نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۳ ، سال ۱۳۹۰، ص ۳۴۷-۳۴۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No. 3, 2011, p. 340-347

تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای

علی سلیمانی [۱*]- مرتضی فیروزی [۲] – لیلا نارنجانی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۶

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر شاخص های فیزیولوژیکی موثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار در سال ۱۳۸۵ در مزرعه آزمایشی، در روستای برسیان واقع در منطقه براآن شمالی در ۳۵ کیلومتری شرق اصفهان اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی آهن، روی، مس، منگنز، آهن + منگنز، روی + مس، آهن + روی + مس + منگنز و آب به‌عنوان شاهد بودند. غلظت عناصر به‌صورت: آهن ۳ ، روی ۴ ، مس ۲/۵ ، منگنز۵ ، آهن + منگنز ۲ و ۴ ، مس + روی ۵ و ۲/۵ ، آهن+ منگنز + مس + روی به ترتیب ۲ ، ۴ ، ۵ و ۲/۵ پی پی ام در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول معنی‌دار بود ولی تأثیر تیمار های آزمایشی بر سرعت اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار نبود. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن بود که با تیمارهای روی، آهن + منگنز اختلاف معنی‌داری نداشت ولی اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود. تیمارهای محلول‌پاشی آهن و آهن + منگنز بیشترین عملکرد ماده خشک کل را حاصل نمود که با تیمارهای روی، مس، روی + مس، آهن + روی + مس + منگنز اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین سرعت جذب خالص مربوط به تیمار محلول‌پاشی منگنز بود و کمترین سرعت اسیمیلاسیون خالص مربوط به تیمار شاهد بود. بیشترین سرعت رشد محصول در تیمار محلول‌پاشی روی حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در بین تمام تیمارها و در تمامی صفات اندازه‌گیری شده تیمار شاهد کمترین مقدار را نشان داد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه ممکن است محلول پاشی عناصر غذایی آهن و آهن + منگنز جهت دستیابی به حداکثر عملکرد ماده خشک در شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب باشد.

واژه های کلیدی: ذرت علوفه‌ای، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف، شاخص سطح برگ، ماده خشک کل سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول

مقدمه

ذرت علوفه‌ای در تأمین علوفه دام و همچنین در تأمین نیازهای انسان به فرآورده‌های دامی نقش عمده‌ای را ایفاء می‌کند. ذرت علوفه‌ای علاوه بر اینکه امروزه از نظر کیفیت علوفه بی‌نظیر است، از نظر تأمین انرژی مورد نیاز دام بسیار مطلوب است (۳). اهمیت گیاهان علوفه‌ای در آنجاست که با افزایش کمیت و کیفیت علوفه، کمیت و کیفیت فرآورده‌های دامی افزایش یافته و سلامت جامعه را به دنبال دارد. در بین عوامل مؤثر بر رشد کمی و کیفی گیاهان، تأمین مواد غذایی نقش ویژه‌ای در افزایش کمی و کیفی محصول دارد. جذب مواد غذایی به مقدار لازم در گیاه مستلزم شرایط مناسب خاک و آب می‌باشد. حدود ۹۰ درصد از اراضی کشاورزی ایران در منطقه خشک قرار گرفته و دارای بارندگی کمی می‌باشند، این امر باعث شده که خاک‌های اکثر مناطق ایران دارای pH و EC بالایی باشند، که همین مساله باعث می‌گردد. بعضی از عناصر کم مصرف علی‌رغم موجود بودن در خاک، نمی‌توانند جذب گیاه شوند و گیاه علائم کمبود این عناصر را نشان می‌دهد. از جمله این عناصر آهن، روی، منگنز و مس می‌باشد که کمبود آن‌ها در اغلب خاک‌های نواحی خشک دیده می‌شود (۱). عملکرد ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رشد است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی داشته تا سطح زمین

۱ ، ۲ و ۳ – به ترتیب دانشیار، دانش آموخته کارشناسی ارشد و مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: A_Soleymani@khuisf.ac.ir)

را کاملا بپوشاند. افزایش سریع سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی که باعث می‌شود هرچه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است این عوامل تضمین کننده عملکرد زیاد و کاهش رقابت علف های هرز نیز می‌باشد (۶). در مطالعه‌ای که توسط کریمیان و یصربی (۱۳) انجام شد، مشاهده کردند که مصرف روی عملکرد گیاه ذرت را به‌طور معنی داری افزایش داده و همچنین غلظت روی در گیاه افزایش یافت. ضیائیان و ملکوتی (۵) بیان داشتند که کاربرد روی به میزان ۴، ۸ و ۱۶ میلی گرم، عملکرد وزن خشک ذرت را به ترتیب ۸ ، ۳۵ و ۲۳ درصد افزایش داد. ماریوتی و همکاران (۱۵) در آزمایشهای گلدانی روی گیاه گندم با به کار بردن آهن در سطوح مختلف نشان دادند که کمبود آهن وزن خشک برگ، سطح برگ، غلظت آهن و کلروفیل آن را به‌طور معنی داری کاهش می‌دهد. بخش عمده منگنز در برگ‌ها و ساقه گیاهان وجود دارد و مقدار آن در دانه گیاهان ناچیز است. منگنز در گیاه با آهن دارای اثر متقابل است و وجود مقادیر زیاد آن در خاک می‌تواند جذب و مصرف آهن توسط گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. کمبود آهن موجب تشدید مشکلات ناشی از سمیت منگنز در گیاه می‌شود. در خاک‌های آلی و خاک‌های دارای واکنش قلیایی معمولاً کمبود منگنز دیده می‌شود (۹). مس در گیاه در فعالیت‌های آنزیمی دخیل است. در گندم، کمبود مس باعث کوچک شدن سنبله‌ها شده و حتی دانه نیز در انتهای سنبله‌ها تشکیل نمی‌شود. کمبود مس، همچنین سبب تراکم آهن در ذرت، بویژه در گره‌ها می‌شود. مس در مقایسه با سایر کاتیون‌ها خیلی محکم به مواضع غیرآلی خاک می‌چسبد لذا در این حالت به آسانی برای گیاهان قابل جذب نمی‌باشد. به عبارت دیگر، چون مس خیلی محکم به خاک می‌چسبد، پس بسیار بی‌تحرک است. بنابراین در pH بالا و خاک‌های آهکی گیاهان برای جذب مس از خاک دچار مشکل می‌شوند و توانایی آن را ندارند که نیاز خود را به قدر کافی و به آسانی از طریق جذب خاکی تأمین نمایند (۹).

بنابراین در شرایطی که pH خاک بالا بوده و جذب مواد غذایی از طریق ریشه امکانپذیر نباشد استفاده از روش محلول‌پاشی و جذب برگی عناصر غذایی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه بسیار حایز اهمیت است. از طرف دیگر استفاده از این روش باعث می‌شود که سایر آلودگی‌های زیست محیطی و آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی به حداقل رسیده و می‌توان در راستای اهداف کشاورزی پایدار گام برداشت. لذا هدف از این مطالعه بررسی برخی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی در طی دوره رشد گیاه ذرت علوفه‌ای شامل شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلاسیون خالص که اجزاء مهم تشکیل‌دهنده سرعت رشد محصول می‌باشند و نیز ارزیابی تأثیر محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر این شاخص ها و روند تجمع ماده خشک کل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه آزمایشی در روستای برسیان واقع در منطقه برآآن شمالی در ۳۵ کیلومتری شرق اصفهان اجرا گردید. خاک محل آزمایش دارای pH ۷/۵ بود (جدول ۱). بنابراین تجزیه خاک محل آزمایش حاکی از عدم جذب عناصر غذایی خصوصاً عناصر کم مصرف از طریق جذب ریشه می‌باشد که نشان دهنده لزوم اعمال تیمارهای محلول‌پاشی این عناصر غذایی است.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی آهن، روی، مس، منگنز، آهن + منگنز، روی + مس، آهن + روی + مس + منگنز و آب به عنوان شاهد بودند. غلظت عناصر به صورت: آهن ۳، روی ۴ ، مس ۲/۵ ، منگنز۵ ، آهن + منگنز ۲ و ۴، مس + روی ۵ و ۲/۵، آهن+ منگنز + مس + روی به ترتیب ۲، ۴، ۵ و ۲/۵ پی پی ام در نظر گرفته شدند. زمین محل آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود. جهت تهیه زمین در بهار شخم زده شد. کود دهی بر اساس نتایج تجزیه خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم صورت گرفت، همچنین معادل۹۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص از منبع اوره به صورت قبل از کاشت و قبل از دیسک دوم به صورت یکنواخت در مزرعه توزیع و با دیسک با خاک مخلوط گردید و سپس تسطیح زمین صورت گرفت. کاشت با ردیف کار به‌طور دقیق انجام شد. فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتیمتر و عمق کاشت ۳ تا ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. کاشت در ۲۰ خردادماه صورت گرفت و سپس آبیاری انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

ازت‌کل (درصد)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	ماده آلی (درصد)	pH	EC (dS/m)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
	(mg/Kg)												
۰/۱۵	۱۷	۳۵۰	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۶۸	۰/۹۸	۰/۲۳	۷/۵	۱/۶	۲۵	۳۵	۴۰	لومی رسی

جهت دستیابی به تراکم گیاهی ۹ بوته در متر مربع، پس از استقرار گیاهچه‌ها، بوته‌ها به فاصله ۱۴/۵ سانتیمتری تنک شدند. در مرحله شش برگی، ۸۰ کیلوگرم در هکتار ازت از منبع کود اوره به‌صورت سرک در اختیار کرت‌های آزمایشی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول ۸ متر بود. بین هر کرت آزمایشی ۲ متر جهت عدم پاشش محلول روی کرت‌های مجاور رها شد. محلول پاشی طی دو مرحله انجام شد. زمان محلول‌پاشی اول در مرحله انتقال از رشد رویشی به زایشی و مرحلهٔ دوم بیست روز پس از محلول‌پاشی اول صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز از طریق وجین دستی توسط کارگر ماهر صورت گرفت. جهت مبارزه با زنجره از سم متاسیستوکس استفاده گردید.

از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی نیم‌متر و خطوط کاشت ۱ و ۴ به عنوان حاشیه حذف شدند و قسمت باقیمانده جامعه آماری را تشکیل داد. جهت تعیین شاخص های رشد گیاه، نمونه برداری از ۲۵ روز پس از سبز شدن آغاز شد و به فاصله ۱۵ روز یک بار تا مرحله برداشت نهایی ادامه یافت. نمونه ها با حذف دو خط کناری از قطعه‌ای به مساحت ۱ متر مربع با رعایت حاشیه برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ تعیین شد. نمونه های پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین روند تغییرات شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک کل، سرعت اسیملاسیون خالص و سرعت رشد محصول به ترتیب از روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده توسط کریمی و سدیک (۱۴) استفاده شد.

$$LAI = e^{a_1 + b_1 t + c_1 t^2} \quad (۱)$$

$$W = e^{a_2 + b_2 t + c_2 t^2} \quad (۲)$$

$$NAR = (b_2 + 2c_2 t) e^{(a_2 - a_1) + (b_2 - b_1)t + (c_2 - c_1)t^2} \quad (۳)$$

$$CGR = NAR \times LAI = (b_2 + 2c_2 t) e^{a_2 + b_2 t + c_2 t^2} \quad (۴)$$

در روابط فوق، W ماده خشک کل برحسب گرم بر مترمربع، t زمان برحسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAI شاخص سطح برگ، NAR سرعت اسیملاسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول و c_1 ،b_1 ،a_1 و c_2 ،b_2 و a_2 ضرایب رگرسیون می‌باشند.

خصوصیات اندازه‌گیری شده برای هر کرت آزمایشی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه گردید. برای تجزیه آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم افزارهای Mstat-C و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر تیمارهای آزمایشی بر حداکثر مقدار شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار محلول‌پاشی آهن بود که با تیمارهای روی، آهن + منگنز اختلاف معنی‌داری نداشت ولی اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود. تیمارهای روی، منگنز، مس، آهن + منگنز، روی + مس و آهن + روی + مس + منگنز با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمارهای مس، روی + مس و آهن + روی + مس + منگنز اختلاف معنی‌داری نداشت ولی اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار آهن بیشترین شاخص سطح برگ را در مقایسه با سایر تیمارها تولید نمود که این عکس العمل نقش آهن در افزایش میزان کلروفیل را نشان می‌دهد که به دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نتیجه منجر به افزایش بیشتر شاخص سطح برگ می‌گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن خشک کل، شاخص سطح برگ ، سرعت اسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محصول گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک کل	شاخص سطح برگ	سرعت اسیمیلاسیون خالص	سرعت رشد محصول
تکرار	۳	۳۷۷۲۸	۰/۱۴	۴/۱۰**	۳۳۷/۵**
تیمار	۷	۱۱۵۹۹ **	۰/۲۵*	۱/۲۹۵	۳۰/۱۸**
خطا	۲۱	۲۷۴۰۹/۳	۰/۱	۶/۷	۲/۵

*و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین های[+] حداکثرشاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک کل علوفه در برداشت نهایی، سرعت اسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محصول تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی	حداکثر شاخص سطح برگ (متر مربع بر متر مربع)	وزن خشک کل (گرم برمتر مربع)	سرعت اسیمیلااسیون خالص (گرم بر متر مربع در روز)	سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز)
آهن	۴/۸۵^{a}	۱۸۶۷^{a}	۵/۲۴^{a}	۲۷/۵۷^{b}
روی	۴/۶۲^{ab}	۱۷۷۳^{ab}	۵/۱۹^{a}	۲۸/۹۸^{a}
مس	۴/۱۹^{bc}	۱۶۶۷^{bc}	۵/۰۳^{a}	۲۲/۷۴^{e}
منگنز	۴/۳۵^{b}	۱۷۶۲^{ab}	۵/۳۲^{a}	۲۶/۶۱^{c}
آهن+منگنز	۴/۶۲^{ab}	۱۸۶۷^{a}	۵/۱۶^{a}	۲۷/۴۵^{b}
روی+مس	۴/۲۲^{bc}	۱۷۲۵^{ab}	۴/۹۱^{a}	۲۵/۰۳^{d}
آهن+منگنز+ روی+مس	۴/۲۲^{bc}	۱۷۲۶^{ab}	۴/۴۲^{a}	۲۲/۱۱^{e}
شاهد	۴/۰۲^{c}	۱۵۶۳^{c}	۴/۲۸^{a}	۱۸/۹۳ ^{f}

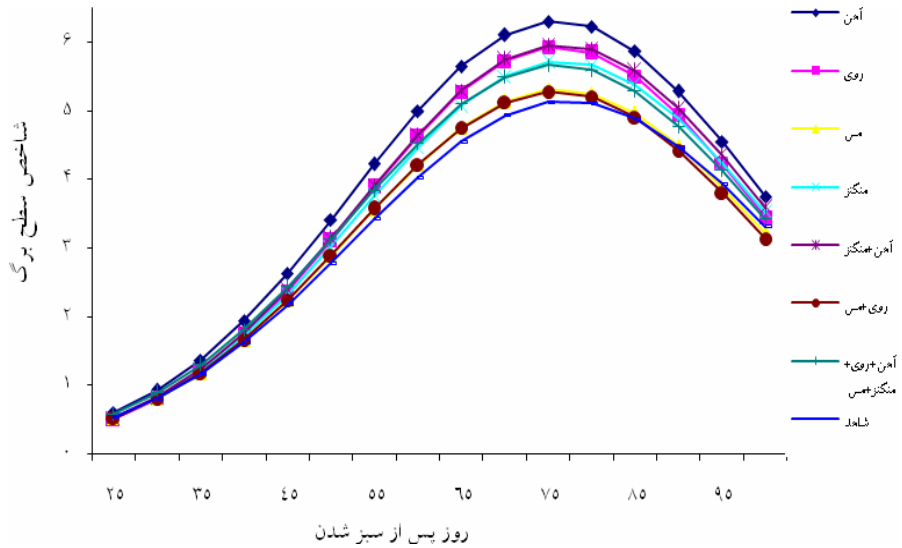
+ : میانگین های هر گروه به‌طور جداگانه با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. تفاوت هر دو میانگینی که دارای حرف مشترک باشند از نظر آماری معنی دار نیست.

تیمار روی بعد از آهن بیشترین سطح برگ را داشت که تفاوت زیادی با تیمار آهن نشان نداد که اهمیت روی را در افزایش سطح برگ نشان می‌دهد. گزارشات خلیلی و همکاران (۲) نشان داد که سطح برگ در گیاه سورگوم علوفه‌ای در تیمارهای محلول‌پاشی که مواد غذایی روی در آن‌ها وجود داشت بیشتر بود و چون تعداد برگ آن‌ها زیاد نشده بود نتیجه گرفت که دلیل افزایش سطح برگ افزایش طول و عرض برگ بوده است و دلیل آن را می‌توان اثر عنصر روی بر تقسیم سلولی از طریق افزایش اکسین دانست که باعث افزایش طول و عرض برگ می‌شود. همچنین آنها اعلام کردند با افزوده شدن آهن به کود محلول‌پاشی سطح برگ به مقدار بیشتری افزایش یافت. مورتود (۱۶) نیز به نقش مثبت روی در افزایش شاخص سطح برگ در گیاهان علوفه‌ای و خصوصاً ذرت اشاره نمودند و خاطر نشان کردند که در اثر کمبود روی، برگ‌ها باریک، نوک تیز و حالت شمشیری به خود می‌گیرند. ضیائیان و همکاران (۵) نیز بیان داشت که نقش آهن، روی و منگنز در افزایش سطح برگ ذرت بیش از سایر عناصر ریزمغذی می‌باشد، همچنین او غلظت کم روی در گیاه را باعث ریزبرگی در برگهای جوان ذرت می‌داند که این خود باعث کاهش سطح برگ می‌گردد.

روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مورد بررسی نشان داد که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن تفاوتی بین تیمارها وجود ندارد و شاخص سطح برگ با سرعت کمی افزایش یافت، ولی بعد از ۴۰ روز پس از سبز شدن که با اولین محلول‌پاشی عناصر غذایی همراه بود، تیمارهای آزمایشی شروع به تمایز کردند به‌طوری که تیمار آهن در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین سطح برگ را از این زمان تا مرحله برداشت علوفه ادامه داشت. ولی با این وجود در تمام تیمارهای آزمایشی شاخص سطح برگ پس از اولین مرحله محلول پاشی (۵۰ روز پس از سبز شدن) با سرعت زیادی افزایش یافت و در ۷۵ روز پس از سبز شدن که مصادف با گرده‌افشانی می‌باشد به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن با نزدیک شدن به آخر فصل رشد و برخورد به درجه حرارت‌های کمتر و ریزش برگ‌های مسن، شاخص سطح برگ کاهش یافت. این روند حاکی از آن است که تفاوت در روند افزایشی شاخص سطح برگ بعد از محلول‌پاشی عناصر غذایی در بین تیمارها نمایان شد به‌طوری که محلول پاشی مرحله دوم در ۶۰ روز پس از سبز شدن صورت گرفت سبب شد که کاهش شاخص سطح برگ به سرعت صورت نگیرد که می‌توان از آن نتیجه گرفت محلول‌پاشی اثر مثبتی بر افزایش شاخص سطح برگ داشته است به‌طوری که حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار محلول پاشی آهن در ۷۰ روز پس از سبز شدن که معادل ۴/۸۵ بود در صورتی که حداکثر شاخص سطح برگ تیمار شاهد در ۸۰ روز پس از سبز شدن حاصل شد که معادل ۴/۰۲ بود این عکس العمل تایید کننده تأثیر مثبت محلول پاشی می‌باشد (شکل ۱). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سطح برگ و وزن خشک کل ($r = ۰/۴۳^{*}$) مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر سطح برگ بر روی تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش وزن خشک کل گیاه می‌باشد.

وزن خشک کل

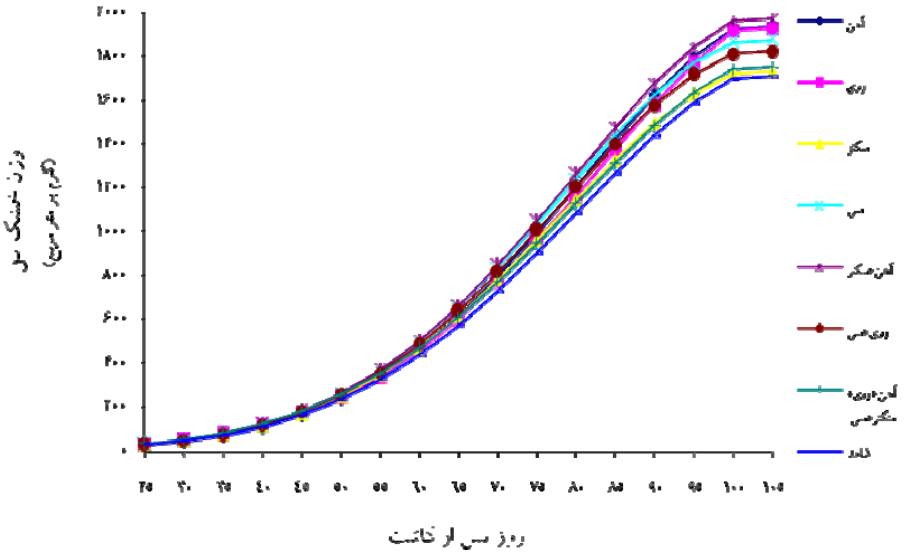
اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک کل گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین وزن خشک کل مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی آهن و آهن + منگنز بود که با تیمارهای روی، منگنز، روی + مس، آهن+ روی + مس + منگنز اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با تیمارهای مس و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. کمترین وزن خشک کل در تیمار شاهد بدست آمد که با تیمار مس اختلاف معنی‌داری نداشت ولی اختلاف آن با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۳).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در طی فصل رشد

با توجه به pH بالای خاک محل آزمایش جذب آهن از خاک توسط ریشه گیاه دچار مشکل شده و گیاه نسبت به جذب آهن از طریق برگ عکس‌العمل خوبی نشان داده که این امر باعث افزایش تجمع ماده خشک گیاه شد. آهن در سنتز ماده اولیه کلروفیل اهمیت زیادی دارد (۱۷). افزایش وزن خشک کل در تیمار آهن می‌تواند به علت افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل مخصوصاً کلروفیل a و نیز افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز دی فسفات کربوکسیلاز و نیز افزوده شدن بر میزان آهن و منگنز و نقش مثبت آن‌ها در فتوسیستم‌های ۱ و ۲، که در نتیجه آن مواد فتوسنتزی بیشتری در گیاه ساخته می‌شود در نهایت منجر به افزایش وزن خشک کل گیاه می‌شود (۱۲). نتایج خلیلی و همکاران (۲) نیز در مورد گیاه سورگوم علوفه‌ای با محلول‌پاشی آهن + روی + منگنز، وزن خشک علوفه بیشتری را بدست آوردند که صحت نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌کند. چوپرا و دادهان (۱۰) گزارش کردند محلول‌پاشی گیاهان ذرت، سورگوم، ارزن، بادام زمینی و گندم با کود حاوی عناصر آهن، روی، منگنز، مس، منیزیم، باعث افزایش عملکرد اندام‌های هوایی گیاهان و وزن خشک کل آن گردید (۱۵). همانتارانجان و گراگ (۱۱) نیز بیان داشتند زمانی که کلات‌های آهن مصرف می‌شود، توانایی ذرت در استفاده از آهن در مقایسه با سایر گیاهان متفاوت می‌باشد و میزان آهن جذب شده نسبت به سایقی غلات به شدت افزایش نشان داده است. همچنین ماریوتی و همکاران (۱۵) در آزمایشهای گلدانی روی ذرت و آفتابگردان با به کار بردن آهن در سطوح مختلف نشان دادند که کمبود آهن وزن خشک برگ، سطح برگ، غلظت آهن در دانه و میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد. آنها ثابت کردند که ذرت نسبت به کمبود آهن حساس است بطوری که ذرت برای رشد اپتیمم به غلظت بالایی از آهن نسبت به آفتابگردان نیاز دارد.

روند تجمع ماده خشک کل تیمارهای مورد بررسی در طی فصل رشد حاکی از آن است که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن اختلاف زیادی بین تیمارها وجود نداشت و تجمع ماده خشک با سرعت کمی صورت گرفت. ولی از ۴۰ روز پس از سبز شدن با اولین محلول‌پاشی عناصر غذایی همراه بود، وزن خشک کل تیمارها شروع به تمایز از یکدیگر نمودند، ولی این تمایز به صورت چشمگیری نبود. در ۶۰ روز پس از سبز شدن که محلول‌پاشی مرحله دوم صورت گرفت اختلاف بیشتری را بین تیمارها بوجود آورد و سرعت تجمع ماده خشک کل افزایش یافت و در ۱۰۰ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود رسید و سپس افزایش وزن خشک متوقف شد به دلیل علوفه‌ای بودن گیاه و برداشت آن قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی دانه در زمان برداشت علوفه وزن خشک کل در حداکثر مقدار خود قرار داشت و به همین دلیل روند کاهشی در وزن خشک مشاهده نشد (شکل ۲). این روند افزایشی تا ۸۵ روز پس از سبز شدن با شیب زیادی ادامه یافت سپس شیب آن ملایم شد و در زمان برداشت علوفه افزایش وزن خشک متوقف شد (شکل۲). در بین تیمارهای مورد بررسی تیمار محلول پاشی آهن از مرحله دوم محلول پاشی(۶۰ روز پس از سبز شدن) تا انتهای فصل رشد ماده خشک کل بیشتری را در مقایسه با سایر تیمارها تولید نمود و کمترین تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد توسط تیمار شاهد حاصل شد. این عکس العمل نشان دهنده تأثیر آهن در تجمع ماده خشک کل در طی فصل رشد می‌باشد (شکل۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک کل با شاخص سطح برگ (r =۰/۸۳**) مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر شاخص سطح برگ در افزایش وزن خشک کل گیاه می‌باشد.



شکل ۲- روند تغییرات وزن خشک کل تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی طی فصل رشد

سرعت اسیمیلاسیون خالص

اثر تیمارهای آزمایشی بر سرعت اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار نبود (جدول۲). روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که تا۵۰ روز پس از سبز شدن سرعت اسیمیلاسیون خالص افزایش یافت ولی پس از آن سرعت اسیمیلاسیون خالص شروع به کاهش نمود (شکل۳). در اوایل فصل رشد به علت جذب زیاد تشعشعات خورشیدی سرعت اسیمیلاسیون خالص افزایش می‌یابد ولی با افزایش شاخص سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌ها راندمان تولیدی هر برگ کاهش یافته و در نتیجه این عکس العمل با نتایج سلیمانی و همکاران (۴) مطابقت دارد. سرعت اسیمیلاسیون خالص کاهش می‌یابد. تیمار آهن و منگنز در مقایسه با سایر تیمارها در طی فصل رشد بیشترین سرعت اسیمیلاسیون خالص را تولید نمودند ولی با این وجود اختلاف چشمگیری بین تیمارهای آزمایشی در طی فصل رشد مشاهده نشد.

همبستگی قوی بین سرعت اسیمیلاسیون خالص با شاخص سطح برگ (r =۰/۰۱) و وزن خشک کل (r =۰/۱۹) مشاهده نشد که نشان‌دهنده آن است که اثر تیمارهای مورد بررسی روند مشابهی بر روی این شاخص نداشته‌اند از طرف دیگر علت این عکس‌العمل آن است که گیاه به صورت علوفه‌ای برداشت شده است و به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی نرسیده است تا افت شدید شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلاسیون خالص را داشته باشد. همچنین تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص در طی فصل رشد خیلی قابل توجه نبوده است.

سرعت رشد محصول

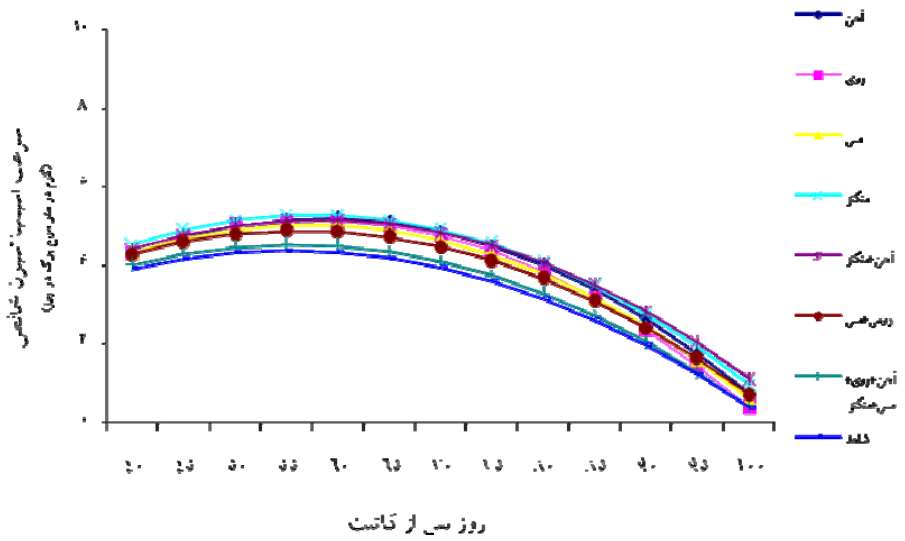
اثر تیمارهای آزمایشی بر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به تیمار محلول‌پاشی روی بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در بین تیمارها تیمار آهن و آهن + منگنز و تیمارهای مس و آهن + روی + مس + منگنز با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی سایر تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. کمترین سرعت رشد محصول در تیمار شاهد دیده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول۳). بنابراین نتایج حاکی از آن است که عنصر روی بیشترین اثر را روی سرعت رشد محصول داشت که اهمیت این عنصر را در گیاه ذرت نشان می‌دهد.

روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن تفاوتی بین تیمارها وجود ندارد و سرعت رشد محصول با سرعت کمی افزایش یافت، ولی در ۵۰ روز پس از سبز شدن که چند روز بعد از اولین محلول‌پاشی همراه بود، تیمارهای آزمایشی شروع به تمایز کردند به‌طوری که تیمار روی و آهن + منگنز بیشترین سرعت رشد محصول را از ۵۰ روز پس از سبز شدن نشان دادند و این روند افزایش تا ۷۵ روز بعد از سبز شدن ادامه یافت که با حداکثر شاخص سطح برگ مصادف بود و سپس شروع به کاهش نمود. این عکس‌العمل با روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص هماهنگی دارد (شکل۴). در اوایل رشد کارایی خوبی در تولید مواد فتوسنتزی وجود دارد به‌طوریکه از ۴۰ روز پس از سبز شدن سرعت رشد محصول افزایش زیادی داشت و در ۸۵ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود رسید، ولی پس از آن با گذشت

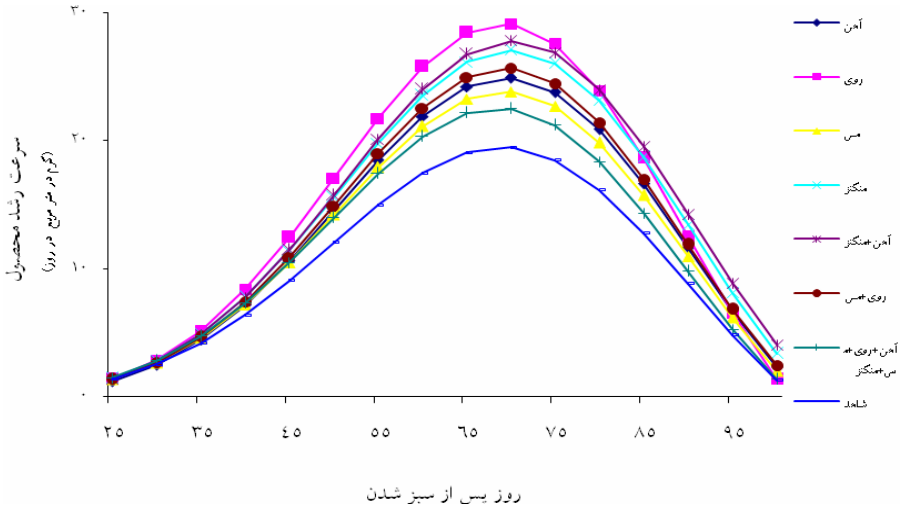
زمان و افزایش سطح برگ و متعاقب آن سایه‌اندازی برگ و با مسن شدن برگ‌ها، راندمان تولید هر برگ کاهش یافته که این عکس‌العمل با نتایج سلیمانی و همکاران (۴) مطابقت دارد.

پس از آن با نزدیک شدن به آخر فصل و برخورد به درجه حرارت‌های کمتر و ریزش برگ‌های مسن و کاهش شاخص سطح برگ سرعت رشد محصول کاهش یافت (شکل۴).

همبستگی قوی و معنی‌داری بین سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ (r =۰/۳۳) مشاهده نشد در صورتی که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت رشد محصول با سرعت اسیمیلاسیون خالص (r =۰/۶۵۳**) مشاهده گردید که نشان‌دهنده همروندی این صفات می‌باشد.



شکل۳- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی



شکل ٤- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

نتیجه گیری

محلول‌پاشی عناصر کم مصرف به ویژه آهن، روی و آهن + منگنز بیشترین تأثیر را بر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد محلول داشت، نتایج حاکی از این بود که بیشترین وزن خشک کل در محلول‌پاشی آهن بدست آمد و بیشترین شاخص سطح برگ نیز در همین تیمار حاصل شد که این افزایش نشان‌دهنده تأثیر محلول‌پاشی این عناصر غذایی

بر گیاه ذرت علوفه‌ای می‌باشد که می‌توان دلیل آن را بالا بودن pH بالای خاک محل آزمایش دانست که سبب عدم جذب آهن توسط ریشه گیاه شده و با جذب آهن توسط برگ کمبود آهن در گیاه رفع شده و باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه ذرت علوفه‌ای می‌شود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سطح برگ و وزن خشک کل حاکی از این است که محلول‌پاشی آهن شاخص سطح برگ را افزایش داده و این افزایش باعث تجمع ماده خشک بیشتر و وزن کل بالاتری در گیاه گردید. لذا تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر و با توجه به شرایط متفاوت خاکی در مناطق مختلف تیمار محلول پاشی عناصر غذایی آهن و آهن + منگنز جهت دستیابی به حداکثر عملکرد ماده خشک مناسب به نظر می‌رسد.

منابع

۱- امامی، ع. و ع.ا. بهبهانی زاده. ۱۳۶۸. رابطه آهن، روی، منگنز ومس قابل جذب با غلظت جذب شده آنها توسط گیاه ذرت کشت شده در گلخانه (مقایسه چهار روش عصاره‌گیری). مجموعه مقالات خاک و آب، سال ۵، شماره ۱. صفحات ۶۲ تا ۷۳.

۲ – خلیلی، ج.، م. تاجبخش .، ا. فیاض مقدم و ع. سیادت. ۱۳۸۰. بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی بر عملکرد و کیفی سورگوم علوفه‌ای. مجله علمی تخصصی گیاه و زیست بوم، جلد ۳۱. صفحات ۳۵ تا ۴۴.

۳- سدری، م.ج. ۱۳۷۶. تعیین نقطه بحرانی آهن، روی، مس بر اساس روش تصویری کیت نلسون بر روی گندم آبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه تربیت مدرس، ۱۰۶ صفحه.

۴- سلیمانی، ع.، ح.ر. لارابی و پ. نجفی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده شهری برشاخص‌های فیزیولوژیکی موثر بر رشد گیاه ذرت. مجله پژوهش در کشاورزی،سال ۲ شماره ۱. صفحات ۱۱ تا ۲۴.

۵ – ضیائیان، ع. و م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۷. بررسی اثر کودهای محتوی عناصر ریز مغذی و زمان مصرف آنها در افزایش تولید ذرت. مجله علمی پژوهشی آب و خاک «ویژه‌نامه مصرف بهنیه کود»، جلد ۱۲، شماره ۱. صفحات ۵۶ تا ۶۳.

۶ – کوچکی، ع.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری و ر. صدر آبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی مشهد.

۷ – کوچکی، ع.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری و ر. صدر آبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی مشهد.

۸ – کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۹ – ملکوتی، م.ج. و م.م. طهرانی. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی‌ها در عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب، جلد ۳۲، شماره ۱.

10 – Chopra, S., and L. Dudhan. 1987. Chelated micronutrient in dry land . Agric. Pesticides. 21: 7-9.

11 – Hemantaranjan A. and O.K. Grag. 1998. Iron and zinc fertilization with reference to grain quality of *Triticum aestivum*. J. Plant. Nutr. 11: 1439-1450.

12 – Junus, M.A., and F.R. Cox. 1987. A zinc soil test calibration based upon mehlich 3 extractable zinc, pH, and cation exchange capacity. Soil. Sci. Am. J. 51: 668-683.

13 – Karimian, N., and J. Yasrebi. 1995. prediction of residual effects of zinc sulfate on growth and zinc uptake of corn plant using three zinc soil tests. Common. Soil. Sci. Plant anal. 20: 331-339.

14 – Karimi, M.M., and K.H.M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42: 13-20.

15 – Mariotti, M., L., Ercoli and A. Masoni. 1996. Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. Remote Sensing of Environment. 58(3): 282–288.

16 – Mortvedth, J. 2003. Efficient fertilizer use micronutrient. Florida university published.166: 125-139.

17 – Tollenar, M., and T.W. Brulsma. 1988. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. Agron. J. 80: 280-285.