

اثرات تنش خشکی، مقدار فسفر و روى بر توزيع عمودی سطح برگ، نفوذ نور در سایه انداز و رابطه آن ها با عملکرد ذرت (*Zea mays L.*)

Effects of drought stress, amounts of phosphorous and zinc contents on vertical distribution of leaf area, light interception in canopy and their relationships with maize (*Zea mays L.*) grain yield

مسعود رفیعی^۱، مهدی کریمی^۲، قربان نورمحمدی^۳، حبیب الله نادیان^۴

چکیده

سطح برگ و توزيع آن در سایه انداز گیاه ذرت (*Zea mays L.*) تعیین کننده نفوذ نور برای فتوستز می باشد که تحت تأثیر میزان رطوبت و عناصر غذائی موجود در خاک قرار می گیرند. بدین منظور تحقیقی با سه میزان تنش خشکی از طریق آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ (I₇₀), ۶۰ (I₆₀) و ۵۰ (I₅₀) درصد ظرفیت مزدuge (FC) به عنوان سطوح فاکتور اصلی و عناصر روى در سه میزان صفر (Zn₀), ۲۰ (Zn₂₀) و ۱۰ (Zn₁₀) کیلو گرم در هکتار Zn و فسفر در دو میزان صفر (P₀) و ۱۵۰ (P₁₅₀) کیلو گرم در هکتار P₂O₅ در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات-فاکتوریل با چهار تکرار به اجرا گذاشته شد. متغیری پلی نومیال زنگوله ای شکل رابطه میان سطح تک برگ و تعداد برگ را با بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه انداز منعکس نمود. رابطه میان شاخص سطح برگ (LAI) و ارتفاع گیاه در زمان ظهور گل تاجی نیز از یک معادله درجه سه پلی نومیال $R^2 \geq 0.95$ نمود. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش سطح تک برگ، تعداد نهایی برگ و شاخص سطح برگ در ذرت می گردد. با افزایش تنش خشکی، درصد نفوذ نور (PAR) به کف سایه انداز گیاهی به طور معنی داری افزایش یافت. مصرف بیش از حد فسفر نیز تأثیری مشابه تنش خشکی ولی باشد که این بصفات یاد شده داشت. اختلاف معنی داری میان سطوح روى مشاهده نشد و اثرات متقابل نیز برای هیچ یک از صفات معنی دار نبود. رابطه خطی قوی میان عملکرد ذرت با شاخص سطح برگ گل، ذیر بالا و بالای بالا و هم چنین درصد جذب نور در سایه انداز ذرت در زمان ظهور گل تاجی مشاهده شد.

واژه های کلیدی: ذرت، توزيع سطح برگ، تشعشع فعال فتوستزی، تنش خشکی، فسفر، روى.

تعیین کننده نفوذ نهایی نور در ذرت می باشد که بر فتوستز، تعرق و تجمع ماده خشک اثر دارد (Dwyer et al., 1992). توزيع عمودی سطح برگ را می توان به وسیله اندازه برگ و طول میانگره تعیین نمود (Nunez and Kamperath, 1969). شاخص سطح برگ و توزيع آن درون سایه انداز گیاهی فاکتورهای اصلی (Donald, 1968; Dwyer et al., 1992)

مقدمه

میان شاخص سطح برگ و عملکرد ذرت همبستگی قوی و معنی داری وجود دارد (Nunez and Kamperath, 1969). شاخص سطح برگ و توزيع آن درون سایه انداز گیاهی فاکتورهای اصلی

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۸/۱

* بخشی از رساله دکتری نگارنده اول در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات - اهواز

۱- عضو هیأت علمی وزارت جهاد کشاورزی - لرستان

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- استاد یار مجتمع عالی کشاورزی رامین - دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی - تهران

به پائین ساقه و ریشه متقل می شود
(Eastin, 1969; Palmer et al., 1973)

تنش آب معمولی ترین نوع تنش واردہ بر گیاهان است و اغلب در ارتباط با کمبود طولانی رطوبت در خاک یا تنش زودگذر در روزهای گرم با تشبع بالا یا هر دو می باشد (McKersie and Leshem, 1994).

رشد برگ اولین فرایندی است که به کمبود آب واکنش نشان داده و کاهش می یابد (Boyer, 1970). تنش در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می دهد (Ariy, 1987). به (Chapman and Westgate, 1993)، کاهش سطح برگ بیشتر حاصل کاهش تعداد برگ است تا اندازه هر برگ.

نمیت و ریچی (Nesmith and Ritchi, 1992) با اعمال تنش کمبود آب در دوره قبل از گرده افشاری ذرت مشاهده نمودند که در زمان تنش، نه تنها سطح هر برگ کاهش می یابد بلکه سرعت رشد آن نیز تحت تأثیر قرار گرفته و ظهور هر برگ به تأخیر می افتد. به گزارش ایشان چنان‌چه تنش آب بعد از مرحله پنج برگی اعمال شود، تعداد کل برگ‌های گیاه تغییری نخواهد کرد زیرا تبايز مریستم انتها می در مرحله فوق پایان یافته است. کوچک شدن اندازه برگ و کوتاهی فواصل میان گره‌ها و در نتیجه ارتفاع گیاه به کاهش رشد ناشی از تنش آب نسبت داده شده است.

فراهرم بودن یک یون تحت تأثیر مقدار رطوبت خاک و سایر یون‌های موجود در محلول خاک قرار می گیرد (Mengell and Kirkby, 1982). استفاده بیش از حد کودهای فسفره نه تنها باعث کاهش عملکرد ذرت می شود (Rehm et al., 1981)، بلکه تا حد زیادی می تواند جذب روی توسط گیاه را کاهش دهد (Heggo and Barakah, 1994).

ذرت یکی از حساس ترین گیاهان به کمبود روی می باشد. کمبود روی علاوه بر زرد و ضخیم شدن برگ

به تعداد و اندازه سلول‌های تشکیل دهنده برگ بستگی دارد که خود تحت تأثیر نور، رژیم رطوبتی و مقدار مواد غذایی در خاک قرار می گیرد (گاردنر و همکاران، ۱۳۶۸).

ماک و پرس (Mock and Pearce, 1975) تیپ ایده آل ذرت را با شاخص سطح برگ بیشتر از چهار تعیف نموده اند به طوری که برگ‌های نسبتاً عمودی در بالای بلال و برگ‌های نسبتاً افقی در پائین بلال. جهت دریافت کامل نور به وسیله سایه انداز قرار دارند. فرضیه دیگر جهت تعیین توزیع اپتیم سطح برگ برای فتوستز، رشد و عملکرد دانه، مقایسه سرعت فتوستز در سطوح مختلف درون سایه انداز گیاهی است. برگ‌های پائینی بلال پیر تر بوده و در سایه بیشتری نسبت به آن‌ها که در ارتفاع بالاتری در سایه انداز قرار دارند می باشند، و سرعت فتوستز کمتری حتی زمانی که در معرض تشعشع کامل قرار گیرند، دارند (Dwyer and Stewart, 1986a). برگ‌های در مجاورت بلال دارای حداکثر میزان فتوستز در سایه انداز بوده و هم چنین بسیار آهسته تر پیر می شوند، یعنی حداکثر سرعت فتوستز خود را برای مدت طولانی تری نسبت به دیگر برگ‌های روی گیاه حفظ می کنند (Thiagarajah et al., 1981). بنابراین نفوذ بیشتر نور به برگ بلال ممکن است موجب افزایش سرعت رشد محصول گردد (Loomis and Williams, 1969).

فاکتور دیگر در تعیین توزیع سطح برگ مطلوب، توزیع نسبی مواد فتوستزی از برگ‌های مختلف به دانه است (Dwyer et al., 1992). ایستین (Eastin, 1969) و ادمیدز و همکاران (Edmeades et al., 1979) اظهار داشتند که مواد فتوستزی عمدتاً از یک برگ به نزدیک ترین مخزن خود حرکت می کنند. برگ‌های بالا و پائین نزدیک بلال بیشترین مواد فتوستزی برای پُر کردن دانه را فراهم می سازند (Hoyt and Bradfield, 1962). در حالی که مواد فتوستزی از برگ‌های پائین تر عمدتاً

نظر تیمارهای آبیاری تعیین شد. میزان آب آبیاری با استفاده از درصد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه و درصد رطوبت خاک در زمان آبیاری و با توجه به حداقل عمق نفوذ پریشه در خاک محاسبه گردید، و بدین ترتیب پس از هر بار آبیاری در کلیه تیمارها درصد رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسید. میزان آب داده شده به هر کرت بر اساس توزیع آب با راندمان ۸۵ درصد با استفاده از پمپ آب کنترل شد. اعمال تیمارهای تنش خشکی از مرحله سه برگی یعنی پس از استقرار گیاهان در مزرعه آغاز شد.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم پائیزه، دیسک، تسطیح و تهیه جوی و پشته اجرا گردید. هر کرت شامل هشت ردیف شش متری با فاصله ۷۵ سانتیمتر از یکدیگر بود. بزرگسازی تایج تعزیزی فیزیکوشیمیائی خاک قبل از اجرای آزمایش، مقدار نیتروژن مورد نیاز ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شد و میزان فسفر و روی به ترتیب ۱۴/۵ و ۱/۶ میلیگرم در کیلوگرم خاک بود. تمام عناصر روی و فسفر و نیمی از اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار N) قبل از کاشت به خاک اضافه شد. بدین منظور کودهای مختلف با یکدیگر مخلوط و در وسط پشته در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتری در خاک قرار داده شد (ملکوتی و لطف الله، ۱۳۷۸). بقیه اوره در مرحله شش برگی به خاک اضافه گردید. کاشت به صورت کپه ای (سه بذر در هر چاله در عمق پنج تا هفت سانتیمتری وسط پشته) با فاصله ۲۰ سانتیمتر بین بوته های روی ردیف در دهه سوم اردیبهشت با دست انجام شد. در زمان تک در مرحله چهار تا شش برگی یک بوته سائم و قوی از هر کپه نگهداری و بقیه بوته ها حذف گردید و بدین ترتیب تراکم بوته به طور متوسط ۶/۷ بوته در متر مربع به دست آمد. وجین علف های هرز در طول فصل رشد به صورت دستی انجام گرفت. به منظور بررسی توزیع عمودی سطح برگ و جذب نور به وسیله سایه انداز گیاهی

که بیشتر در برگ های جوان گیاه ظاهر می شود، موجب کاهش فاصله گره ها در ساقه و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه می گردد. از آن جا که کشاورزان بدون توجه به موجودی زیاد فسفر خاک که از کشت های قبلی بر جای مانده است^۱ اقدام به مصرف مقادیر زیادی کود فسفره می نمایند، لذا غلظت بالای فسفر مانع از جذب روی حتی زمانی که موجودی روی در خاک کافی باشد، می گردد (ملکوتی و لطف الله، ۱۳۷۸).

در این مقاله تأثیر تنش خشکی، روی و فسفر بر الگوی توزیع سطح برگ، نفوذ نور در سایه انداز و رابطه میان این صفات با عملکرد دانه ذرت مورد بررسی قرار می گیرد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۷۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان واقع در خرم آباد (۲۹ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ۲۱ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه ای رقم KSC ۷۰۴ انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت اسپلیت بلات - فاکتوریل و با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش خشکی از طریق آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ (۱_{۷۰}، ۶۰_{۱۶۰} و ۵۰_{۱۵۰}) درصد ظرفیت مزرعه (FC) در کرت های اصلی و روی در سه میزان صفر (Zn₀) و ۲۰ (Zn_{۲۰}) کیلوگرم در هکتار از Zn_{۱۰} (۱۰، ۱۰_{۱۰}) منبع سولفات روی آبدار (ZnSO₄) و ۷H₂O و فسفر در دو میزان صفر (P_۰) و ۱۵۰ (P_{۱۵۰}) کیلوگرم در هکتار P_۲O_۵ از منبع فسفات آمونیوم به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی بود.

درصد رطوبت خاک در فواصل زمانی بین دو آبیاری در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر آیندازه گیری و زمان آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به مقادیر مورد

می گردد، تفاوت بین دو تیمار I_{70} و I_{60} که به ترتیب آبیاری در آن ها پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام گرفت، از برگ شماره ۱۰ شروع شده و تا برگ نزدیک گل تاجی ذرت ادامه یافته است که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد. یعنی تأخیر در آبیاری (I_{60}) گرچه بر اندازه برگ های تحتانی گیاه اثری نداشت، ولی در برگ های فوقانی باعث کوچک تر شدن برگ ها شد. دلیل این امر آنست که اثرات خشکی در طول فصل رشد به صورت تجمعی می باشد (Mayer et al., 1993) و لذا کاهش سطح برگ ها در شرایط تنش متوسط خشکی از برگ دهم شروع شده است. در مورد تیمار سوم (I_{50}) که در آن آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد، با توجه به ایجاد تنش خشکی در آغاز فصل رشد، تفاوت در مساحت برگ های تحتانی را نیز باعث گردید. در این تیمار مساحت تمامی برگ ها کوچک تر از مساحت برگ های در دو تیمار دیگر بود (جدول ۲). بزرگ ترین برگ در تیمار I_{70} به برگ نهم و در تیمارهای I_{60} و I_{50} به برگ هشتم تعلق داشت. موقعیت برگ بلال در کلیه تیمارها یک برگ زیر بزرگ ترین برگ بود.

تعداد برگ با افزایش تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافت و از ۱۶ برگ در تیمار I_{70} به ترتیب به ۱۵ و ۱۴ برگ در I_{60} و I_{50} رسید (جدول های ۱ و ۲). از آن جا که زمان اعمال تیمارهای آبیاری در مرحله سه برگی آغاز شد لذا تنش کمبود آب علاوه بر کاهش سطح برگ موجب کاهش تعداد برگ در اثر تأثیر سوء تنش بر تشکیل آغازه برگ گردید (Chapman and Westgate, 1993) که این نتیجه با اظهارات نسمیت و ریچی (Nesmith and Ritchi, 1992) مطابقت دارد.

شاخص سطح برگ که مجموع سطوح برگ ها در واحد سطح زمین می باشد، واکنش مشابه مساحت

(Donald, 1968; Dwyer et al., 1992) تعداد و مساحت تک برگ ها، LAI در بالا و پائین بلال و ارتفاع گیاه روی سه بوته (۶۰ سانتیمتر طولی) در ردیف های دوم و هفتم هر کرت فرعی، و شدت تشعشع فعال فتوستزی (PAR) در کف سایه انداز در زمان ظهور گل تاجی (تاسل) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شدت تشعشع فعال فتوستزی از نورسنج دیجیتالی (مدل LX-101) استفاده گردید. سطح برگ با استفاده از پلاتیمتر اندازه گیری شد. در زمان برداشت، دو ردیف وسط هر کرت با چذف یک متر حاشیه از ابتدا و انتهای برداشت و عملکرد دانه بر اساس ۱۴٪ رطوبت محاسبه گردید.

نتایج و بحث

توزیع عمودی سطح برگ در سایه انداز ذرت از نمودارهای ۱ (الف، ب و پ) چنین استنبط می گردد که با فاصله گرفتن از کف سایه انداز گیاهی تا برگ های میانی ذرت (برگ های شماره ۸ تا ۱۰)، به تدریج بر مساحت برگ ها افزوده شده و سپس تا برگ نزدیک گل تاجی کاهش می یابد. در واقع توزیع عمودی برگ های ذرت به صورت زنگوله ای شکل با ییشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه انداز بوده و از معادله درجه ۳ نمائی پیروی می نماید. رابطه LAI تجمعی از بالای گیاه تا سطح زمین با ارتفاع گیاه در زمان ظهور گل تاجی به صورت S شکل بوده و این رابطه به صورت یک معادله درجه ۳ نمائی می باشد (نمودار ۲). دویسر و همکاران (Dwyer et al., 1992) نیز در مطالعه خود بر روی توزیع عمودی سطح برگ در ارقام مختلف ذرت به چنین معادلاتی دست یافتند. با توجه به عدم وجود اثرات متقابل بین تیمارهای مختلف (جدول ۱)، برای نشان دادن اثرات یک تیمار از میانگین دو تیمار دیگر استفاده گردید.

همان گونه که در نمودار ۱-الف مشاهده

هوائی و هم چنین ممانعت از ارتباطات همزیستی میان ریشه با قارچ های VA که خود منجر به کاهش جذب روی و دیگر عناصر رسمی شود (Rengel and Graham, 1995b) موجب کاهش اندازه برگ ها و شاخص سطح برگ در ذرت گردیده است. رابطه LAI و عملکرد دانه در نمودارهای ۳ و ۴-الف مشاهده می شود که عملکرد دانه ذرت با افزایش شاخص سطح برگ به صورت خطی افزایش یافته است. در بسیاری از مطالعات همبستگی قوی میان شاخص سطح برگ و عملکرد دانه گزارش شده است (Nunez and Kamperath, 1969; Dwyer et al., 1992)

که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. از آن جا که برگ ها اندام اصلی فتوستتر کننده در گیاه می باشند، لذا افزایش شاخص سطح برگ موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی و تأمین اسیمیلات های لازم برای پر کردن دانه و افزایش عملکرد می گردد (گاردنر و همکاران، ۱۳۶۸). مطالعه جداگانه شاخص سطح برگ در بالا و پائین بلال (متوسط تیمارها) نشان داد که همبستگی قوی میان این دو لایه فتوستتر کننده با عملکرد دانه وجود دارد. برآزش مناسب اعداد اندازه گیری شده حول خط برآورد شده و هم چنین ضرایب تشخیص بالا مؤید قوی بودن این همبستگی می باشد. چنین استباط می شود که برگ های بالای بلال نسبت به برگ های پائینی، نقش اساسی تری در افزایش عملکرد دانه ایفاء نموده اند. شبیه بیشتر خط رگرسیونی در نمودار ۳-ب نسبت به ۳-الف گویای این واقعیت است. این نتایج با اظهارات دویر و همکاران (Dwyer et al., 1992) مطابقت دارد. دلیل این برتری می تواند حساسیت بیشتر شاخص سطح برگ بالای بلال نسبت به شاخص سطح برگ زیر بلال به نتش های محیطی در این آزمایش باشد. زیرا با وجود این که سلول ها و بافت های جوان گیاه تحمل بیشتری به

تک برگ ها به تیمارهای خشکی نشان داده و با افزایش نتش کمبود آب کاهش یافت (نمودار ۲-الف). کاهش در مساحت تک برگ ها ناشی از نتش خشکی، منجر به کاهش معنی داری در شاخص سطح برگ گردید، به طوری که LAI کل از ۴/۴ در تیمار I₇₀ به ترتیب به ۳/۶ و ۲/۸ در تیمارهای I₆₀ و I₅₀ رسید (نمودارهای ۱ و ۲-الف و جدول های ۱ و ۲)، زیرا نتش آب در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک شدن برگ ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می دهد (Ariy, 1987; Chapman and Westgate, 1993).

نتایج نشان داد که افزایش میزان روی در خاک اثر محسوسی بر اندازه برگ ها (نمودار ۱-ب) و در نتیجه شاخص سطح برگ ذرت (نمودار ۲-ب) نداشته است که این مطلب با عدم معنی دار شدن اثر روی در جدول ۱ مورد تأیید می باشد. به نظر می رسد که در تیمار شاهد (ZnO) میزان روی قابل استفاده در خاک (۱/۴ میلیگرم در کیلوگرم خاک)، نیاز ذرت را تأمین نموده (ملکوتی و لطف الله، ۱۳۷۸) و مصرف بیشتر آن اثری بر تعداد و اندازه برگ ها، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه نداشته است.

از نمودارهای ۱-ب و ۲-ب می توان نتیجه گیری نمود که افزودن بیش از حد فسفر به خاک (P₁₅₀) موجب کاهش معنی دار در سطح تک برگ و شاخص سطح برگ ذرت (جدول ۲) گردیده که این کاهش از برگ شماره ۱۲ به بالا معنی دار می باشد. به نظر می رسد با توجه به این که میزان فسفر اولیه موجود در خاک محل اجرای آزمایش (۱۴/۵ میلیگرم در کیلوگرم) در حد کفایت بزود (ملکوتی و لطف الله، ۱۳۷۸)، افزودن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار P₂O₅ به خاک مازاد بر نیاز گیاه بوده و احتمالاً به دلیل بر هم زدن تعادل عناصر غذائی در گیاه (Anghibnoni and Barber, 1980)، کاهش حلaliت روی و جلوگیری از انتقال آن از ریشه به اندام های

کاهش نشان داد (جدول ۲ و نمودارهای ۳ و ۴). رابطه درصد نور دریافتی در کف سایه انداز ذرت و عملکرد دانه

تراکم مطلوب تراکمی است که در آن ۹۵٪ نور دریافتی جذب و تنها ۵٪ آن به کف سایه انداز گیاهی برسد. در این تراکم حداقل نور جهت فتوسترن جذب می شود و سرعت رشد محصول حداقل خواهد بود. اما در تراکم های بسیار بالا با افزایش شاخص سطح برگ بالاتر از حد مطلوب، سایه اندازی

نشاهی محیطی نسبت به سلول ها و بافت های پیرتر دارند، ولی برگ های جدید دیرتر از برگ های قدیمی ظاهر شده و بیشتر با نتش خشکی که به صورت تجمعی اثر می نماید مواجه شدند و در نتیجه کاهش بیشتری یافتد (Mayer et al., 1993). برای مثال، متوسط شاخص سطح برگ بالای بلال از ۲/۱ در تیمار I₇₀ به ۱/۱ در I₅₀ رسید که کاهشی معادل ۴۸ درصد را نشان می دهد، در حالی که متوسط شاخص سطح برگ زیر بلال از ۲/۴ در تیمار I₇₀ به ۱/۶ در I₅₀ رسید که تنها ۳۳ درصد

جدول ۱- تجزیه واریانس تعداد برگ، درصد نفوذ تشعشع فعال فتوسترنی در کف سایه انداز و شاخص سطح برگ در لایه های مختلف سایه انداز ذرت

Table 1. Analysis of variance for No. of leaves, %PAR at the bottom of the canopy and LAI in different layers

S.O.V	منابع تغیرات	درجه آزادی df	تعداد برگ No. of leaves	% تنشع فعال فتوسترنی در کف سایه انداز % PAR Bottom of the canopy		شاخص سطح برگ کل Total LAI	شاخص سطح برگ بالای بلال LAI Above ear	شاخص سطح برگ زیر بلال LAI Below ear
				Mean Square	میانگین مریعات			
R	تکرار	3	0.9	8.1	0.3**	0.3**	0.2*	
I	نش خشکی	2	23.01**	1261.5**	11.3**	6.7**	2.2**	
E	خطا	6	0.13	8.9	0.02	0.02	0.03	
Zn	روی	2	0.014	21.4	0.02	0.03	0.004	
P	فسفر	1	0.17	125.6**	0.41**	0.72**	0.33*	
IxZn	نش خشکی و روی	4	0.13	3.2	0.002	0.01	0.02	
IxP	نش خشکی و فسفر	2	0.12	7.1	0.003	0.02	0.004	
ZnxP	روی و فسفر	2	0.11	0.006	0.003	0.004	0.005	
IxZnP	خشکی روی و فسفر	4	0.13	0.42	0.004	0.002	0.006	
E	خطا	45	0.63	2.71	0.02	0.03	0.04	
C.V (%)			6.05	9.32	8.5	6.7	9.8	

* and **: به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال.

است که در این تحقیق تراکم ۷/۷ بوته در متر مربع با ۷۵ سانتیمتر فاصله میان ردیف های کاشت با توجه به ادوات کشاورزی موجود در نظر گرفته شد. چنین استنباط می شود که فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر حتی در شرایط بدون نتش، امکان استفاده از حداقل تشعشع دریافتی (۹۵ درصد) را میسر نساخته و اتفاق بخشی از نور در کف سایه انداز (بیش از ۵ درصد) اجتناب ناپذیر است. به عبارت دیگر در این آرایش کاشت و تراکم دستیابی

شدید برگ های بالائی سایه انداز بر برگ های پائینی موجب افزایش ارتفاع نقطه جبران نوری از سطح زمین و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می گردد (گاردن و همکاران، ۱۳۶۸). روند کاهش عملکرد دانه با افزایش درصد نور در کف سایه انداز ذرت در نمودار ۴- ب مشهود است. این نمودار نشان می دهد که با جذب حدود ۹۲٪ نور، یعنی رسیدن تقریباً ۸٪ نور به سطح زمین، بیشترین عملکرد دانه تولید شده است. شایان ذکر

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد برگ، درصد تشعشع فعال فتوستزی در کف سایه انداز و شاخص سطح برگ در لایه های مختلف سایه انداز ذرت در سطوح مختلف تنش خشکی، روی و فسفر.

Table 2. Mean comparison of No. of leaves, %PAR at the bottom of the canopy and LAI in different layers of corn canopy in different levels of drought stress, zinc and phosphorous

تش خشکی Drought stress	تبار Treatment		تعداد برگ No. of leaves	درصد تشعشع فعال فوستزی در کف سایه انداز bottom of the canopy		شاخص سطح برگ کل Total LAI	شاخص سطح برگ بالای بلل LAI above ear	شاخص سطح برگ زیر بلل LAI below ear
	Zinc	Phosphorous		% PAR	برگ			
I70†	Zn0	P0	16a††	9.9 ghi	4.39 a	2.07 a	2.32 ab	
I70	Zn0	P150	16 a	11.5 fgh	4.37 a	2.12 a	2.26 abc	
I70	Zn10	P0	16 a	8.8 i	4.57 a	2.15 a	2.42 a	
I70	Zn10	P150	16 a	11.1 fghi	4.44 a	2.10 a	2.34 ab	
I70	Zn20	P0	16 a	9.1 hi	4.50 a	1.95 ab	2.53 a	
I70	Zn20	P150	16 a	10.7 fghi	4.46 a	2.00 ab	2.46 a	
I60	Zn0	P0	15 b	13.2 ef	3.96 b	1.92 ab	2.04 bcd	
I60	Zn0	P150	15 b	15.0 e	3.71 cd	1.75 b	1.96 cde	
I60	Zn10	P0	15 b	12.5 efg	3.82 e	1.77 b	2.05 bcd	
I60	Zn10	P150	15 b	14.5 e	3.89 bc	1.96 ab	1.93 de	
I60	Zn20	P0	15 b	13.0 ef	3.91 bc	1.97 ab	1.94 de	
I60	Zn20	P150	15 b	14.6 e	3.57 d	1.78 b	1.89 def	
I50	Zn0	P0	14 c	19.1 cd	2.73 fg	1.20 c	1.53 g	
I50	Zn0	P150	14 c	24.1 a	2.62 g	1.05 cd	1.57 fg	
I50	Zn10	P0	14 c	18.6 d	2.76 fg	1.22 c	1.54 fg	
I50	Zn10	P150	14 c	21.3 bc	2.68 fg	1.02 cd	1.66 efg	
I50	Zn20	P0	14 c	19.8 cd	2.86 f	1.11 cd	1.75 defg	
I50	Zn20	P150	14 c	22.3 ab	2.64 fg	0.90 d	1.74 defg	

†: آبیاری زمانی که درصد رطوبت خاک به ترتیب به ۷۰ (شرایط مطلوب)، ۶۰ (تش متوسط) و ۵۰ (تش شدید) درصد ظرفیت مزروعه رسید؛ Zn₀ و Zn₁₀ و Zn₂₀ کیلو گرم Zn در هکتار؛ P₀ و P₁₅₀: به ترتیب صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلو گرم P₂O₅ در هکتار.

††: در هر متون تفاوت دو میانگین که حرف مشترک دارند در سطح احتمال ۵٪ معنی دار نیست.

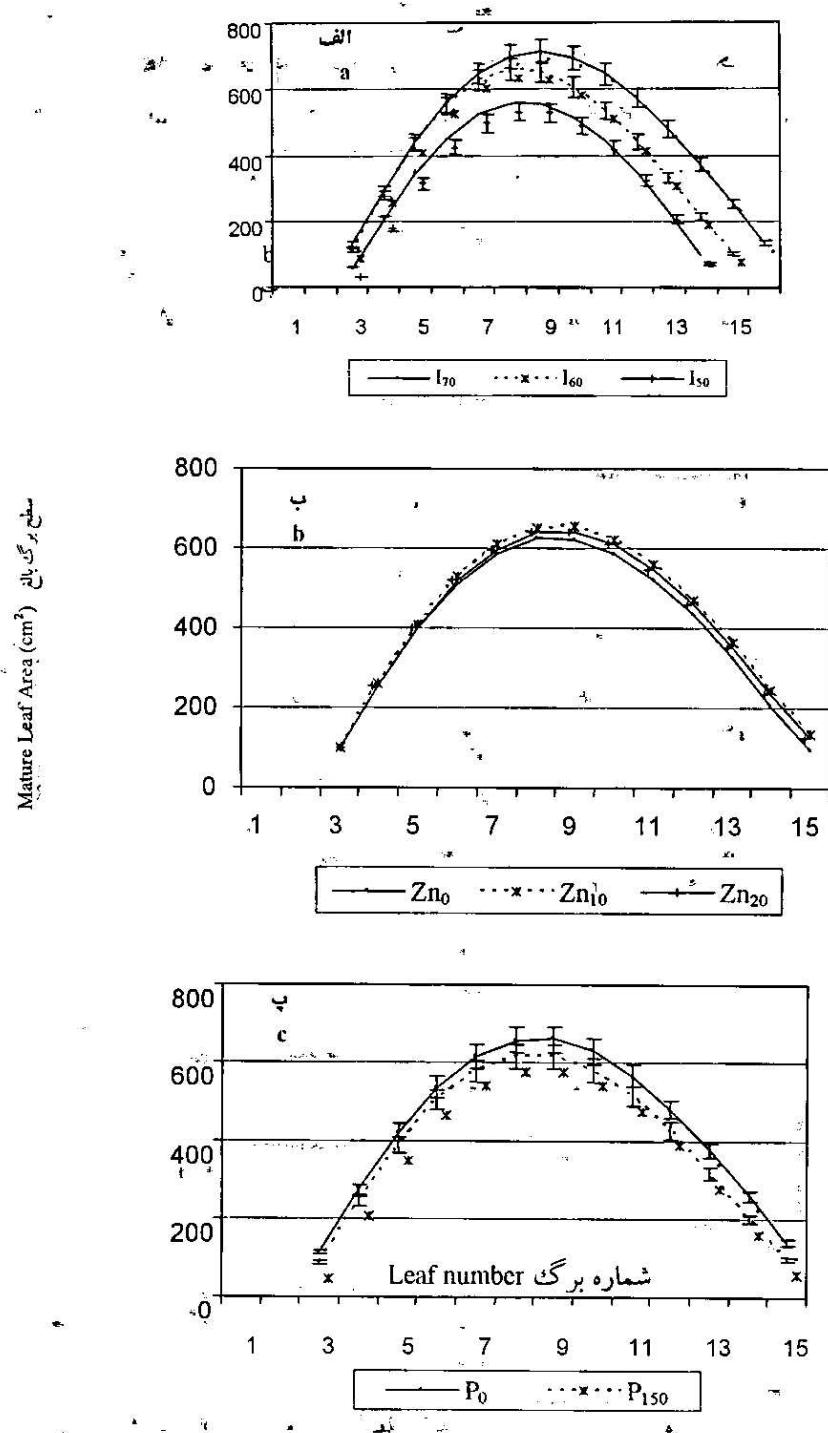
†††: I₇₀, I₆₀ and I₅₀= The plant irrigated when the soil water reached 70% (without stress), 60% (medium stress), and 50% (high stress) of FC, respectively; Zn₀, Zn₁₀ and Zn₂₀= 0, 10 and 20kg Zn/ha, respectively; P₀ and P₁₅₀, 0 and 150kg P₂O₅/ha, respectively

††Difference of means having similar letter is not significantly at the 5% level of probability.

کاهش می دهد (Ariy, 1987). هرگونه شرایط نامساعد محیطی مانند عدم تأمین آب مورد نیاز برای ذرت و یا مصرف زیاد فسفر در این آزمایش، با کاهش دادن شاخص سطح برگ در لایه های مختلف سایه انداز (جدول ۲)، و در نتیجه کاهش فتوستز و سرعت رشد محصول، موجب خارج شدن جامعه گیاهی از تراکم مطلوب شده و در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه ذرت می گردد.

به شاخص سطح برگ مطلوب و پتانسیل عملکرد دانه مقدور نمی باشد.

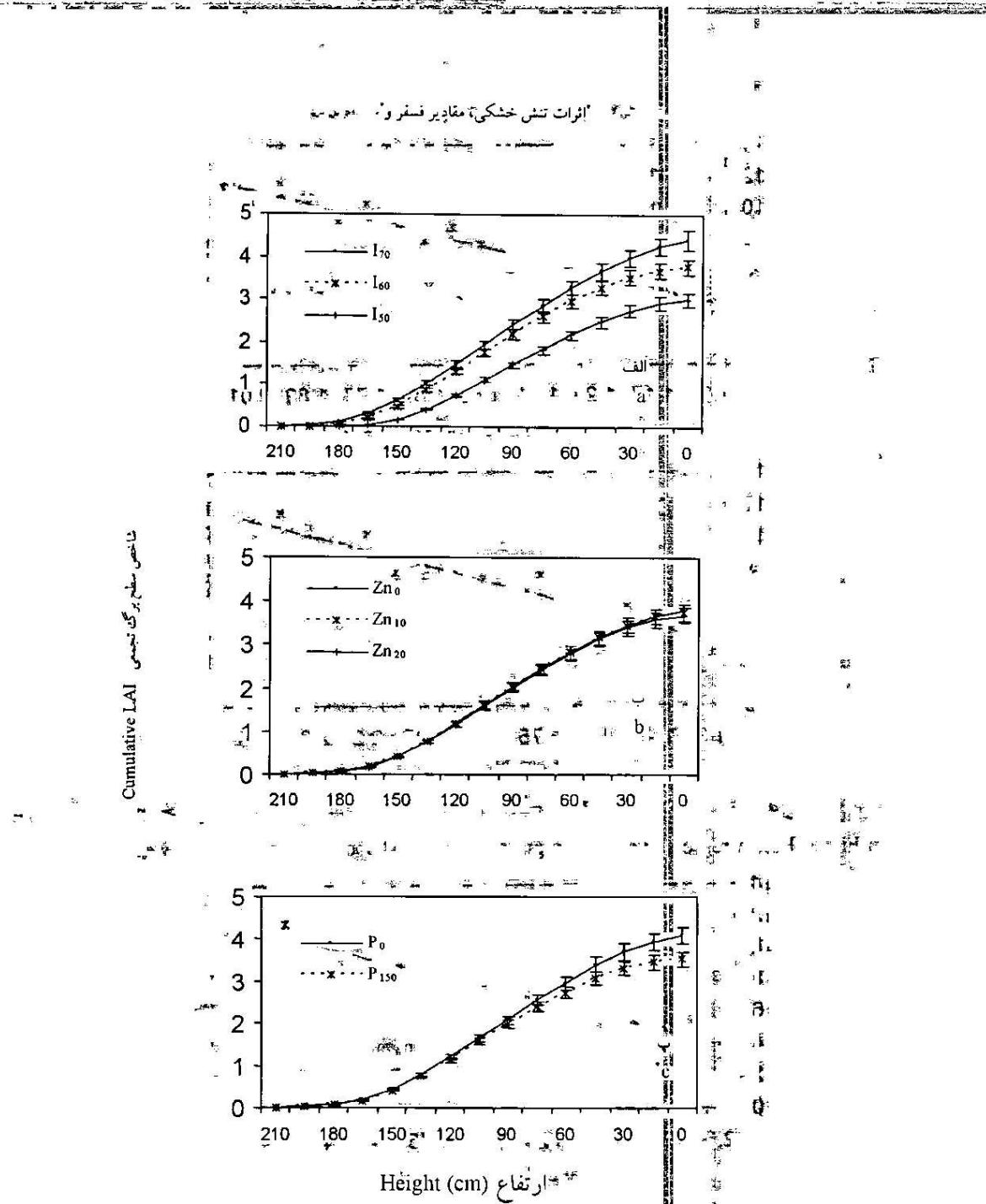
از طرف دیگر با افزایش درصد نور در سطح زمین ناشی از اعمال تنش، عملکرد دانه به صورت خطی کاهش یافت (نمودار ۴- ب)، زیرا تنش در طول دوره رشد رویشی منجر به پوچک شدن برگ ها گردیده و شاخص سطح برگ و مریزان جذب نور توسيع گیاه را



نمودار ۱- سطح سبز تک برگ های کاملاً توسعه یافته از پائین تا بالای گیاه ذرت در مرحله ظهور گل تاجی. خطوط غمودی خطای معیار مانگین در ۹۵٪ احتمال هستند.

Fig. 1. Mature leaf area of individual leaves numbered from the bottom to the top of the plant at tasseling stage.

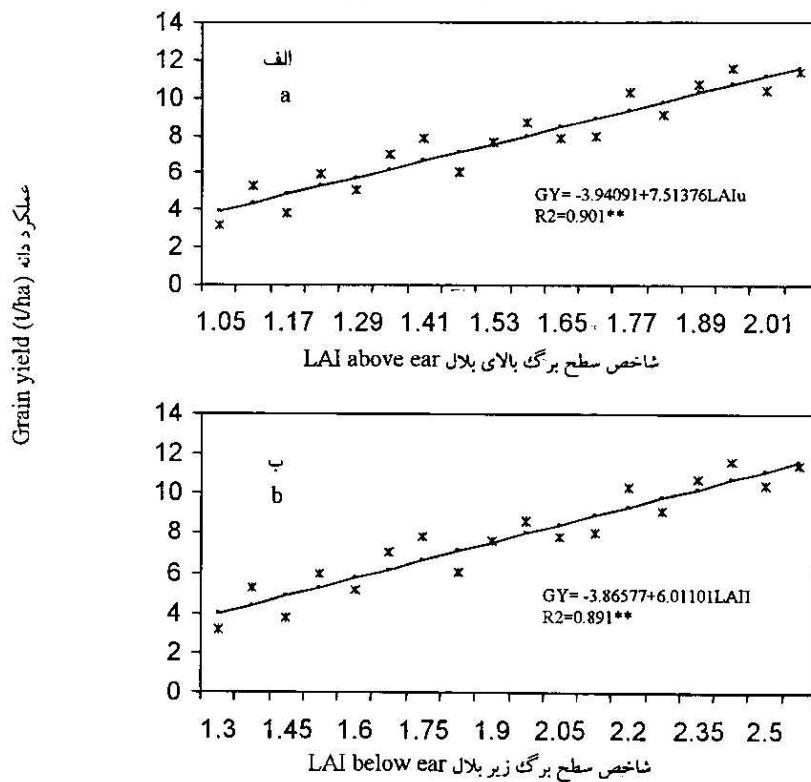
Vertical lines are standard error of means at 95% probability.



نمودار ۲- شاخص سطح برگ تجمعی از بالای گیاه تا سطح زمین به صورت تابعی از ارتفاع گیاه در مرحله ظهرور گل تاجی. خطوط عمودی خطای میانگین در ۹۵٪ احتمال هستند.

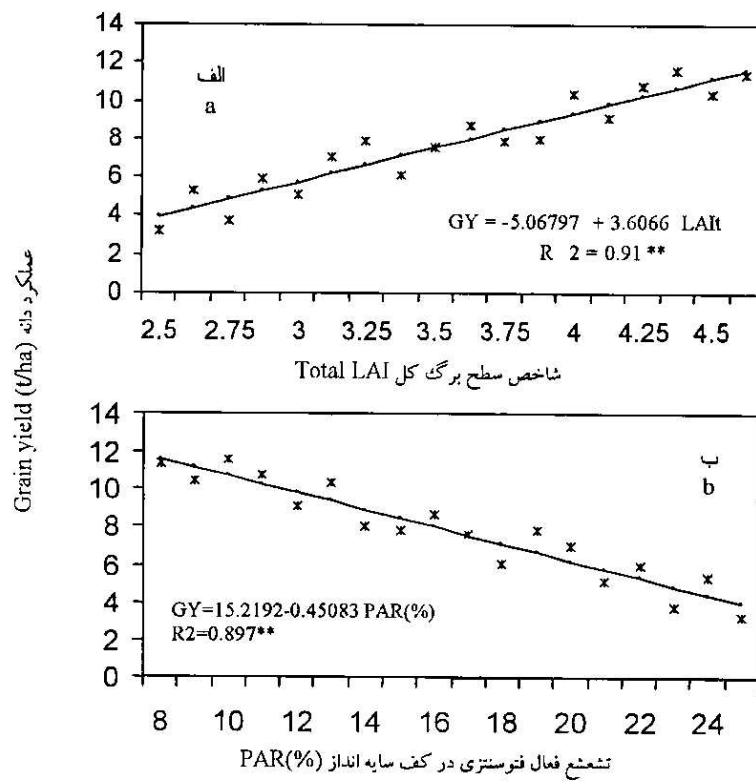
Fig. 2. Accumulated LAI from top of plant to ground level as a function of plant height at tasseling stage.

Vertical lines are standard error of means at 95% probability.



نمودار ۳- روابط خطی میان عملکرد دانه با الف: شاخص سطح برگ بالای بلال ب: شاخص سطح برگ زیر بلال

Fig. 3. Linear regressions between grain yield a: LAI above ear, b: LAI below ear



نمودار ۴- رابطه خطی میان عملکرد دانه با الف: شاخص سطح برگ کل ب: تشعشع فعال فتوستتری در کف سایه انداز (%)

در کف سایه انداز

Fig. 4. Linear regressions between grain yield a: Total LAI, b: %PAR at the bottom of the canopy

منابع مورد استفاده

References

- گارنر، اف. پی، آر. بی. پرس و آر. ال. میشل. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). غ. سرمندانی و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.
- ملکوتی، م.م. و م. آ. لطف الله. ۱۳۷۸. نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و سلامت جامعه(روی عنصر فراموش شده). نشر آموزش کشاورزی.
- Anghibnoni, I., and S. A. Barber. 1980. Predicting the most efficient phosphorus placement for corn. *Soil Sci. Soc. Ag. J.* 44:1016-1044.
- Ariy, J. M. 1987. Corn and corn improvement. Academic Press Inc., New York: P 721.
- Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf potentials. *Plant Physiol.* 46:233-235.
- Chapman, P. and M. E. Westgate. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. *Crop. Sci.* 33:279-282.
- Donald, C. M. 1968. The breeding of crop idiotypes. *Euphytica.* 17:385-403.
- Dwyer, L. M., D. W. Stewart. 1986a. Leaf area development in field grown maize. *Agron. J.* 78:334-343.
- Dwyer, L. M., D. W. Stewart, R. I. Hamilton, and L. Houwing. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agron. J.* 84:430-438.
- Eastin, J. A. 1962. Leaf position and leaf function in corn-carbon-14 labelled photosynthate distribution in corn in relation to leaf position and leaf function. p. 81-89. In proc. 24th Annual Corn and Sorghum Res. Conf.. Washington, DC.
- Edmeades, G. O., N. A. Fairey, and T. B. Daynard. 1979. Influence of plant density on the distribution of ¹⁴C-labelled assimilate in maize at flowering. *Can. J. Plant Sci.* 59:577-584.
- Heggo, A. M. and F. N. Barakat. 1994. A mycorrhizal role on phosphorus-zinc interaction in calcareous soil cultivated with corn (*Zea mays L.*). *Annals of Agricultural Science Cairo.* 39:2,595-608;26 ref.
- Hoyt, P. and R. Bradfield. 1962. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54:523-525.
- Loomis, R. S., and W. A. Williams. 1969. Productivity and the morphology of crop stands: patterns and leaves. P. 28-45. In Bavel (ed.) Physiological aspects of crop yield. CSSA and ASA. Madison. WI.
- Mckersie, B. D., and Y. Y. Leshem. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Mengell, K., and E. A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition3d. Bern: International Potash Institute.
- Meyer, S. J., K. G. Hubbard, and D. A. Willhite. 1993. A crop-specific drought index for corn: II. Application in drought monitoring and assessment. *Agron. J.* 85:396-399.
- Mock, J. J., and R. B. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica.* 24:613-623.
- Nesmith, D. S., and J. T. Ritchie. 1992. Short- and long-term response of corn to a preanthesis soil water deficit. *Agron. J.* 84:107-113.

- Nunez, R., and E. Kamperath. 1969. Relationship between response plant population and row width on growth and yield of corn. *Agron.J.* 61:278-282.
- Palmer, A. E., G. H. Heichel, and R. B. Musgrave. 1973. Patterns of translocation, respiratory loss and redistribution of ¹⁴C in maize labelled after flowering. *Crop Sci.* 13:371-376.
- Rehm, G. W., R. C. Sorensen, and R. A. Wiese. 1981. Application of phosphorus, potassium, and zinc to corn grown for grain or silage: Early growth and yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:523-528.
- Rengel Z. and R. D. Geraham. 1996. Uptake of zinc from chelate-buffered nutrient solutions by wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Journal of experimental Botany*, 47: 217-226.
- Thiagaraja, M. R., L. A. Hunt, and J. D. Mahon. 1981. Effects of position and age on leaf photosynthesis in corn (*Zea mays* L.). *Can. J. Bot.* 59:28-33.