط یکی از راهکارهای اساسی برای رسیدن به کشاورزی پایدار است، بر این اساس به‌منظور بررسی برخی خصوصیات اکو فیزیولوژیک ذرت S.C 704 در کشت مخلوط افزایشی با گیاه ماش این آزمایش انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار طی تابستان سال ۱۳۹۷ به‌صورت مزرعه‌ای در منطقه دزفول اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت- ماش (افزودن ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠ و ٥٠ درصد از تراکم مطلوب گیاه ماش به تراکم مطلوب ذرت) و کشت خالص ذرت (شاهد) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت- ماش بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، میزان جذب تشعشع، سرعت رشد محصول، تجمع ماده خشک و کارایی مصرف تشعشع معنی‌دار بود. اما سرعت رشد نسبی تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. در این تحقیق، با افزایش تراکم ماش مقادیر صفات مورد ارزیابی در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت بیشتر شد. در این میان، تیمار کشت مخلوط افزایشی ذرت+٤٠٪ ماش با بهره‌گیری از مقادیر بیشتر شاخص سطح برگ (٥/٢٨)، دوام سطح برگ (٢١٧ LAI- روز)، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (١٨/١٢ مگاژول بر مترمربع در روز)، سرعت رشد محصول (٣٠/١٤ گرم بر مترمربع در روز) و سرعت رشد نسبی (٠/٠٨٣٨ گرم بر گرم در روز) نسبت به دیگر تیمارهای آزمایش بیشترین میزان تجمع ماده خشک (١٩٩٦/٥٠ گرم بر مترمربع) و به‌تبع آن بالاترین میزان کارایی مصرف تشعشع (٢/٩١ گرم بر مگاژول) را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی می‌توان تیمار ذرت+٤٠٪ ماش را به‌عنوان بهترین سیستم کشت مخلوط افزایشی ذرت- ماش از نظر بهره‌برداری از منابع محیطی و تولید ماده خشک معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، ذرت، شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور، کشت مخلوط

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Some Ecophysiological Properties of Maize S.C 704 in Additive Intercropping with Mungbean

Hassan Nouriyani

Received: August 25, 2019 Accepted: September 6, 2020
Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Payame Noor University, Iran.
*Corresponding Author Email: E-mail: hnouriyani@pnu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Since improving the efficiency of environmental resources utilization in intercropping is one of the essential strategies for achieving sustainable agriculture, Therefore, in order to assess some ecophysiological properties of maize S.C 704 in additive intercropping with mungbean, an experiment was conducted.

Materials and Methods: The experiment was based on randomized complete block design with six treatments and four replications in Dezful region during the summer of 2018. Experimental treatments consisted of different additive intercropping of maize-mungbean intercropping (adding 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of optimum density of mungbean to optimum maize density) and a pure stand of maize (control).

Results: The results showed that the effect of different maize -mungbean additive intercropping treatments on leaf area index, leaf area duration, light absorption, crop growth rate, dry matter accumulation and light use efficiency was significant. But the relative growth rate was not significantly affected by the treatments. In this study, with increasing in mungbean density, the evaluated traits in all intercropping treatments were higher than that of pure maize. However, the additive intercropping treatment of maize+40% mungbean utilized higher leaf area index (5.28), leaf area duration (217 LAI-day), absorption of photosynthetically active radiation (18.12 MJ/m^2), Crop growth rate (30.14 g/m^2/day) and relative growth rate (0.0838 g/g/day) compared to the other treatments, resulting in the highest dry matter accumulation (1996.50 g/m^2) and consequently the highest radiation use efficiency (2.91 g/mJ).

Conclusion: In general, maize+40% mungbean treatment can be introduced as the best maize-mungbean additive intercropping system, regarding environmental resources consumption and dry matter production.

Keywords: Photosynthetically active radiation, Maize, Leaf area index, Light use efficiency, Intercropping

مقدمه

یکی از راه‌های افزایش پایداری تولید در سیستم‌های زراعی، افزایش تنوع زیستی در زمان و مکان است (راسدوزامن و جنسن ۲۰۱۷). کشت مخلوط که به‌صورت کشت دو یا چندگونه زراعی باهم تعریف می‌گردد، مهم‌ترین نمونه از نظام‌های پایدار در کشاورزی است که اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، افزایش عملکرد، بهره‌برداری بیشتر از منابع طبیعی (آب، نور و عناصر غذایی) و کاهش خسارات ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌نماید (اوما و جروتو ۲۰۱۰). از معمول‌ترین سامانه‌های کشت مخلوط، کشت مخلوط غلات– لگوم است که در آن وجود لگوم در سیستم کشت مخلوط به دلیل اثرات مکملی در مصرف منابع محیطی، باعث بهبود رشد غیرلگوم می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID

(اسکندری و جوانمرد ۲۰۱۳). اختلافات مرفولوژیک و فیزیولوژیک بین لگوم و غیرلگوم در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دوجانبه مثبت می‌باشد. تفاوت در عمق ریشه‌دهی، گسترش شعاعی و تراکم طول ریشه احتمالاً از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای جذب آب و عناصر غذایی تأثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین می‌شوند (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵).

ازجمله سیستم‌های کشت مخلوط غلات- لگوم، کشت مخلوط ذرت و ماش است. وجود گونه‌های لگوم همانند ماش با برخورداری از توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری در کشت مخلوط با ذرت، به‌خوبی قادرند بخشی از نیتروژن موردنیاز این گیاه پرتوقع را تأمین کنند (پونیالو و همکاران ۲۰۱۸). ذرت نیز با ترشح مواد اسیدی از ریشه‌های خود و تغییر میزان اسیدیته خاک، قابلیت دسترسی عناصر ریزمغذی مانند آهن را برای گونه‌های لگوم افزایش می‌دهد (یاواس و انای ۲۰۱٦). ذرت در دنیا ازنظر تولید بعد از گندم و برنج، سومین محصول غله‌ای محسوب می‌شود که به علت سازگاری بالا، در محدوده وسیعی از شرایط محیطی قابل‌کشت است. ماش نیز به دلیل دوره رشد کوتاه، از معمول‌ترین گیاهانی است که در کشت دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌علاوه، به دلیل داشتن قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نقش مهمی در بهبود حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند و دانه آن نیز منبع مهم تأمین‌کننده پروتئین گیاهی برای انسان است (فتحی ۲۰۱۰). نیتروژنی که توسط فرآیند تثبیت زیستی تولید و فراهم می‌شود، به دلیل اینکه به‌طور تدریجی آزاد می‌شود و میزان فراهمی آن نیز تا حد زیادی با نیاز گیاه غیر لگوم منطبق است، به‌مراتب تأثیر بسیار بیشتری بر کارایی نیتروژن و عملکرد محصول خواهد داشت (هانادی و هوکمن ۲۰۱٤).

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی مناسب برای شناخت حرکت مواد فتوسنتزی در گیاه از طریق اندازه‌گیری تولید ماده خشک در طول فصل رشد است که امکان توضیح و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی را فراهم می‌سازد. ماده خشک تولیدشده توسط گیاه زراعی را می‌توان با استفاده از شاخص‌هایی نظیر سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) که هر دو از مهم‌ترین شاخص‌های رشد می‌باشند مورد تجزیه و تحلیل قرار دارد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۳). نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایش کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کردند که سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اقتصادی در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت.

از مهم‌ترین دلایل بالا رفتن بهره‌وری در کشت مخلوط را می‌توان برهمکنش مثبت بین گیاهان دانست. به‌عنوان مثال، فراهمی نیتروژن توسط بقولات در کشت مخلوط می‌تواند کارایی مصرف نور (RUE) را در گیاه دیگر بالا ببرد (منصوری و همکاران ۲۰۱۳). کارایی مصرف نور بیانگر مقدار ماده خشک تولیدشده به ازای هر واحد نور جذب‌شده است و واحد آن گرم ماده خشک تولیدشده بر مگاژول تشعشع جذب‌شده می‌باشد. تولید ماده خشک در گیاه یک ارتباط خطی با میزان تشعشع جذب‌شده توسط گیاه دارد که شیب این ارتباط بیانگر کارایی مصرف نور می‌باشد. از طرفی، میزان جذب تشعشع توسط کانوپی به نوبه خود از برخی از شاخص‌های رشد مانند شاخص سطح برگ (LAI) و دوام سطح برگ (LAD) متأثر می‌شود، به‌طوری که با تعیین این شاخص‌ها می‌توان میزان نور دریافتی توسط پوشش گیاهی را تخمین زد و تجزیه و تحلیل این فرایند در شرایط محیطی مختلف برای ارزیابی میزان رشد و تولید گیاهان زراعی بسیار مهم می‌باشد (زانگ و همکاران ۲۰۰۸).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر برای دست‌یابی به رشد مناسب و عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب ازجمله نیتروژن کافی به‌منظور استفاده از سایر منابع محیطی از قبیل تشعشع خورشیدی موجود جهت تولید بهینه ترکیبات فتوسنتزی است (بهشتی و بهبودی فرد ۲۰۱۰). آوال و همکاران (۲۰۰٦) بر این باورند که کشت مخلوط

www.SID.ir

Archive of SID

با افزایش جذب نور و سایر منابع موجب بهبود طول دوره رشد و پوشش بهتر خاک شده که درنهایت، افزایش بهره‌وری را به دنبال دارد. از آنجایی که نیتروژن موجب توسعه سطح برگ‌ها شده و سطح دریافت‌کننده نور خورشید را افزایش می‌دهد درنتیجه موجب افزایش کارایی مصرف نور می‌شود. همبستگی نزدیکی بین مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاه و رشد آن وجود دارد. کارایی دریافت و جذب تشعشع خورشیدی تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ، ضریب خاموشی نور و همچنین کارایی مصرف نور می‌باشد (معصومی پور و همکاران ۲۰۱٦). کور و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که با مصرف ۲۵ و ۵۰ درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه‌شده، ویژگی‌های اکو فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی جذب‌شده و کارایی مصرف تشعشع ذرت به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. نظری و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی با بررسی اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت و ماش بر عملکرد، اجزای عملکرد و زیست‌توده علف‌های هرز، بیشترین عملکرد ذرت را در تیمار افزایشی ذرت+ ۲۵ درصد ماش به دست آوردند. همچنین بهبود کارایی مصرف آب (نجیب‌نیا و همکاران ۲۰۱٤)، بهبود کارایی مصرف نیتروژن (پهلوانلو و همکاران ۲۰۱٦ و علی‌بخشی و میرزاخانی ۲۰۱٦ و سالم زاده و همکاران ۲۰۱٤)، افزایش کارایی نیتروژن و فسفر (کوچکی و همکاران ۲۰۱۷)، کاهش تراکم علف‌های هرز در مزرعه (بی‌بی و احمدخان ۲۰۱٦ و نظری و همکاران ۲۰۱۳)، بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و کنترل علف‌های هرز (منصوری و همکاران ۲۰۱۳ و قلی نژاد و همکاران ۲۰۱۸ و مهدی-پور و همکاران ۲۰۱۹) در سیستم‌های کشت مخلوط نیز گزارش‌شده است. لذا، با توجه به اهمیت کشت مخلوط در تولید پایدار محصولات مختلف، این تحقیق باهدف ارزیابی برخی خصوصیات اکو فیزیولوژیک ذرت S.C 704 در کشت مخلوط افزایشی با گیاه ماش در منطقه دزفول اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار طی تابستان سال ۱۳۹۷ به‌صورت مزرعه‌ای در منطقه دزفول، واقع در شمال استان خوزستان با طول جغرافیایی ٤۸ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ٤۸ متر از سطح دریا موردبررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت- ماش (افزودن ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد از تراکم مطلوب گیاه ماش به تراکم مطلوب ذرت) و کشت خالص ذرت (شاهد) بود. عملیات تهیه زمین توسط گاوآهن برگردان دار و دو دیسک عمود برهم و ماله‌کشی (تسطیح زمین) صورت گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی، کودهای شیمیایی نیتروژن، پتاس و فسفر مورداستفاده قرار گرفت. کودهای شیمیایی پتاس و فسفر به‌صورت پایه قبل از کاشت هنگام تهیه زمین مصرف گردید، اما کوددهی نیتروژن به‌صورت نواری در دو مرحله انجام گرفت. مرحله نخست، ده روز پس از کاشت و مرحله دوم، در زمان ساقه رفتن ذرت اعمال شد.

در این پژوهش، کلیه عملیات کاشت با دست انجام شد. به این ترتیب که در تیمار کشت خالص ذرت SC 704، بذور ذرت روی خطوط ۷۵ سانتی‌متری (تراکم ۷/۵ بوته در مترمربع) در وسط پشته کاشته شد و در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، بذور ذرت در وسط پشته با همان تراکم، اما بذور ماش رقم پرتو بر اساس تیمار مخلوط افزایشی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد از تراکم مطلوب ماش (۲۰ بوته در مترمربع) جهت پوشش بهتر زمین، در کف جوی ردیف‌های ذرت کاشته شد. در هر کرت آزمایشی، هشت خط به طول هفت متر، فاصله هر کرت از کرت دیگر به‌صورت دو خط نکاشت و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری کرت‌های آزمایشی پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه اعمال گردید. مبارزه با علف‌های هرز در هیچ‌یک از تیمارها تا انتهای فصل رشد صورت نگرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

پتاسیم قابل‌جذب PPM	فسفر قابل‌جذب PPM	نیتروژن کل (٪)	هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$	واکنش خاک (pH)	کربن آلی (٪)	بافت خاک
۱۰۲	٤/۸	۰/۲۵	۰/۹۳	٦/۸	۰/٤۷	سیلتی لوم

نمونه‌برداری‌ها از ۲۰ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی به‌صورت تخریبی با فواصل هر ده روز یک‌بار از خطوط دو و هفت هر کرت پس از حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای هر خط کشت، سه بوته ذرت به‌طور تصادفی انتخاب و برداشت شد. ابتدا سطح برگ آن‌ها به‌وسیله دستگاه سطح برگ سنج (مدل DELTA-T) محاسبه و سپس شاخص سطح برگ با استفاده از رابطه LAI = LA/Ga که در آن LA سطح برگ اندازه‌گیری شده و Ga سطح زمینی که نمونه‌برداری صورت گرفت، محاسبه گردید (لک و همکاران، ۲۰۱٦). جهت برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از برازش معادله زیر استفاده شد (جهان و همکاران ۲۰۱۳):

معادله [۱] $LAI= a + b \times 4 \times[\exp(-(x-c)/d)] / [1+ \exp(-(x-c)/d)]^2$

در این معادله a: عرض از مبدأ، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI، d: نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x: زمان برحسب روزهای پس از کاشت است.

به‌منظور به دست آوردن وزن خشک اندام‌های هوایی، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت‌زمان کافی و پس از اطمینان از عدم کاهش رطوبت، خشک‌شده و وزن آن‌ها در آزمایشگاه با ترازوی دقیق تعیین گردید. برای برآورد مقادیر تجمع ماده خشک روزانه نیز از برازش معادله زیر استفاده شد (جهان و همکاران ۲۰۱۳):

معادله [۲] $TDM= a / [1+b \times \exp(-c \times x)]$

در این معادله TDM: تجمع ماده خشک برحسب گرم در مترمربع، a: حداکثر تجمع ماده خشک، b: ثابت معادله، c: سرعت رشد نسبی و x: زمان برحسب روزهای پس از کاشت است.

جهت محاسبه سرعت رشد ذرت (CGR) از روش مشتق‌گیری معادله روند تجمع ماده خشک و برای محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR) نیز از مشتق معادله سرعت رشد محصول استفاده گردید (گاردنر و همکاران ۱۹۸۵).

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی دزفول به روش ارائه‌شده توسط گودریان و وان لار (۱۹۹٤) با احتساب ساعات آفتابی هر روز (استخراج‌شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد- دزفول) برآورد گردید و ۵۰ درصد آن به‌عنوان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در نظر گرفته شد. نور جذب‌شده روزانه برای ذرت بر اساس معادله زیر محاسبه شد:

معادله [۳] $I_{abs}= I_0 \times (1-e^{-K \times LAI})$

در این معادله، I_{abs}: میزان تشعشع جذب‌شده بر اساس مگاژول در مترمربع، I_0: میزان تشعشع خورشیدی رسیده به بالای کانوپی برحسب مگاژول بر مترمربع، K: ضریب خاموشی نور ذرت که معادل ۰/٦۵ در نظر گرفته شد (جونز و کینیری ۱۹۸٦). سپس تشعشع جذب‌شده در هر مرحله از حاصل‌ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب‌شده به دست آمد و مقدار کل تشعشع جذب‌شده به‌صورت تجمعی از طریق حاصل‌ضرب نور

www.SID.ir

Archive of SID

ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب‌شده نسبت به زمان محاسبه شد. کارایی مصرف نور (RUE) برحسب گرم بر مگاژول از طریق محاسبه شیب‌خط رگرسیون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر مترمربع) و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (مگاژول بر مترمربع) محاسبه شد. دوام سطح برگ (LAD) نیز از رابطه زیر برآورد گردید (گاردنر و همکاران ۱۹۸۵):

معادله [٤] $LAD = [(LAI_1 + LAI_2)/2] \times [t_2-t_1]$

در این معادله t_1 و t_2: روزهای پس از کاشت در دو مرحله نمونه‌برداری متوالی و LAI_1 و LAI_2: میزان شاخص سطح برگ در آن دو مرحله نمونه‌برداری می‌باشد.

برداشت نهایی گیاه ذرت در مرحله رسیدگی دانه‌ها (تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها) سطحی معادل دو مترمربع بود که پس از رعایت حاشیه، از دو خط میانی کاشت به‌صورت دستی انجام گرفت. جهت تعیین عملکرد دانه، نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت در آون خشک و میزان آن بر اساس وزن خشک با ترازوی دقیق در آزمایشگاه، مشخص گردید.

کلیه محاسبات آماری مربوط به تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver.9.3، مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (سطح احتمال ٥ درصد) و درنهایت رسم شکل‌ها توسط برنامه Excel انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر حداکثر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین میزان شاخص سطح برگ (٥/٢٨) مربوط به تیمار مخلوط افزایشی ذرت+٤٠٪ ماش بود که نسبت به تیمار کشت خالص ذرت (شاهد) حدود ۲۳ درصد افزایش داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که ماش از طریق تثبیت بیولوژیکی توانست مقداری از نیتروژن موردنیاز گیاه ذرت را با حداقل تلفات در اختیار ریشه آن قرار دهد و ریشه نیز با جذب آن، باعث افزایش شاخص سطح برگ گردد. بنابراین، علت افزایش شاخص سطح برگ ذرت در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن به دلیل فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط گیاه ماش و توزیع مطلوب‌تر نور توسط تاج پوشش ذرت می‌باشد. زیرا، نیتروژن جزء مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد رویشی گیاهان به‌ویژه توسعه سطح برگ و به تبع آن، توسعه سایه‌انداز گیاهی است. نیتروژن با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ، سبب افزایش LAI می‌شود (محمدی و رحیمی‌مقدم ۲۰۱۸). این نتایج با گزارش یاواس و انای (۲۰۱٦) مطابقت دارد.

دوام سطح برگ

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر صفت دوام سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر این است که میزان این صفت در تمامی تیمارهای کشت مخلوط

نسبت به کشت خالص بیشتر بود، به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان دوام سطح برگ به ترتیب به تیمار مخلوط افزایشی ذرت+٤٠٪ ماش (۲۱۷ LAI- روز) و تیمار کشت خالص ذرت (۱۷٥/۲٥ LAI- روز) اختصاص داشت (جدول ۳). احتمالاً علت این موضوع را می‌توان به فراهم شدن شرایطی برای جذب مطلوب‌تر نیتروژن خاک توسط گونه ذرت در کشت مخلوط و درنتیجه افزایش دوام سطح برگ در مقایسه با کشت خالص آن دانست. احمدی و همکاران (۲۰۱۸) نیز اظهار داشتند از آنجا که دوام سطح برگ بر اساس تعداد روزهای ماندگاری برگ روی گیاه در نظر گرفته می‌شود، افزایش دسترسی به نیتروژن از طریق افزایش محتوای کلروفیل و دوره سبز بمان برگ، منجر به افزایش دوام سطح برگ ذرت می‌گردد.

جذب تشعشع

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای الگوهای مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش بر حداکثر میزان

www.SID.ir

Archive of SID

تشعشع جذب‌شده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌گونه‌ای که تیمار ذرت+۴۰٪ ماش با میزان جذب تشعشع ۱۸/۱۲ مگاژول بر مترمربع در روز بیشترین و تیمار شاهد با شدت جذب تشعشع ۱۳/۷۵ مگاژول بر مترمربع در روز کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت بهبود حداکثر میزان جذب تشعشع توسط تیمارهای مختلف کشت مخلوط، بهبود شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت گسترش برگ‌ها توأم با افزایش میزان دسترسی به نیتروژن باشد. این موضوع یعنی تطابق روند افزایش شاخص سطح برگ با روند جذب تشعشع، با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (یوسف‌نیا و همکاران ۲۰۱۵ و منصوری و همکاران ۲۰۱۳). همچنین آوال و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که افزایش جذب نور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به دلیل افزایش طول دوره جذب (برتری زمانی) در این سیستم نسبت به کشت خالص می‌باشد. زیرا وجود نیتروژن کافی طی دوره رشد گیاه موجب افزایش دوام سطح برگ و درنتیجه افزایش جذب نور به‌وسیله جامعه گیاهی می‌شود. بنابراین، می‌توان اظهار نمود که احتمالاً با جذب بیشتر نور توسط کانوپی متراکم در تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و پوشش بیشتر زمین توسط گیاه ماش و کاهش میزان نور رسیده به پایین کانوپی، درنتیجه کاهش رشد و جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز را در پی داشت.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس حداکثر میزان شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، جذب تشعشع و دیگر صفات مورد ارزیابی تحت تیمارهای مختلف آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)							
		شاخص سطح برگ	دوام سطح برگ	جذب تشعشع	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	ماده خشک کل	کارایی مصرف تشعشع	عملکرد دانه
تکرار	۳	۰/۰۰۰۳۶۸	۱۵/۸۳۳۳۴۳	۰/۷۳۱۸۹۵	۵/۷۹۴۲۷۱	۰/۰۰۴۴۲	۱۶۸/۵۵۵۶۰۱	۰/۰۰۵۸۲۸	۸۰۹/۲۳۷۴۰۲
تیمار	۵	۰/۵۴۹۳۵۵**	۱۰۴۸/۴۶۷۶۶۷**	۱۰/۷۴۴۹۶۷*	۱۴/۱۴۰۱۰۵*	۰/۰۰۰۰۶۳ ns	۹۰۳۴۶/۷۶۶۷۰۵**	۰/۱۳۶۶۶۷**	۱۳۳۹۴۶۹/۶۵۸۰۱۱**
خطای آزمایشی	۱۵	۰/۰۰۰۳۳۴	۷/۶۰۰۰۱۰	۰/۵۱۰۴۰۵	۱/۶۴۸۴۳۸	۰/۰۰۰۰۵۹	۳۰/۱۲۲۲۰۰	۰/۰۰۱۸۱۲	۳۸۹۸/۶۸۹۱۰۴
ضریب تغییرات	٪	۱۰/۳	۱۲/۳	۱۰/۸	۹/۵	۱۱/۲	۱۴/۵	۷/۳	۱۲/۱

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر حداکثرشاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، جذب تشعشع، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی

شرح تیمار	شاخص سطح برگ	دوام سطح برگ (LAI. Day)	جذب تشعشع ($MJ.m^{-2}$ day^{-1})	سرعت رشد محصول ($g.m^{-2}$ day^{-1})	سرعت رشد نسبی (day^{-1})
ذرت خالص (شاهد)	۴/۳۱ f	۱۷۵/۲۵ f	۱۳/۷۵ c	۲۴/۷۵ d	۰/۰۷۳۵ a
ذرت + ۱۰٪ ماش	۴/۴۸ e	۱۸۳/۰۰ e	۱۴/۵۰ c	۲۶/۷۵ c	۰/۰۷۴۶ a
ذرت + ۲۰٪ ماش	۴/۷۴ d	۱۹۵/۰۰ d	۱۶/۰۰ b	۲۷/۵۰ c	۰/۰۷۶۸ a
ذرت + ۳۰٪ ماش	۴/۹۷ c	۲۰۵/۰۰ c	۱۶/۷۵ b	۲۸/۲۵ abc	۰/۰۷۷۵ a
ذرت + ۴۰٪ ماش	۵/۲۸ a	۲۱۷/۰۰ a	۱۸/۱۲ a	۳۰/۱۴ a	۰/۰۸۳۸ a
ذرت + ۵۰٪ ماش	۵/۰۷ b	۲۱۰/۲۵ b	۱۷/۰۴ b	۲۹/۰۶ ab	۰/۰۸۱۲ a
$LSD_{0.05}$	۰/۰۲۸۹	۴/۱۵۵۰	۱/۰۷۶۸	۱/۹۳۵۱	۰/۰۱۱۶

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت رشد محصول

اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر حداکثر سرعت رشد محصول در ذرت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که تیمار مخلوط ذرت+٤٠٪ ماش با افزایش حدود ۲۲ درصد بالاترین سرعت رشد محصول (۳۰/۱٤ گرم بر مترمربع در روز) نسبت به تیمار کشت خالص ذرت (۲٤/۷۵ گرم بر مترمربع در روز) بود. همچنین سرعت رشد محصول در تیمارهای ذرت+۱۰٪ ماش، ذرت+۲۰٪ ماش، ذرت+۳۰٪ ماش و ذرت+۵۰٪ ماش به ترتیب با افزایش حدود ۸، ۱۱، ۱۵ و ۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (کشت خالص ذرت) برتر بودند (جدول ۳). به نظر می‌رسد استفاده از نیتروژن تثبیت‌شده گیاه ماش در تولید شاخص سطح برگ بالاتر و توسعه سریع پوشش گیاهی ذرت برای جذب نور، عامل مهمی جهت تولید حداکثر سرعت رشد محصول آن بوده است. تسنیم و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند بخش عمده‌ای از افزایش سرعت رشد گیاه در اثر افزایش نیتروژن قابل‌دسترس، مربوط به افزایش شاخص سطح برگ می‌باشد. این موضوع بیانگر آن است که در مرحله‌ای که گیاه رشد سریع خود را سپری می‌کند با توجه به مساعد بودن شرایط محیطی و در اختیار داشتن عناصر غذایی کافی سطح برگ خود را سریع‌تر توسعه و درنتیجه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد. بنابراین، افزایش نیتروژن قابل‌دسترس از طریق افزایش سطح و دوام سطح برگ موجب افزایش نور دریافتی و بهبود سرعت رشد محصول می‌شود.

سرعت رشد نسبی

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس داده مشاهده می‌گردد، اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر حداکثر سرعت رشد نسبی ذرت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نکته قابل‌توجه اینکه چه در سطح کم و چه در سطح زیاد تیمار افزایشی ماش توانست باعث بهبود سرعت رشد نسبی ذرت گردد (جدول ۳). این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل افزایش دسترسی گیاه ذرت به عنصر غذایی نیتروژن باشد و درواقع ذرت در این تیمارها به‌سرعت کانوپی خود را افزایش داده و مقدار کانوپی بیشتری در واحد سطح به وجود آورده و درنتیجه با سرعت رشد نسبی بالا فرصت بیشتری برای به دست آوردن سهم بیشتری از منابع محدودی مانند نیتروژن و آب نسبت به کشت خالص ایجاد نمود. احمدی و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند فراهمی بیشتر نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و همچنین افزایش محتوی نیتروژن برگ‌ها و آنزیم روبیسکو به‌ویژه تا اواسط مراحل نموی گیاه منجر به افزایش کارایی سیستم فتوسنتزی ذرت شده و از این طریق باعث بهبود سرعت رشد نسبی می‌گردد.

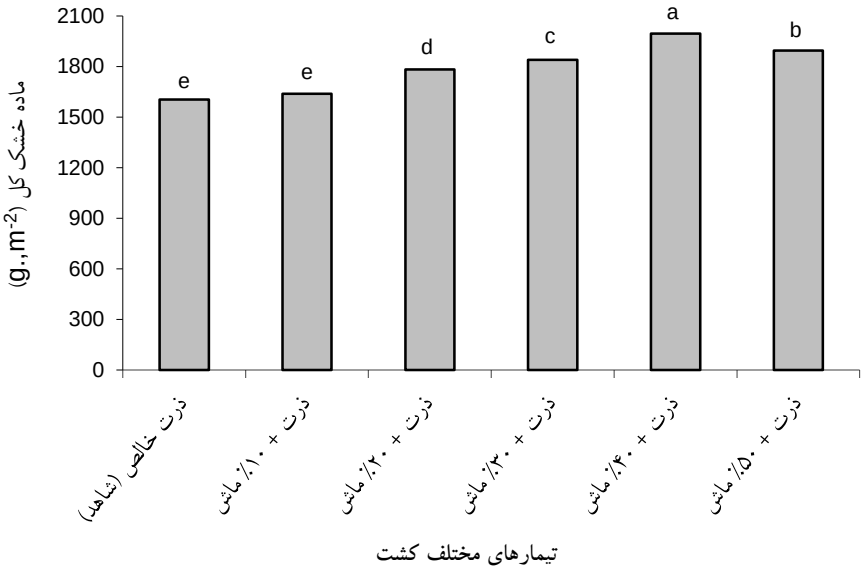
ماده خشک کل

اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر صفت حداکثر تجمع ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، تجمع ماده خشک در تمامی ترکیبات تیماری کشت مخلوط ذرت و ماش نسبت به کشت خالص ذرت (شاهد) بیشتر بود که در این میان تیمار مخلوط ذرت+٤٠٪ ماش با افزایش حدود ۲٤ درصد بالاترین میزان تجمع ماده خشک (۱۹۹٦/۵۰ گرم بر مترمربع) را نسبت به تیمار کشت خالص ذرت (۱٦۱۳/۵۰ گرم بر مترمربع) به خود اختصاص داد. کمتر بودن نسبت افزایش میزان تجمع ماده خشک ذرت در تراکم بالاتر ماش (ذرت+۵۰٪ ماش) احتمالاً به دلیل افزایش بیش از ظرفیت محیطی و درنتیجه ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای و کاهش مزایای وجود ماش در این سیستم کشت مخلوط افزایشی باشد. افزایش تجمع ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی (کشت خالص) را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ماش نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت

www.SID.ir

Archive of SID

آنزیم‌های فتوسنتزی و درنتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان می‌باشد، بنابراین حضور ماش در کنار ذرت منجر به افزایش تجمع ماده خشک کل در کانوپی کشت ذرت گردیده است. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد علت افزایش تولید ماده خشک در شرایط کشت مخلوط، به دلیل گسترش بیشتر سطح فعال برگ و تداوم سطح آن که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی شده و برآیند آن‌ها باعث افزایش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد و تجمع بیشتر ماده خشک گردیده است. نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۱) اظهار نمودند که شاخص سطح برگ بیشتر تا حد معین باعث جذب نور بیشتر و درنتیجه فتوسنتز بیشتر شده و درنهایت باعث تولید ماده خشک بیشتر می‌شود. به‌طوری که در تیمارهایی که میزان شاخص سطح برگ بیشتری داشتند، دارای ماده خشک بیشتری نیز بودند. نتایج این تحقیق با گزارش‌های دیگر محققان نیز مطابقت دارد (منصوری و همکاران ۲۰۱۳ و یاواس و انای ۲۰۱۶).



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر میزان ماده خشک کل گیاه ذرت

کارایی مصرف تشعشع

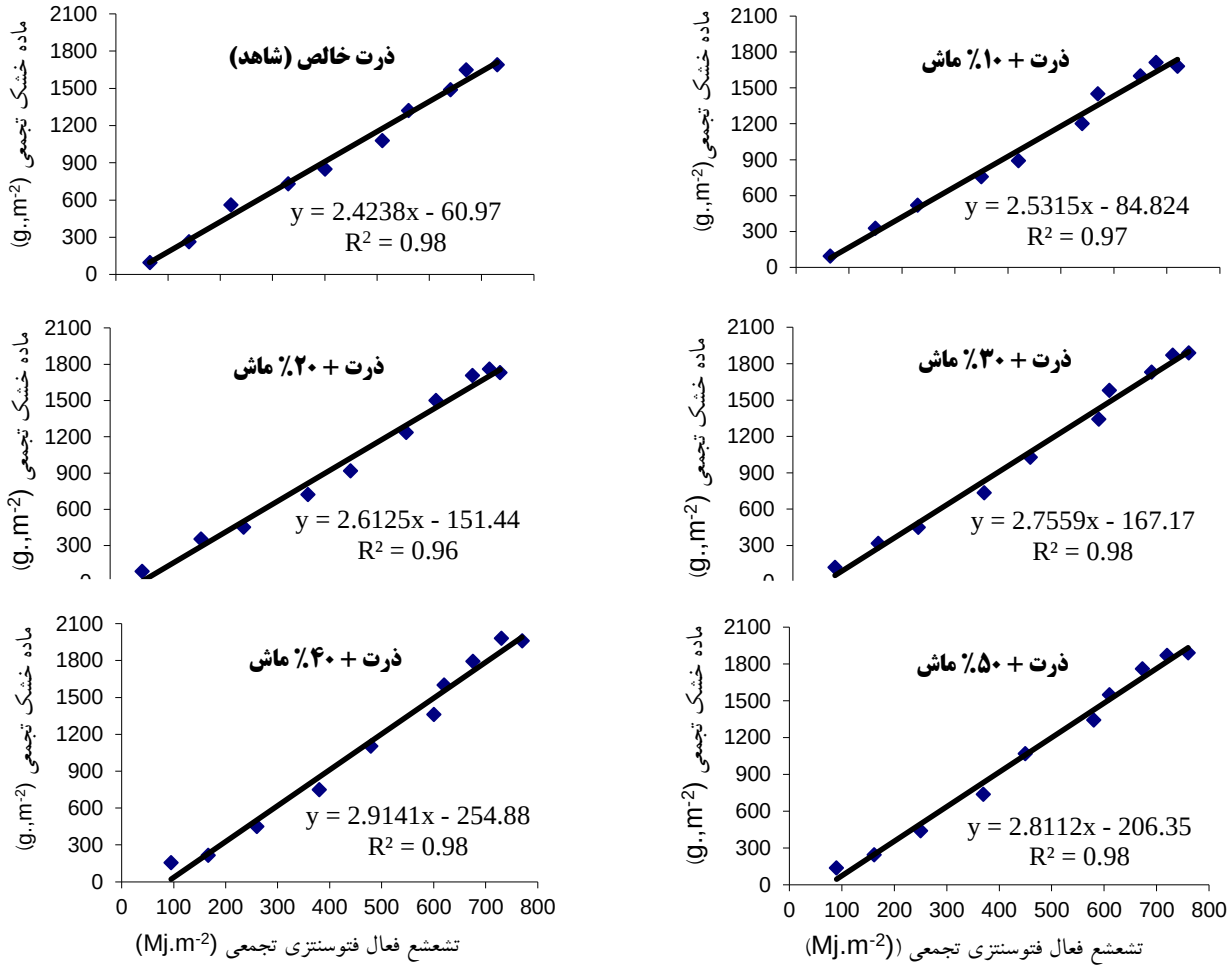
بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر کارایی مصرف تشعشع ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کارایی مصرف تشعشع ذرت با افزایش ۱۰ تا ۵۰ درصد از تراکم مطلوب ماش به تراکم مطلوب ذرت، به ترتیب با حدود ۵، ۸، ۱۴، ۲۰ و ۱۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (ذرت خالص)، از ۲/۴۲ به ۲/۵۳، ۲/۶۱، ۲/۷۶، ۲/۹۱ و ۲/۸۱ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بهبود یافت (شکل ۲).

به نظر می‌رسد که افزایش درصد تراکم ماش به کشت خالص ذرت از طریق بهبود میزان و سرعت فتوسنتز باعث بهبود سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک کل ذرت گردید و از این طریق کارایی مصرف تشعشع افزایش یافت. کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که در تیمارهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا، افزایش کارایی مصرف نور از طریق اثرات تکمیل‌کنندگی کشت مخلوط به دست می‌آید، به‌گونه‌ای که فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن لوبیا نیز منجر به بهبود میزان فتوسنتز ذرت و درنتیجه تجمع ماده خشک نسبت به نور

www.SID.ir

Archive of SID

جذب‌شده می‌شود که این موضوع منجر به افزایش کارایی مصرف نور ذرت در کشت مخلوط شده است. از سوی دیگر، کمبود عنصر نیتروژن سبب می‌شود نیتروژن در سطح برگ بیشتری توزیع شود که کاهش نیتروژن برگ را به دنبال دارد و این کاهش می‌تواند کارایی مصرف نور را تقلیل دهد (زاهد و همکاران ۲۰۱۳). از آنجا که فراهمی بیشتر نیتروژن باعث افزایش تولید کلروفیل و رشد رویشی در گیاه شده و افزایش رشد رویشی سبب افزایش ماده خشک می‌شود و اینکه دستگاه فتوسنتزی بیش از نیمی از نیتروژن موجود در یک برگ را به خود اختصاص می‌دهد، فتوسنتز به‌شدت توسط قابلیت دسترسی نیتروژن تحت تأثیر قرارگرفته به‌طوری که با افزایش نیتروژن فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد و عاملی که سبب استفاده از نیتروژن و به‌موازات آن افزایش فتوسنتز می‌شود، تشعشع است. بنابراین با افزایش نیتروژن کارایی مصرف تشعشع بالا می‌رود (حسینی و همکاران ۲۰۱۴).



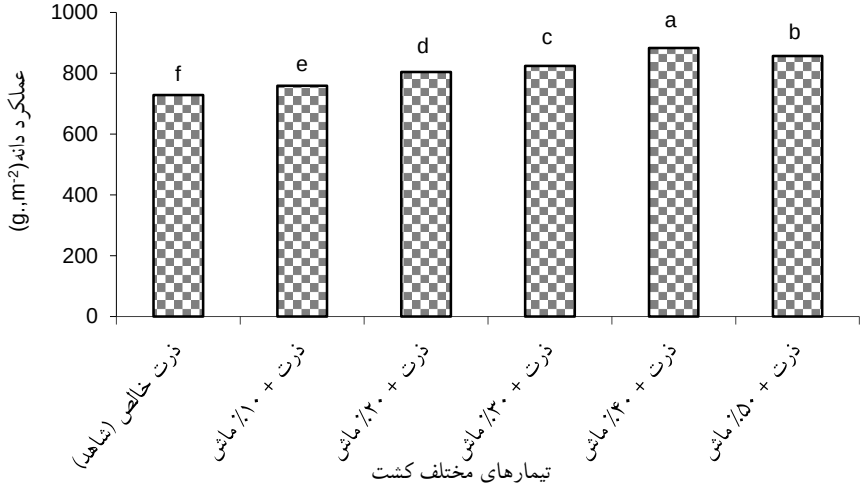
شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین میزان تجمع ماده خشک و تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی گیاه ذرت در تیمارهای مورد مطالعه (شیب خط رگرسیون بیانگر میزان کارایی مصرف تشعشع است)

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر معنی‌دار تراکم‌های مختلف کشت افزایشی ماش قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که تیمار ذرت+٤٠٪ ماش با ۸۸٤ گرم بر مترمربع و تیمار کشت خالص ذرت (شاهد) با ۷۲۹ گرم بر مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه ذرت را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). افزایش عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی (کشت خالص) آن را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی آن توسط ماش نسبت داد. ازآنجاکه نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و و درنتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان می‌باشد، بنابراین حضور ماش در کنار ذرت منجر به افزایش عملکرد دانه در کانوپی کشت ذرت گردیده است (منصوری و همکاران ۲۰۱۱).



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر عملکرد دانه گیاه ذرت

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که در تمام صفات مورد ارزیابی (شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، میزان جذب نور، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، تجمع ماده خشک و کارایی مصرف تشعشع) تیمارهای مختلف افزایشی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت، برتری داشت که این نشان‌دهنده تأثیر مثبت ماش بر ذرت بود. در این میان، تیمار کشت مخلوط افزایشی ذرت+٤٠٪ ماش، بیشترین تأثیر را بر صفات مورد مطالعه نسبت به سایر نسبت‌های کشت مخلوط داشت. بنابراین با اجرای سیستم کشت مخلوط مناسب ذرت+٤٠٪ ماش در کنار سایر عوامل مختلف مدیریتی بهینه، می‌توان شرایطی را ایجاد نمود تا گیاه ذرت با استفاده از فراهمی نیتروژن تثبیت‌شده گیاه ماش و شرایط مناسب محیطی، سایه‌انداز مطلوبی برای جذب و کارایی بالاتر مصرف تشعشع فراهم آورد که نتیجه آن دست‌یابی به تجمع بیشتر ماده خشک و عملکرد دانه در آن می‌باشد. بنابراین، نسبت مناسب کشت مخلوط این دو گیاه (ذرت+٤٠٪ ماش) را می‌توان راهکاری مناسب جهت افزایش عملکرد و ارتقاء پایداری تولید در نظام‌های کشاورزی پایدار محسوب نمود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است که با همکاری و حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان خوزستان انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

Ahmadi M, Mondani F, Khorramivafa M, Mohammadi Gh and Shirkhani A. 2018. The effect of nitrogen on radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(4): 885-900. (In Persian).

Alibakhshi E and Mirzakhani M. 2016. Mixed cropping of legumes and maize by the use of urea. Journal of Crop Ecophysiology, 10(3): 567-584. (In Persian).

Awal MA, Koshi H and Ikeda T. 2006. Radiation interception and use by maize-peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology. 139: 74-83.

Beheshti AR and Behboodifard B. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science, 4: 185-189.

Bibi S and Ahmad Khan I. 2016. Impact of weed control techniques on intercropping of mungbean with maize under agro climate condition of Peshawar. Sarhad Journal of Agriculture, 32(2): 62-69.

Eskandari H and Javanmard A. 2013. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize and cowpea. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 4(23): 101-111. (In Persian).

Fathi Gh. 2010. Effect of density on yield and yield component of mung bean cultivars under Khuzestan climate conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 1(41): 19-27. (In Persian).

Gardner FP, Pearce RB and Mitchell RL. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, USA.

Gholi Nejad A, Yadavi A, Movahhedi Dehnavi M and Farajee H. 2018. The Effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet sorn (*Zea mays* L.var. Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology, 10(1):.120-134. (In Persian).

Goudriaan J and Van Laar HH. 1994. Modeling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press. Dordrecht.

Hosseini R, Galeshi S, Soltani A, Kalateh M and Zahed M. 2014. The effect of nitrogen rate on extinction coefficient and radiation use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1): 44-52. (In Persian).

Hunady I and Hochman M. 2014. Potential of legume-cereal intercropping for increasing yields and yield stability for self-sufficiency with animal fodder in organic farming. Czech Journal Genetic Plant Breeding, 50(2): 185-194.

Jahan M, Nassiri Mahallati M, Amiri MB and Ehyayi HR. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. Industrial Crops and Products, 43: 606- 611.

Jones CA and Kiniry JR. 1986. Ceres-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M University Press. Texas.

Kaur A, Bedi S, Gill GK and Kumar M. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes. Maydica Electronic Publication, 57: 75-82.

Koocheki A, Soltani A and Azizi M. 2003. Physiological plant ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian).

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Mondani F, Feizi H and Amirmoradi S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology, 1(1): 13-23. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Koocheki A, Nourbakhsh F and Cheshmi M. 2017. Assessment of yield and use efficiency of nitrogen and phosphorus in row intercropping of wheat and canola. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(3): 559-574. (In Persian).

Lack Sh, Kermanshahi M and Noryani H. 2016. Variation trend of leaf area index, yield and yield components of green beans (*Phaseolous vulgaris* L.) by using zinc sulfate and nitrogen. Journal of Crop Ecophysiology, 9(4): 599-610. (In Persian)

Mansouri L, Jamshidi KH, Rastgo M, Mansoori H and Saba J. 2011. The effect of additive maize-bean intercropping on yield, yield components and weeds in Zanjan conditions. The Proceedings of 4th Iranian Weed Science Congress. Faculty of Agriculture, Chamran University, Ahvaz, Iran. 1185-1188. (In Persian).

Mansoori H, Mansoori L, Jamshidi KH, Rastgoo M and Moradi R. 2013. Radiation absorption and use efficiency in additive intercropping of maize and bean in zanjan region. Journal of Crop Production and Processing, 3(9): 15-26. (In Persian).

Masomipour A, Torabi B and Rahimi A. 2016. Studying extinction coefficient and radiation use efficiency in different cultivars of Safflower under different levels of nitrogen (N) fertilizer. Journal of Crop Production, 9(3): 67-86. (In Persian).

Mehdipour H, Abbasi R and Abbasian A. 2019. Effect of Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Cover Crop Density on Seed Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Weed Control. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(2): 255-266. (In Persian)

Mohammadi V and Rahimi Moghaddam S. 2018. Influence of weed densities and different nitrogen levels on growth indices of corn, red root pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology, 9(4): 1084-1098. (In Persian).

Najibnia S, Koocheki A, Nasiri Mahallati M and Porsa H. 2014. Water capture, and use efficiency and productivity in sole and intercropping of rapeseed (*Brassica napus* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 12(2): 153-163. (In Persian).

Nassiri Mahallati M, Koocheki A and Jahan M. 2011. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research, 8: 878- 890. (In Persian).

Nasiri Mahallati M, Koocheki A, Mondani F, Amirmoradi Sh and Feizi H. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth indices in strip intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1): 14-23. (In Persian).

Nazari S, Zand E, Asadi S and Golzardi F. 2013. Effect of additive and replacement intercropping series of corn (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiata* L.) on yield, yield components and weed biomass. Weed Research Journal, 4(2): 97-109. (In Persian).

Ouma G and Jeruto P. 2010. Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. Agriculture and Biology Journal of North America, 1(5): 1098-1105.

Pahlevanloo P, Rahimizadeh M and Tookalloo MR. 2016. Evaluation of nitrogen use efficiency in intercropping of maize and soybean. Journal of Crops Improvement, 17(4): 967-978. (In Persian).

Punyalue A, Jamjod S and Rerkasem B. 2018. Intercropping maize with legumes for sustainable highland maize production. Mountain Research and Development, 38(1): 35-44.

Raseduzzaman M and Jensen ES. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. European Journal of Agronomy, 91: 25-33.

Salemzadeh A, Siyadat SA and Nouriyani H. 2014. Evaluation of agronomic efficiency, physiological efficiency and utilization of nitrogen in the canopy additive intercropping Corn-bean in Dezful region. 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress, 3th Iranian Seed Science and Technology Conference. Seed and Plant Improvement Institute Karaj, Iran. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Tasneem K, Ashfaq A, Abid H and Ranjha M. 2008. Impact of nitrogen rates on growth, yield, and radiation use efficiency of maize under varying environments. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 45(3): 223-237.

Yavas I and Unay A. 2016. Evaluation of physiological growth parameters of maize in maize legume intercropping system. Journal of Animal and Plant Science, 26: 1680-1687.

Yousef Nia M, Banayan Aval M and Khorramdel S. 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. Journal of Agroecology, 7(3): 412-424. (In Persian)

Zahed M, Galeshi S, Latifi N, Soltani A, Kalate M and Hosseini R. 2013. The effect of nitrogen plant density on extinction coefficient and radiation use efficiency in old and new genotypes of safflower. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(3): 506-514. (In Persian).

Zhang L, Vander W, Werf L, Bastiaans S, Zhang, B and Spiertz JH. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research, 107: 29-42.

www.SID.ir