

تأثیر تراکم بوته و کاربرد مقادیر نانو کلات آهن بر شاخص های فیزیولوژیک رشد ذرت آجیلی در اراک

بابک پیکرستان*، مربی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، واحد میلاجرد، ایران

چکیده

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور واقع در اراک، استان مرکزی با استفاده از طرح کرت های خرد شده، در قالب بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. مقادیر صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ در هزار نانو کلات آهن به عنوان عامل اصلی و تراکم های ۶، ۷/۴، ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در مترمربع به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد با افزایش کود نانو کلات آهن از صفر به ۰/۵ در هزار، افزایش قابل ملاحظه ای در میزان شاخص سطح برگ به وجود آمد. با افزایش نانو کلات آهن از صفر به نیم در هزار نانو کلات آهن و یک در هزار نانو کلات آهن در هکتار، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص سطح برگ افزایش یافت. افزایش کود نانو کلات آهن از ۱ به ۲ در هزار، باعث کاهش آهنگ رشد گیاه گردید. در میان شاخص های فیزیولوژیک جذب و تحلیل خالص کمتر رابطه عکس با مصرف نانو کلات نشان داد. افزایش میزان شاخص سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه گردید که در نهایت منجر به افزایش عملکرد شد. بخش عمده ای از افزایش آهنگ رشد گیاه در اثر افزایش تراکم مربوط به افزایش شاخص سطح برگ بود. با توجه به اهمیت شاخص سطح برگ، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص برگ در افزایش عملکرد دانه می توان نتیجه گرفت که بخش عمده ای از افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تراکم، مربوط به بهبود شاخص های فیزیولوژیک ذکر شده است.

واژه های کلیدی: تراکم، کلات آهن، شاخص های فیزیولوژیک، ذرت آجیلی

* نویسنده مسئول: E-mail: B_Paykarestan@pnu.ac.ir

مقدمه

شناخت و بررسی شاخص های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزاء آن از اهمیت زیادی برخوردار است. فیزیولوژیست های گیاهی شاخص های رشد را به عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه به کار می برند. تجزیه و تحلیل شاخص های رشد منحصرأً به اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد (۱). پژوهش های انجام شده در مورد اثر تراکم به روی شاخص های رشد ذرت عمدتاً شاخص سطح برگ LAI را مورد تأکید قرار داده است. نتایج مطالعات گارنر و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد که معمولاً شاخص سطح برگ سه تا پنج برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب است. در مطالعه ای که توسط کاکاس (۱۹۹۶) انجام گردید در میان تراکم های ۴/۵، ۶/۷۵ و ۹ بوته در مترمربع بالاترین شاخص سطح برگ از بالاترین تراکم بوته به دست آمد. در مقایسه با ارقام قدیمی ذرت ارقام جدید واکنش مثبتی نسبت به افزایش تراکم بوته نشان می دهند که بخش عمده ای از این موضوع به بالا بودن شاخص سطح برگ در زمان کاکل دهی مربوط می شود. بدین ترتیب که در این زمان نور فعال فتوسنتزی بیشتر توسط گیاه جذب می شود و باعث افزایش تجمع ماده خشک در مرحله رشد رویشی می گردد (۲).

آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد تمام گیاهان است. در صورت کمبود آن، سبزینه (کلروفیل) به مقدار کافی در سلول ها یافت نمی شود و برگ ها رنگ پریده به نظر می آیند (۳).

مدیریت هوشمندانه در کاهش خسارت ناشی از کمبود آهن، بسیار مؤثر است. به عبارت دیگر با مدیریت مطلوب، مساله ای به نام زردی برگ (کلروز) وجود نخواهد داشت (۳). کشت گیاهان حساس به کمبود آهن در خاک های آهکی، آبیاری بیش از حد، مصرف بی رویه و نا متعادل کود های شیمیایی، کاهش مواد آلی و فشرده شدن خاک، فقدان برنامه ریزی منظم برای افزودن مواد آلی به خاک توجه بیش از حد به کود آهن وارداتی یارانه ای و مهمتر از همه نادیده گرفتن توصیه های حاصل از پژوهش های گذشته و فقدان آموزش در زمینه ی روش های مبارزه با کمبود این عنصر، باعث شده تا امروز ابعاد مشکل گسترش یافته، در بسیاری از موارد، ارایه ی راه حل عملی و اقتصادی دشوار به نظر می آید (۷).

در بیشتر نقاط جهان مهمترین عاملی که موجب کمبود آهن میگردد زیادی بی کربنات در محلول خاک است (۴). آهک به تنهایی مشکل چندانی در جذب آهن ایجاد نمی کند. ریشه گیاه با ایجاد شرایط ویژه ای در اطراف خود (ترشح هیدروژن یک بار مثبت یا پروتون، اسیدهای آلی و کلات های طبیعی) از قلیلیت خاک در نزدیکی ریشه می کاهد و به این ترتیب حلالیت ترکیبات آهن دار خاک را افزوده، آهن مورد نیاز گیاه را در حد کافی تامین می کند (۶). آبیاری سنگین، فشردگی و یا هر عامل دیگری که تهویه خاک را کاهش دهد، به افزایش غلظت دی اکسید کربن در خاک می شود و در حضور آهک، واکنش انجام می دهد که طی آن بی کربنات تولید شده، خاصیت بافری دارد. بدین معنی که از کاهش pH در

اطراف ریشه تا حدی جلوگیری می کند و در نتیجه از حلالیت بیشتر ترکیبات آهن دار و قابلیت جذب آهن کاسته می شود. توانایی ریشه گیاهان مختلف در ایجاد شرایط مناسب برای جذب آهن متفاوت است. گیاهان مقاوم به کمبود آهن، ریشه های کارآیی برای جذب آهن دارند (۵). ریشه گیاهان حساس به کمبود آهن، کارایی مناسبی برای جذب آهن ندارند.

این خصوصیت بیشتر جنبه وراثتی دارد. البته تاثیر تغذیه گیاهی مناسب نیز در این مورد به اثبات رسیده است. آب آبیاری، گاهی به ویژه هنگامی که از چاه های عمیق تامین شود بی کربنات دارد. هوادهی این آب ها (با استفاده از فواره و یا ریزش از بلندی) و یا مصرف مقدراری اسید سولفوریک (کاهش pH آب آبیاری تا حد خنثی)، مقدار بی کربنات را کاهش می دهد.

گاهی در گیاهان مبتلا به کمبود آهن، غلظت آهن در برگ ها بیشتر از حد نرمال است و حتی اخیرا در تجزیه های برگ، مقدار غلظت آهن را درج نمی کنند (۵). این بدان علت است که وجود آهن زیادی در برگ ها ملاک عمل نیست و باید از طریق محلول پاشی و ایجاد شرایط خوب مدیریتی حرکت آهن را در گیاه بهبود بخشید تا علائم کمبود آهن در برگها مشاهده نگردد.

مطالعه آهنگ رشد گیاه برای تعیین تفاوت عملکرد در بین ارقام مختلف زراعی اهمیت دارد. گلدزورتی و کلگروو (۱۹۷۴) رابطه بین رشد و عملکرد سه رقم ذرت را در تراکم های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ هزار بوته در هکتار مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که افزایش وزن خشک در اثر افزایش تراکم، با افزایش آهنگ رشد گیاه (CGR) در مرحله قبل از گلدهی ارتباط داشت و افزایش آهنگ رشد گیاه به نوبه خود به افزایش شاخص سطح برگ وابسته بود.

هیبریدهای جدید ذرت به دلیل داشتن شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه افزایش کارایی جذب نور در دوره پر شدن دانه می تواند عملکرد ماده خشک بیشتری داشته باشد (۱۰). از طرف دیگر هیبریدهای جدید ذرت در تراکم های بالا از یک هفته قبل تا سه هفته بعد از کاکل دهی آهنگ رشد گیاهی بالاتری دارند که این به نوبه خود باعث افزایش تعداد دانه در هر بلال و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می شود (۱۲). در مطالعه ای دیگر، مشخص گردید که وقتی تراکم از ۴/۵ به ۶/۷۵ و سپس ۹ بوته در مترمربع افزایش می یابد عملکرد در تراکم ۹ نسبت به ۴/۵ بوته در مترمربع ۱۵٪ است که دلیل آن را افزایش شاخص سطح برگ (LAI) در تراکم ۹ نسبت به ۶/۷۵ بوته در مترمربع ذکر نموده اند. آدلانا و میلیبورن (۱۹۷۲) گزارش کردند که آهنگ رشد گیاه تا مرحله ظهور گل تاجی افزایش و پس از آن کاهش یافت. همچنین CGR در رقمی که حداکثر شاخص سطح برگ را داشت بیشتر بود. آهنگ رشد گیاه توسط بازده فتوسنتز برگ یا آهنگ جذب خالص (NAR) تعیین می گردد. آهنگ جذب و تحلیل خالص نیز تحت تاثیر مقدار تابش فتوسنتزی، یکنواختی توزیع نور در سطوح برگ های و مقدار تنفس گیاه است (۱۱).

لوکاس (۱۹۸۶) نشان داد که در محدوده تراکم‌های ۱/۹ تا ۱۱/۱ بوته در مترمربع بیشترین آهنگ جذب خالص از بالاترین تراکم (۱۱/۱ بوته در مترمربع) به دست آمد. در مطالعه دیگری گلدزورتی و کلگروو (۱۹۷۴) با افزایش تراکم از ۵۰ به ۱۵۰ هزار بوته در هکتار آهنگ جذب خالص در بین تراکم‌های مختلف تفاوتی نداشت. اصولاً گزارش‌های متفاوتی از اثر تراکم روی آهنگ جذب خالص به دست آمده است. بنحوی که ویلیامز و همکاران نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم و شاخص سطح برگ (LAI)، آهنگ جذب خالص (NAR) کاهش یافت.

از مجموع پژوهش‌های یاد شده چنین نتیجه گیری می‌شود که تراکم بوته یکی از عوامل به زراعی مهم است که اثر قابل توجهی بر پارامترهای رشد دارد، به نحوی که با انتخاب تراکم مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی رسید و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد.

یکی از عوامل مؤثر بر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه برگ مزرعه میزان نانو کلات آهن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود که اختلاف در قابل استفاده بودن نانو کلات آهن بر رشد و نمو ذرت اثر گذاشته و ممکن است باعث تغییراتی در ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در هنگام گلدهی و تشکیل دانه گردد (۸). درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آهنگ رشد گیاهی تحت تأثیر میزان نانو کلات آهن قرار می‌گیرند. تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی بستگی به تعداد، ظرفیت و فعالیت مقاصد فیزیولوژیکی دارد (۹). آهنگ رشد گیاه در یک دوره ۳۰ روزه (در طول مدت کاکل دهی) که ارتباط زیادی با تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه دارد، نیز به طوری مؤثر تحت تأثیر کود نانو کلات آهن قرار می‌گیرد (۱۸).

از مجموع پژوهش‌های یاد شده چنین می‌توان نتیجه گیری کرد که کود نانو کلات آهن یکی از عوامل زراعی مهم است که اثر قابل توجهی بر شاخص‌های رشد دارد به نحوی که با انتخاب میزان کود نانو کلات آهن مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد به دلیل اینکه اکثر شاخص‌های رشد به طریقی به شاخص سطح برگ وابسته هستند تغییر این شاخص از طریق تغییر در سطوح کود نانو کلات آهن یکی از عملی‌ترین راهکارهاست. در هر منطقه شاخص سطح برگی که بتواند حداکثر عملکرد را تولید نماید متفاوت است و بایستی از طریق پژوهش‌های محلی به دست آید.

هدف از انجام این پژوهش تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود نانو کلات آهن و برهمکنش آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ارتباط آن با عملکرد ذرت دانه ای است.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی پیام نور واحد اراک واقع در شهرستان اراک با مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۴ درجه و ۳ دقیقه با ارتفاع ۱۷۱۱ متر از سطح دریا اجرا گردید. این محل دارای آب و هوای استپی سرد است. متوسط بارندگی بین ۳۵۰-۲۵۰ میلی متر است. حداکثر گرما در تابستان ۴۰ درجه سانتی گراد و حداقل حرارت در زمستان به ۳۳- درجه می رسد.

مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

رس	لای	شن	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	pH	درصد مواد آلی	عمق (cm)
۳۰	۴۶	۲۴	۲۶۰	۶/۲۶	۱/۹	۰/۶۳	۱۲/۸	۰/۸	۷/۲	۱/۶	۰-۶۰

آزمایش با استفاده از طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. مقادیر صفر، نیم در هزار نانو کلات آهن، یک در هزار نانو کلات آهن و ۲ در هزار نانو کلات آهن به صورت محلول آماده شرکت خضراء (۴۶٪ نانو کلات آهن) به عنوان عامل اصلی و تراکم های ۶، ۷/۴، ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در مترمربع به عنوان عامل فرعی منظور گردید. کود کلات آهن به صورت سرک در مرحله چهار تا شش برگی به صورت برگ مصرف اضافه گردید.

روش کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر، فاصله بین هر دو کرت اصلی ۱/۵ متر به منظور جلوگیری از نفوذ آب به کرت های مجاور و طول هر کرت فرعی ۱۰ متر با پنج ردیف کاشت در نظر گرفته شد. زمین آزمایشی بیش از کشت به صورت آیش بوده که در پائیز شخم خورده و با توجه به شرایط آب و هوایی عملیات تکمیلی شامل دیسک و تسطیح در نیمه اردیبهشت ماه انجام و پس از عملیات کشت اولین آبیاری در ۵ خرداد ماه صورت پذیرفت. آبیاری از موقع کاشت تا ۵۰٪ سبز شدن هر سه روز یکبار و از آن به بعد هر هفته یکبار انجام گردید. نمونه برداری از هر کرت فرعی با انتخاب پنج بوته به طور تصادفی با رعایت حاشیه، ۲۱ روز پس از کاشت شروع و به فاصله زمانی هر دوره هفته یکبار بر اساس گزارش لوکاس (۱۹۸۶) صورت گرفت. برای محاسبه سطح برگ (LAI) ابتدا برگ های هر بوته جدا گردید طول و بزرگترین پهنای هر برگ به وسیله ردیف کش اندازه گیری شد و سپس سطح برگ بوته ها از رابطه زیر محاسبه گردید (۱۷).

$$A=L \times W \times 0.75$$

در این رابطه A مساحت برگ، L طول برگ، W بزرگترین پهنای برگ است. در کلیه برداشت‌ها وزن ماده خشک اندام‌های هوایی اندازه گیری شد برای اندازه گیری وزن ماده خشک اندام‌های هوایی، نمونه‌ها، بسته به اندازه آن‌ها سه تا چهار روز در دمای 70° درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و وزن ماده خشک آن‌ها محاسبه گردید.

کلیه شاخص‌های فیزیولوژیک رشد بر اساس شاخص‌های حرارتی درجه روزهای رشد (GDD) بیان شد. برای محاسبه درجه روز رشد دمای پایه ذرت 10° درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۱۳). نمودارها به کمک نرم افزار هاروارد گرافیک (HARVARD GRAPHIC) ترسیم گردید.

نتایج و بحث

تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود نانو کلات آهن بر شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در تیمار صفر نانو کلات آهن در هکتار نشان می‌دهد که با افزایش تراکم بوته از 6 به $10/2$ بوته در مترمربع شاخص سطح برگ افزایش یافته است و در واقع تراکم‌های $10/2$ و $8/8$ در مترمربع در این تیمار کودی یک برتری نسبی نسبت به تراکم‌های 6 و $7/4$ بوته در مترمربع داشتند و تراکم بوته $10/2$ بوته در انتهای فصل رشد گیاه توانسته است شاخص سطح برگ خود را نسبت به بقیه تیمارها در حد بالایی نگاه دارد. روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در نیم در هزار نانو کلات آهن نشان می‌دهد که تراکم‌های $7/4$ ، $8/8$ ، $10/2$ بوته در مترمربع نسبت به تراکم 6 بوته در مترمربع از شاخص سطح برگ بالاتری برخوردار هستند. در مطالعه‌ای توسط کاکس و همکاران (۱۹۹۳) در میان تراکم‌های $4/5$ ، $6/75$ و 9 بوته در مترمربع بالاترین میزان شاخص سطح از بالاترین تراکم بوته به دست آمده است.

روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در یک در هزار نانو کلات آهن در نانو کلات آهن در هکتار نشان می‌دهد که بالاترین میزان شاخص سطح برگ ($5/2$) از بالاترین بوته به دست آمده است و در طول فصل رشد از برتری کاملی نسبت به بقیه تراکم‌ها برخوردار است. شاخص سطح برگ می‌تواند به افزایش سطح برگ در هر گیاه و یا با افزایش تعداد گیاه در واحد سطح افزایش یابد. با توجه به اینکه عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان زراعی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در دو در هزار نانو کلات آهن در هکتار نشان می‌دهد که بالاترین میزان شاخص سطح برگ از بالاترین تراکم بوته به دست آمده است که تفاوت چشمگیری با کمترین میزان تراکم دارد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص های رشد

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
LWR	LAR	NAR	RGR	CGR	LAI		
۰/۰۰۰۰۱۵	۱/۴۵	۰/۵۶۵	۰/۰۰۰۰۴۴۸	۷/۶۵۵	۰/۰۳۳ ^{ns}	۳	تکرار
۰/۰۰۰۹۶**	۴/۳۴**	۴/۹۴**	۰/۰۰۰۰۰۴۷**	۲۹۴/۲۳۳**	۴/۶۲۸**	۳	تراکم
۰/۰۰۰۰۱۱	۵/۸۴	۱/۱۶	۰/۰۰۰۰۰۰۸۱	۲/۳۲	۰/۲۰۲	۹	خطای A
۰/۰۰۰۰۸**	۸/۰۱۷**	۱/۰۳۶**	۰/۰۰۰۰۰۰۵۶**	۴/۱۴**	۰/۹۱۳**	۲	سطوح نانو کود
۰/۰۰۰۰۰۲*	۲/۰۸*	۰/۲۳۲*	۰/۰۰۰۰۰۰۹*	۱/۲۳۸*	۰/۰۴۲*	۶	اثر متقابل
۰/۰۰۰۰۴۵	۳/۲	۰/۲۴۲	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۷۴	۰/۰۵۰	۲۴	خطای آزمایش
۴/۳۲	۷/۸۴	۸/۷۶	۴/۹۹	۴/۹۲	۷/۲۱		ضریب تغییرات (%)

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

نکته ای که می توان دریافت این است که با افزایش تراکم (مخصوصاً در بالاترین تراکم) سرعت کاهش شاخص سطح برگ نسبت به تراکم کمتر، زیادتر است که با نتایج ویلیامز و همکاران (۱۹۶۵) مطابقت دارد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح کود نانو کلات آهن از صفر به نیم در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار شاخص سطح برگ افزایش می یابد. شاخص سطح برگ (LAI) تراکم های ۷/۴ و ۸/۸ بوته در مترمربع در بین سطوح نیم در هزار نانو کلات آهن و یک در هزار نانو کلات آهن و دو در هزار نانو کلات آهن تفاوت قابل ملاحظه ای وجود ندارد. در مراحل ابتدایی رشد تفاوتی بین شاخص سطح برگ در میان تیمارهای کود نانو کلات آهن و تراکم بوته مشاهده نمی گردد. دلیل آن را می توان در زمان بکارگیری کود نانو کلات آهن ذکر کرد زیرا قسمت اعظم کود (دو سوم) در مرحله چهار تا شش برگی به گیاه داده شد. از سوی دیگر، در مراحل ابتدایی رشد بوته ها کم بوده و توسعه شاخ و برگ در گیاه چندان زیاد نیست بنابراین طبیعی است که حداکثر تفاوت در این آزمایش از این زمان به بعد است.

تأثیر تراکم بوته و کود نانو کلات آهن بر آهنگ رشد گیاه (CGR)

نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته در سطح صفر نانو کلات آهن در هکتار آهنگ رشد گیاه (CGR) افزایش یافت. آهنگ رشد گیاه تقریباً در اواسط فصل رشد به حداکثر خود رسید و پس از آن شروع به کاهش نمود. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه تراکم های مختلف در نیم در هزار نانو کلات آهن در هکتار نشان می دهد که با افزایش تراکم بوته آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و بالاترین آهنگ رشد گیاه از بالاترین تراکم (۱۰/۲ بوته در مترمربع) به دست آمد. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم های مختلف در یک در هزار نانو کلات آهن در هکتار نشان می دهد که بالاترین میزان آهنگ رشد گیاه از تراکم های ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در مترمربع دارای به دست آمده است و تراکم های ۶ و ۷/۴ بوته در مترمربع دارای آهنگ رشد گیاهی کمتری بوده اند. بعضی گزارش ها حاکی است که افزایش تراکم

باعث افزایش آهنگ رشد گیاه گردیده است. به عنوان مثال کاگو و گاردنر (۱۹۸۸) گزارش نمودند که با افزایش تراکم از ۱/۹ به ۶/۳ بوته در مترمربع آهنگ رشد گیاه افزایش یافته است. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه تراکم های مختلف در دو هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار نشان می دهد که بالاترین آهنگ رشد گیاه از تراکم های بالا به دست آمده است.

مطالعات گلدزورتی و کلگروو (۱۹۷۴) نیز نشان می دهد که بالاترین آهنگ رشد گیاه از تراکم های بالا به دست آمده است، احتمالاً قسمت زیادی از تفاوت های آهنگ رشد گیاه (CGR) در تراکم های مختلف مربوط به تفاوت های شاخص سطح برگ است. چون طبق رابطه $CGR=LAI \times NAR$ تغییرات آهنگ رشد گیاه بستگی به تغییرات دو جزء شاخص سطح برگ و جذب و تحلیل خالص (NAR) دارد با توجه به اینکه جذب و تحلیل خالص تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار نگرفت تغییرات آهنگ رشد گیاه بیشتر تحت تأثیر شاخص سطح برگ قرار داشت.

با افزایش کود نانو کلات آهن از سطح نیم در هزار نانو کلات آهن تا یک در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و بالاترین میزان آهنگ رشد گیاه از سطوح نیم در هزار نانو کلات آهن و یک در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار به دست آمد و با افزایش کود نانو کلات آهن از یک در هزار نانو کلات آهن به دو در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار آهنگ رشد گیاه کاهش یافت. همچنین کمترین میزان آهنگ رشد گیاه در تراکم های مختلف در سطح صفر نانو کلات آهن مشاهده گردید. در مطالعه لوکاس (۱۹۸۶) با افزایش کود نانو کلات آهن از سطح ۷۵ به ۱۰۰ نانو کلات آهن در هکتار آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و از ۱۰۰ به ۱۵۰ نانو کلات آهن در هکتار از آهنگ رشد گیاهی کاسته شد و کمترین میزان آهنگ رشد گیاه از سطح صفر نانو کلات آهن به دست آمد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تأثیر تراکم و کود نانو کلات آهن بر دوام شاخص سطح برگ (LAD)

دوام شاخص سطح برگ که میزان سطح برگ و دوام بافت های فتوستتیز کننده را نشان می دهد می توان شاخص مناسبی از تولید باشد (Cox, 1996). نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تراکم دوام شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نانو کلات آهن افزایش یافت. همچنین الگوی تغییرات دوام شاخص سطح برگ در طول فصل رشد بود. افزایش کود نانو کلات آهن از صفر، نیم در هزار نانو کلات آهن به یک در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن خالص در هکتار باعث افزایش دوام شاخص سطح برگ در میان تراکم های مختلف گردید و کمترین میزان دوام شاخص سطح برگ در میان تراکم های مختلف از کمترین سطح کود نانو کلات آهن به دست آمد. نتایج آزمایش یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) نیز نشان می دهد که کمبود نانو کلات آهن با تأخیر در رشد رویشی و نمو فنولوژیکی ذرت و همچنین کارایی مصرف نور و در نتیجه کاهش گسترش سطح برگ باعث کاهش دوام شاخص سطح برگ می گردد.

تأثیر تراکم بوته و کود نانو کلات آهن بر جذب و تحلیل خالص (NAR)

نتایج این آزمایش نشان داد که روند تغییرات جذب و تحلیل خالص تراکم‌های مختلف دارای روند نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها جذب و تحلیل خالص در کلیه سطوح مختلف کود نانو کلات آهن کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که در طول فصل رشد در میان کلیه سطوح کود نانو کلات آهن بالاترین جذب و تحلیل خالص از کمترین تراکم به دست آمده و در بالاترین تراکم جذب و تحلیل خالص در طول فصل رشد از کمترین مقدار خود برخوردار بود. ظاهراً جذب و تحلیل خالص (NAR) تحت تأثیر عوامل بسیار زیادی قرار دارد که عملاً اندازه‌گیری آن‌ها پیچیده بوده و به سادگی قابل تشخیص نیست به همین دلایل نتایج بسیاری از محققین در مورد جذب و تحلیل خالص با یکدیگر تفاوت دارد. به طوری که ویلیامز و همکاران (۱۹۶۵) نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ جذب و تحلیل خالص کاهش می‌یابد، در حالی که لوکاس (۱۹۸۶) گزارش نمود که با افزایش تراکم بوته از ۱/۹ به ۱۱/۱ جذب و تحلیل خالص از ۷/۷ به ۱۲/۵ گرم بر مترمربع در روز افزایش یافته است.

نتایج پژوهش نشان داد که روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) سطوح مختلف نانو کلات آهن در تراکم‌های مختلف نیز در طول فصل رشد روند نزولی داشت و اختلاف چندانی بین سطوح کود نانو کلات آهن در میان تراکم‌های مختلف وجود نداشت. لوکاس (۱۹۸۶) گزارش نمود که در میان سطوح نانو کلات آهن صفر، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰ نانو کلات آهن در هکتار بالاترین میزان جذب و تحلیل خالص (NAR) از ۷۵ نانو کلات آهن تفاوت معنی‌داری در روند جذب و تحلیل خالص (NAR) وجود نداشت.

ارتباط ویژگی‌های فیزیولوژیک با عملکرد دانه

با توجه به اینکه از عوامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها تبدیل آن‌ها به مواد فتوسنتزی است افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد، در پژوهش حاضر با افزایش میزان نانو کلات آهن از صفر به یک در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار شاخص سطح برگ افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در سطح نیم در هزار نانو کلات آهن نانو کلات آهن در هکتار نسبت به سطح صفر نانو کلات آهن در هکتار، افزایش شاخص سطح برگ است که نتایج مشابهی نیز توسط دیگر پژوهشگران گزارش گردیده است (۲۰). نونز و کمپرات (۱۹۶۹) دلایل افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش کود نانو کلات آهن را در نتیجه افزایش شاخص سطح ذکر نمودند و یک ارتباط خطی بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ به دست آمد. هم‌چنین روند افزایش آهنگ رشد گیاه (CGR) و دوام شاخص سطح برگ (LAI) با افزایش کود نانو کلات آهن نشان‌دهنده تأثیر آن‌ها در افزایش عملکرد دانه است.

مطالعات یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) نیز نشان می دهد آهنگ رشد گیاه (CGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و دوام شاخص سطح برگ (LAID) تحت تأثیر نانو کلات آهن قرار می گیرند به نحوی که با افزایش نانو کلات آهن خاک، گسترش سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه انداز و کارایی مصرف نور زیاد می گردد که این عوامل باعث افزایش آهنگ رشد گیاهی (CGR) شاخص سطح برگ (LAI) و دوام شاخص سطح برگ (LAID) می گردد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه می شود. در پژوهش حاضر جذب و تحلیل خالص (NAR) به طور مؤثری تحت تأثیر افزایش کود نانو کلات آهن قرار نگرفت؛ بنابراین در مجموع می توان گفت که افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر کود نانو کلات آهن، در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح برگ و آهنگ رشد گیاه بوده است و جذب و تحلیل خالص (NAR) در میزان شاخص های فیزیولوژیک کمتر مؤثر بوده است.

در پژوهش حاضر با افزایش تراکم بوته شاخص سطح برگ افزایش یافته. در مطالعه ای با افزایش تراکم از ۴/۵ به ۹ بوته در متر مربع شاخص سطح برگ افزایش یافت که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه گردید (Cox, 1996). هم چنین با افزایش تراکم آهنگ رشد گیاه افزایش یافت. بخش عمده ای از افزایش آهنگ رشد گیاه در اثر افزایش تراکم مربوط به افزایش شاخص سطح برگ است با توجه به رابطه $CGR=LAI \times NAR$ نشان می دهد که جذب و تحلیل خالص تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفته است.

بنابراین آهنگ رشد گیاه بیشتر تحت تأثیر تراکم شاخص سطح برگ قرار دارد. هم چنین نتایج نشان داد که با افزایش تراکم دوام شاخص سطح برگ افزایش یافت که نتایج مشابهی در مورد افزایش آهنگ رشد گیاه دوام شاخص سطح برگ در نتیجه افزایش تراکم گردیده است (۱۹). با توجه به اهمیت شاخص سطح برگ، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص سطح برگ در افزایش عملکرد دانه می توان نتیجه گرفت که بخش عمده ای از افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تراکم، مربوط به بهبود شاخص های فیزیولوژیک ذکر شده باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه نقش پنجه های در عملکرد بوته های ذرت قابل اغماض است و هم چنین رقم مورد آزمایش از ارقام تک بلالی است که در این آزمایش تعداد بلال در هر بوته نیز تحت تأثیر افزایش تراکم و کود نانو کلات آهن قرار نگرفته است، بنابراین نقش شاخص های فیزیولوژیک رشد در تنظیم عملکرد دانه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

منابع

- 1- Babic, M. and Pajic, Z. 1992. Effect of Genotype x Environment Interaction on Expansion Volume in Popcorn Hybrids (*Zea mays* L.). *Genetica*, 24(1): 27-32.
- 2- Feil, B., Thiraporn, R. and Stamp, P. 1992. Can maize cultivars with low mineral nutrient concentrations in the grains help to reduce the need for fertilizers in third world countries? *Plant Soil*, 146: 227-231.
- 3- Gökmen, S., Sencar, O. and Sakin, M. A. 2001. Response of popcorn (*Zea mays* everta) to nitrogen rates and plant densities. *Turk. J. Agric. For.* 25: 15-23.

- 4- **Gozubenli, H., Ulger, A. C. and Ener, O. 2001.** The Effects of Different Nitrogen Doses on Grain Yield and Yield-Related Characters of Some Maize Genotypes Grown as Second- Crop. (in turkish) J. Agric.Fac. Ç.Ü., 16(2): 39-48.
- 5- **Gozubenli, H., Sener, O., Konuskan, O. and Kilinc, M. 2003.** Effect of Hybrid and Plant Density on Grain Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays*). Indian J. Agron, 48(3): 203-205.
- 6- **Gozubenli, H., Kilinc, M., Sener, O. and Konuskan, O. 2004.** Effects of single and twin row planting on yield and yield components in maize. Asian J. Plant Sci. 3(2): 203-206.
- 7- **Halluer, A. R. 1994.** Specialty Corns. Department of Agronomy Iowa State University, Ames, Iowa.
- 8- **Khalifa, M. A., Shokr, E. S. and El-Sseyed, K. I. 1984.** Effect of Nitrogen and Plant Population Levels on the Growth and Yield of Maize Cultivars. J. Res.Punjab Agric. Univ. 23(4): 544-548.
- 9- **Konuskan, O. 2000.** Effect of Plant Density on Grain Yield and Yield –Related Traits in Some Hybrid Maize Varieties Grown As Second Crops. MSc. Thesis. s M.K.U. Science Institute, p. 71
- 10- **Konuskan, O. and Gozubenli, H. 2004.** Effect of Plant Density on Grain Yield and Yield –Related Traits in Some Hybrid Maize Varieties Grown As Second Crops. J. Field Crops Central Res. Inst. 10(1-2): 50-57.
- 11- **Marschner, H. 1993.** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press,Stuttgart- Hohenheim. p. 889.
- 12- **Muruli, B. I. and Paulsen, G. M. 1981.** Improvement of nitrogen use efficiency and relationship to other traits in maize. Maydica, 26: 63-73.
- 13- **Özkan, A. 2007.** Effects of Different Nitrogen Levels on Grain Yields, Agricultural Properties and Some Quality Parameters of Two Popcorn (*Zea mays everta* Sturt.) Cultivars under Cukurova Conditions. C.Ü.Naturel Sci. Institute. PhD Thesis.s. p. 111.
- 14- **Roy, R. K. and Sing, K. S. P. 1986.** Response of Pop Corn (*Zea mays everta*) to Plant Population. Indian J. Argon. 31(1): 89-92.
- 15- **Russel, W. A. and Balko, L. G. 1980.** Response of Corn Inbred Lines and Single Crosses to Nitrogen Fertilizer. 35 Annual Corn and sorghum Resarch Conference, pp. 48-67.
- 16- **Thakur, D. R. and Malhotra, V. V. 1991.** Response of Popcorn (*Zea mays everta*) to Row Spacing and Nitrogen. Indian J. Agric. Sci. 61(8): 586-587.
- 17- **Tollenaar, M., McCullough, D. E. and Dwyer, L. M. 1994.** Physiological basis of the genetic improvement of field crops. (Ed. G.A.Slafe) Marcel and Dekker Inc., New York, pp. 183-236.
- 18- **Sade, B., Kucukmumcu, F. and Gayretli, H. 1996.** The Detemination of Grain Yield, Some Morphological Traits of Pop Corn Populations (*Zea mays L. everta*) in Konya Ecological Conditions, (in turkish). J. Selçuk Univ.Agric. Faculty, 9(11): 130-143.
- 19- **Sener, O., Gozubenli, H., Konuskan, O. and Kilinc, M. 2004.** The effects of Intra-row spacings on the grain yield and some agronomic Characteristics of maize (*Zea mays L.*) hybrids. Asian J. Plant Sci. 3(4): 429-432.
- 20- **Sezer, I. and Yanbeyi, S. 1997.** Plant Density and Nitrogen Fertilizer Effect on Grain Yield, Yield Componenets and Some Plant Characters of Pop Corn In Çar_amba Plain. Turkey 2. Field Corps Congree, 22-25
- 21- **Tekkanat, A. and Soyly, S. 2005.** Determination of _mportant Quality Characters and Grain Yield in Popcorn Cultivars. J. Selçuk Univ Agric. Faculty, 19(37): 51-نیم در هزار نانو کلات آهن-51.
- 22- **Ülger, A. C. 1998.** The Effects of Nitrogen Doses and Intra Row Spacingon Grain Yield and Some Agronomical Characters of Popcorn (*Zea mays eveta* Sturt). J. Agric. Fac. Ç.Ü., 13(1): 155-164. (in Turkish)
- 23- **Ziegler, K. E., Guthrie, W. D. and Foley, D. C. 1987.** Registration of BSP1C1 and BSPW1C1 Popcorn (Maize) Gerplazms. Crop Sci. 27: 1318-1319.
- 24- **Ziegler, K. E. 2001.** Popcorn. Specialty corns (edited by A.R. Halluer)CRC press USA, pp. 199-234.

