"مجله علوم زراعی ایران"
جلد پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۲

اثرات تنش خشکی، مقادیر فسفر و روی بر توزیع عمودی سطح برگ، نفوذ نور در سایه انداز و رابطه آن ها با عملکرد دانه 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 اله نادیان[۴]

چکیده

سطح برگ و توزیع آن در سایه انداز گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تعیین کنندهٔ نفوذ نور برای فتوسنتز می باشند که تحت تأثیر میزان رطوبت و عناصرغذائی موجود درخاک قرار می گیرند . بدین منظور تحقیقی با سه میزان تنش خشکی از طریق آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به ۷۰(I_{70})، ۶۰ (I_{60}) و ۵۰ (I_{50}) درصد ظرفیت مزرعه(FC) به عنوان سطوح فاکتور اصلی و عناصر روی در سه میزان صفر (Zn_0)، ۱۰(Zn_{10}) و ۲۰ (Zn_{20}) کیلوگرم در هکتار Zn و فسفر در دو میزان صفر(P_0) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات- فاکتوریل با چهار تکرار به اجرا گذاشته شد. منحنی پلی نومیال زنگوله ای شکل رابطهٔ میان سطح تک برگ و تعداد برگ را با بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه انداز منعکس نمود. رابطهٔ میان شاخص سطح برگ (LAI) و ارتفاع گیاه درزمان ظهور گل تاجی نیز از یک معادلهٔ درجه سه پلی نومیال ($R^2 \geq 0.95$) پیروی نمود. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش سطح تک برگ، تعداد نهائی برگ و شاخص سطح برگ در ذرت می گردد. با افزایش تنش خشکی، درصد نفوذ نور(PAR) به کف سایه اندازگیاهی به طور معنی داری افزایش یافت. مصرف بیش از حد فسفر نیز تأثیری مشابه تنش خشکی ولی با شدت کمتر بر صفات یاد شده داشت . اختلاف معنی داری میان سطوح روی مشاهده نشد و اثرات متقابل نیز برای هیچ یک از صفات معنی دار نبود. رابطهٔ خطی قوی میان عملکرد دانه با شاخص سطح برگ کل، زیر بلال و بالای بلال و هم چنین درصد جذب نور در سایه انداز ذرت در زمان ظهور گل تاجی مشاهده شد.

واژه های کلیدی: ذرت، توزیع سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی، تنش خشکی، فسفر، روی.

مقدمه

میان شاخص سطح برگ و عملکرد ذرت همبستگی قوی و معنی داری وجود دارد (Nunez and Kamperath, 1969). شاخص سطح برگ و توزیع آن درون سایه انداز گیاهی فاکتورهای اصلی تعیین کننده نفوذ نهایی نور در ذرت می باشند که بر فتوسنتز،تعرق و تجمع ماده خشک اثر دارند (Dwyer et al.,1992). توزیع عمودی سطح برگ را می توان به وسیله اندازه برگ و طول میانگره تعیین نمود (Donald ,1968; Dwyer et al.,1992). اندازه برگ

تاریخ دریافت: ۱۳۸۰/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۳/۲۲

* 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
۳- استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی – تهران
۴- استاد یار مجتمع عالی کشاورزی رامین- دانشگاه شهید چمران اهواز

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

به تعداد و اندازه سلول های تشکیل دهنده برگ بستگی دارد که خود تحت تأثیر نور، رژیم رطوبتی و مقدار مواد غذایی در خاک قرار می گیرد (گاردنر و همکاران، ۱۳٦۸).

ماک و پیرس (Mock and Pearce,1975) تیپ ایده آل ذرت را با شاخص سطح برگ بیشتر از چهار تعریف نموده اند به طوری که برگ های نسبتاً عمودی در بالای بلال و برگ های نسبتاً افقی در پائین بلال جهت دریافت کامل نور به وسیلهٔ سایه انداز قرار دارند. فرضیهٔ دیگر جهت تعیین توزیع اپتیمم سطح برگ برای فتوسنتز، رشد و عملکرد دانه، مقایسهٔ سرعت فتوسنتز در سطوح مختلف درون سایه انداز گیاهی است. برگ های پائینی بلال پیر تر بوده و در سایه بیشتری نسبت به آن ها که در ارتفاع بالاتری در سایه انداز قرار دارند می باشند، و سرعت فتوسنتز کمتری حتی زمانی که در معرض تشعشع کامل قرار گیرند، دارند (Dwyer and Stewart,1986a). برگ های در مجاورت بلال دارای حداکثر میزان فتوسنتز در سایه انداز بوده و هم چنین بسیار آهسته تر پیر می شوند، یعنی حداکثر سرعت فتوسنتز خود را برای مدت طولانی تری نسبت به دیگر برگ های 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 فتوسنتزی از برگ های مختلف به دانه است (Dwyer et al., 1992). ایستین(Eastin, 1969) و ادمیدز و همکاران (Edmeades et al., 1979) اظهار داشتند که مواد فتوسنتزی عمدتاً از یک برگ به نزدیک ترین مخزن خود حرکت می کنند. برگ های بالا و پائین نزدیک بلال بیشترین مواد فتوسنتزی برای پُرکردن دانه را فراهم می سازند (Hoyt and Bradfield, 1962)، در حالی که مواد فتوسنتزی از برگ های پائین تر عمدتاً به پائین ساقه و ریشه منتقل می شود (Eastin, 1969; Palmer et al., 1973).

تنش آب معمولی ترین نوع تنش وارده بر گیاهان است و اغلب در ارتباط با کمبود طولانی رطوبت در خاک یا تنش زودگذر در روزهای گرم با تشعشع 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 برگ ها گردیده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می دهد (Ariy, 1987). به گزارش چپمن و وستگیت (Chapmane and Westgate, 1993)، کاهش سطح برگ بیشتر حاصل کاهش تعداد برگ است تا اندازهٔ هر برگ.

نسمیت و ریچی (Nesmith and Ritchi,1992) با اعمال تنش کمبود آب در دوره قبل از گرده افشانی 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 چنان چه تنش آب بعد از مرحله پنج برگی اعمال شود، تعداد کل برگ های گیاه تغییری نخواهد کرد زیرا تمایز مریستم انتهایی در مرحله فوق پایان یافته است. کوچک شدن اندازه برگ و کوتاهی فواصل میان گره ها و در نتیجه ارتفاع گیاه به کاهش رشد ناشی از تنش آب نسبت داده شده است.

فراهم بودن یک یون تحت تأثیر مقدار رطوبت خاک و سایر یون های 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 می‌باشد. کمبود روی علاوه بر زرد و ضخیم شدن برگ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

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 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 اللهی،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 (۲۹درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، ۲۱ درجه و ٤٨ دقیقه شرقی و ۱۱۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا) با استفاده از ذرت دانه ای رقم K S C ۷۰٤ انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات - فاکتوریل و با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش خشکی از طریق آبیاری بر اساس رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ (I_{70})، ٦۰ (I_{60}) و ۵۰ (I_{50}) درصد ظرفیت مزرعه (FC) در کرت های اصلی و روی در سه میزان صفر (Zn_0)، ۱۰ (Zn_{10}) و ۲۰ (Zn_{20}) کیلو گرم در هکتار Zn از منبع سولفات روی آبدار ($ZnSO_4 7H_2O$) و فسفر در دو میزان صفر (P_0) و ۱۵۰ (P_{150}) کیلوگرم در هکتار P_2O_5 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 اندازه گیری و زمان آبیاری براساس رسیدن رطوبت خاک به مقادیر مورد 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 حداکثر عمق نفوذ ریشه 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 وتهیهٔ جوی و پشته اجرا گردید. هر کرت شامل هشت ردیف شش متری با فاصله ۷۵ سانتیمتر از یکدیگر بود. بر اساس نتایج تجزیه فیزیکوشیمیائی خاک قبل از اجرای آزمایش، مقدار نیتروژن مورد نیاز ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شد و میزان فسفر و روی به ترتیب ۱٤/۵ و ۱/٤ میلیگرم در کیلوگرم خاک بود. تمام عناصر روی و فسفر و نیمی از اوره (۱۰۰ کیلو گرم 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 اللهی، ۱۳۷۸). بقیهٔ 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 دههٔ سوم اردیبهشت با دست انجام شد. در زمان تنک در مرحلهٔ چهار تا شش برگی یک بوته سالم و قوی از هر کپه نگهداری و بقیهٔ بوته ها حذف گردید و بدین ترتیب تراکم بوته به طور متوسط ٦/۷ 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 وسیلهٔ سایه انداز گیاهی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

(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 فتوسنتزی (PAR) در کف سایه انداز در زمان ظهور گل تاجی(تاسل) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شدت تشعشع فعال فتوسنتزی از نورسنج دیجیتالی (مدل LX-101) استفاده گردید. سطح برگ با استفاده از پلانیمتر اندازه گیری شد. در زمان برداشت، دو ردیف وسط هر کرت با حذف یک متر حاشیه از ابتدا و انتها 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 استنباط می گردد که با فاصله گرفتن از کف سایه انداز گیاهی تا برگ های میانی ذرت (برگ های شمارهٔ 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 بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه انداز بوده و از معادلهٔ 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 معادلهٔ درجهٔ ۳ نمائی می باشد(نمودار ۲). دویر 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 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 شمارهٔ 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 ها 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 کلیهٔ تیمارها یک برگ زیر بزرگ ترین برگ بود.

تعداد برگ با افزایش تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافت و از ۱۶برگ 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 برکاهش سطح برگ موجب کاهش تعداد برگ در اثر تأثیر سوء تنش بر تشکیل آغازه برگ گردید (Chapmane 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

تک برگ ها به تیمارهای خشکی نشان داده و با افزایش تنش کمبود آب کاهش یافت (نمودار ۲- الف). کاهش در مساحت تک برگ ها ناشی از تنش خشکی، منجر به کاهش معنی داری در شاخص سطح برگ گردید، به طوری که LAI کل از ٤/٤ در تیمار I_{70} به ترتیب به ۳/٦ و ۲/۸ در تیمارهای I_{60} و I_{50} رسید (نمودارهای ۱ و۲- الف وجدول های ۱ و۲)، زیرا تنش آب در طول دورهٔ 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; Chapmane and Westgate,1993).

نتایج نشان داد که افزایش میزان روی در خاک اثر محسوسی بر اندازهٔ برگ ها (نمودار۱- 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 تأئید می باشد. به نظر می رسد که در تیمار شاهد (Zn0) میزان روی قابل استفاده در خاک (۱/٤ میلیگرم در کیلوگرم خاک)، نیاز ذرت را تأمین نموده(ملکوتی و لطف اللهی،۱۳۷۸) و مصرف بیشتر آن اثری بر تعداد و اندازهٔ برگ ها، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه نداشته است.

از نمودارهای ۱- پ و ۲- پ می توان نتیجه گیری نمود که افزودن بیش از حد فسفر به خاک (P_{150}) موجب کاهش معنی دار در سطح تک برگ و شاخص سطح برگ ذرت (جدول ۲) گردیده که این کاهش از برگ شمارهٔ ۱۲ به بالا معنی دار می باشد. به نظر می رسد با توجه به این که میزان فسفر اولیهٔ موجود در خاک محل اجرای آزمایش(۱٤/٥ میلیگرم در کیلوگرم) در حد کفایت بود(ملکوتی و لطف اللهی،۱۳۷۸)، افزودن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 به خاک مازاد بر نیاز گیاه بوده و احتمالاً به دلیل بر هم زدن تعادل عناصر غذائی در گیاه (Anghibnoni and Barber,1980)، کاهش حلالیت روی و جلوگیری از انتقال آن از ریشه به اندام های هوائی و هم چنین ممانعت از ارتباطات همزیستی میان ریشه با قارچ های VA که خود منجر به کاهش جذب روی و دیگر عناصر می شود (Rengel and Graham,1995b) موجب کاهش اندازهٔ برگ ها و شاخص سطح برگ در ذرت گردیده است.

رابطهٔ LAI و عملکرد دانه

در نمودارهای ۳ و ٤-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 فتوسنتز کننده در گیاه می باشند، لذا افزایش شاخص سطح برگ موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفادهٔ هرچه بیشتر از نور دریافتی و تأمین اسیمیلات های لازم برای پر کردن دانه و افزایش عملکرد می گردد (گاردنر و همکاران، ۱۳٦۸). مطالعهٔ جداگانهٔ شاخص سطح برگ در بالا و پائین بلال (متوسط تیمارها) نشان داد که همبستگی قوی میان این دو لایهٔ فتوسنتز کننده با عملکرد دانه وجود دارد. برازش مناسب اعداد اندازه گیری شده حول خط برآورد شده و هم چنین ضرایب تشخیص بالا مؤید قوی بودن این همبستگی می باشند. چنین استنباط می شود که برگ های بالای بلال نسبت به برگ های پائینی، نقش اساسی تری در افزایش عملکرد دانه ایفاء نموده اند. شیب 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 تنش های محیطی در این آزمایش باشد. زیرا با وجود این که سلول ها و بافت های جوان گیاه تحمل بیشتری به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

تنش های محیطی نسبت به سلول ها و بافت های پیرتر دارند، ولی برگ های جدید دیرتر از برگ های قدیمی ظاهر شده و بیشتر با تنش خشکی که به صورت تجمعی اثر می نماید مواجه شدند و در نتیجه کاهش بیشتری یافتند (Mayer et al., 1993). برای مثال، متوسط شاخص سطح برگ بالای بلال از ۲/۱ در تیمار I_{70} به ۱/۱ در I_{50} رسید که کاهشی معادل ٤٨ درصد را نشان می دهد، در حالی که متوسط شاخص سطح برگ زیر بلال از ۲/٤ در تیمار I_{70} به ۱/٦ در I_{50} رسید که تنها ۳۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲ و نمودارهای ۳ و ٤).

رابطهٔ 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 حداکثر نور جهت فتوسنتز جذب می شود و سرعت رشد محصول حداکثر خواهد بود.

اما در تراکم های بسیار بالا با افزایش شاخص سطح برگ بالاتر از حد مطلوب، سایه اندازی

جدول ۱- تجزیه واریانس تعداد برگ، درصد نفوذ تشعشع فعال فتوسنتزی 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 of corn canopy

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	تعداد برگ No. of leaves	٪ تشعشع فعال فتوسنتزی 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 مربعات				
R	تکرار	3	0.9	8.1	0.3**	0.3**	0.2*
I	تنش 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*
I×Zn	تنش خشکی و روی	4	0.13	3.2	0.002	0.01	0.02
I×P	تنش خشکی و فسفر	2	0.12	7.1	0.003	0.02	0.004
Zn×P	روی و فسفر	2	0.11	0.006	0.003	0.004	0.005
I×Zn×P	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 ** : Signficant at the 5% and 1% levels of probability, respectively

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

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 (گاردنر و همکاران، ۱۳٦۸). روند کاهش عملکرد دانه با افزایش درصد نور در کف سایه انداز ذرت در نمودار ٤-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 است که در این تحقیق تراکم ٦/۷ 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 تنش، امکان استفاده از حداکثر تشعشع دریافتی (۹۵ درصد) را میسر نساخته و اتلاف بخشی از نور در کف سایه انداز (بیش از ۵ درصد) اجتناب ناپذیر است. به عبارت دیگر در این آرایش کاشت و تراکم دستیابی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد برگ، درصد تشعشع فعال فتوسنتزی 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

تیمار Treatment			تعداد برگ No. of leaves	درصد تشعشع فعال فتوسنتزی 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
تنش خشکی Drought stress	روی Zinc	فسفر Phosphorous					
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	3.67 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

†I_{70}، I_{60} و I_{50}: آبیاری زمانی که درصد رطوبت خاک به ترتیب به ۷۰ (شرایط مطلوب)، ۶۰ (تنش متوسط) و ۵۰ (تنش شدید) درصد ظرفیت مزرعه رسید؛ Zn_0، Zn_{10} و Zn_{20} به ترتیب صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم Zn در هکتار؛ P_0 و P_{150}: به ترتیب صفر و ۱۵۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار.

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

†I_{70}, I_{60} and I_{50}= 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 P_2O_5/ha, respectively

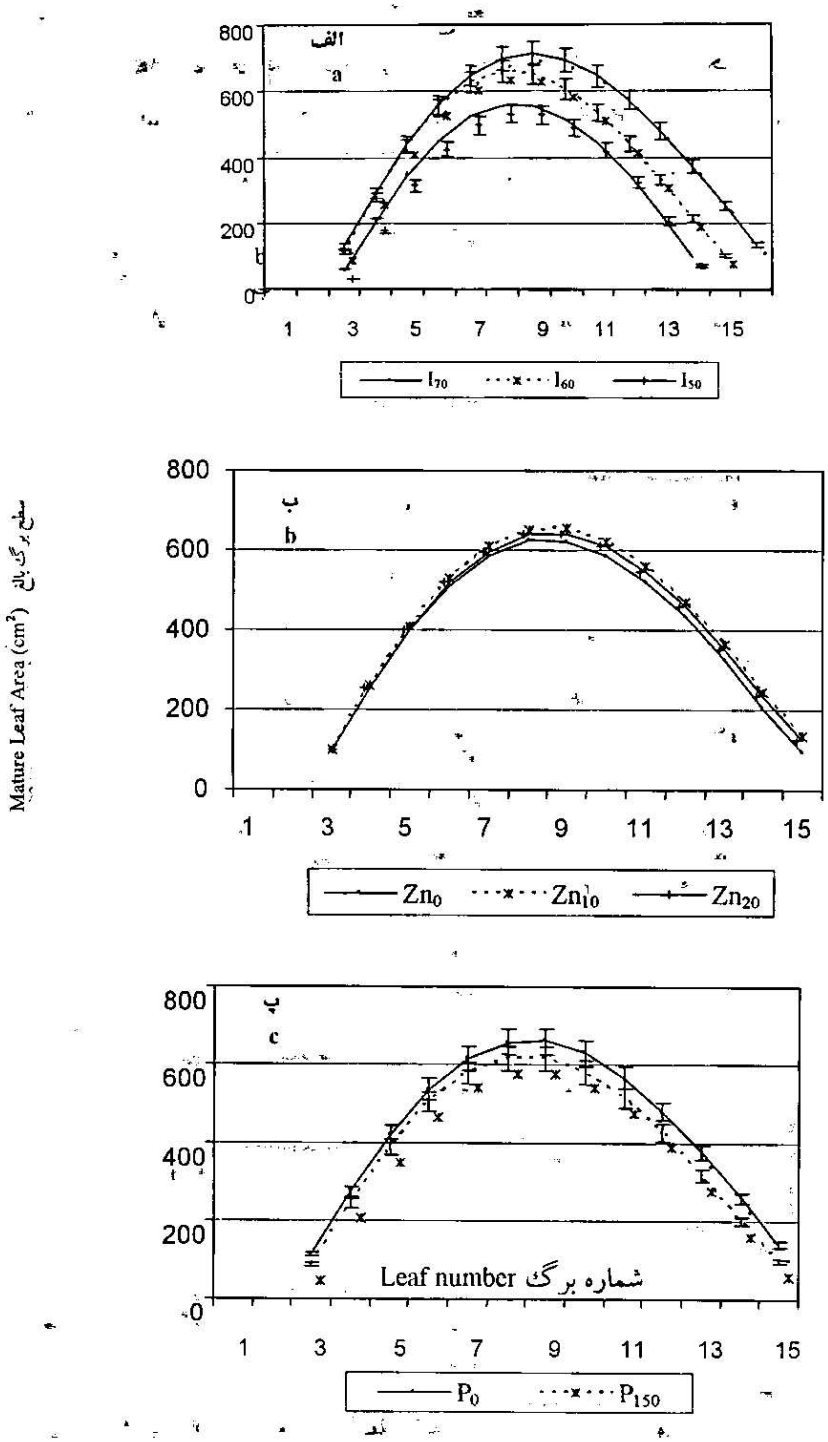
††Difference of means having similar letter is not significantly at the 5% level of probability.

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 ٤- ب)، زیرا تنش 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). هرگونه شرایط نامساعد محیطی مانند عدم تأمین آب مورد نیاز برای ذرت و یا مصرف زیاد فسفردر این آزمایش، با کاهش دادن شاخص سطح برگ در لایه های مختلف سایه انداز (جدول ۲)، و در نتیجه کاهش فتوسنتز و سرعت رشد محصول، موجب خارج شدن جامعهٔ گیاهی از تراکم مطلوب شده و در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه ذرت می گردد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

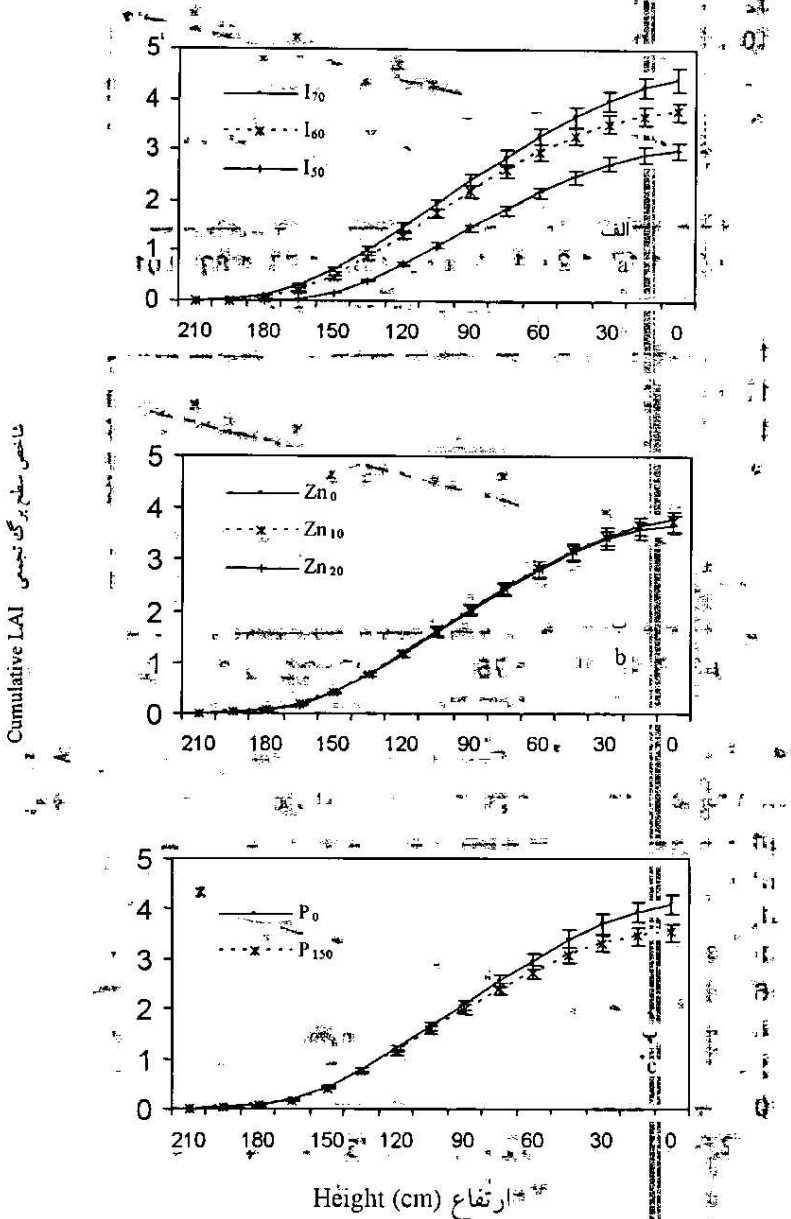


نمودار ۱- سطح سبز تک برگ های کاملاً توسعه یافته از پائین تا بالای گیاه ذرت در مرحله ظهور گل تاجی. خطوط عمودی خطای معیار میانگین در ۹۵٪ احتمال هستند.

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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

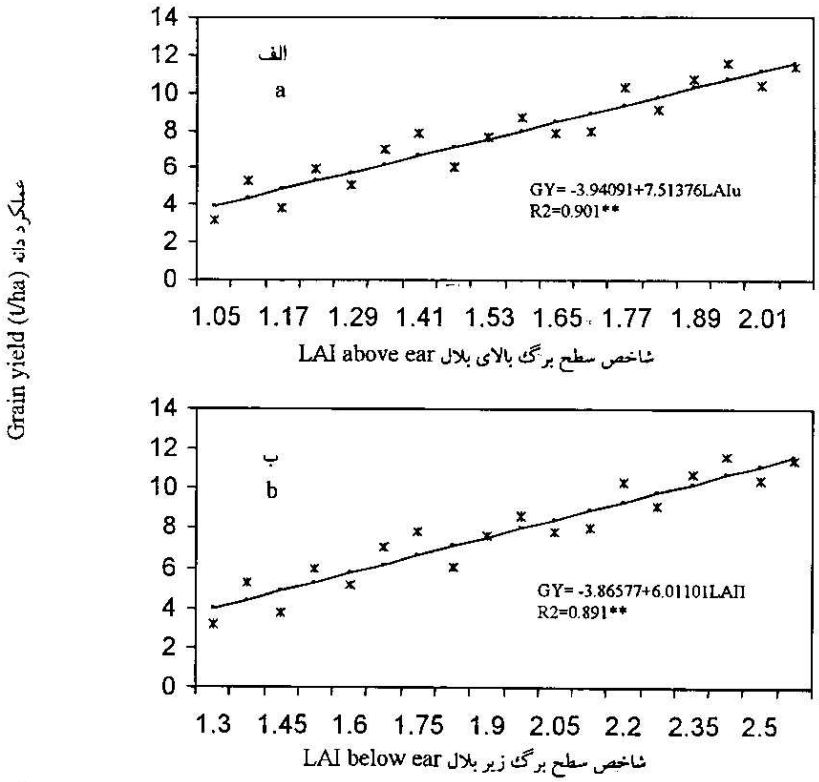


نمودار ۲- شاخص سطح برگ تجمعی از بالای گیاه تا سطح زمین به صورت تابعی از ارتفاع گیاه در مرحله ظهور گل تاجی. خطوط عمودی خطای معیار میانگین در ۹۵٪ احتمال هستند.

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.

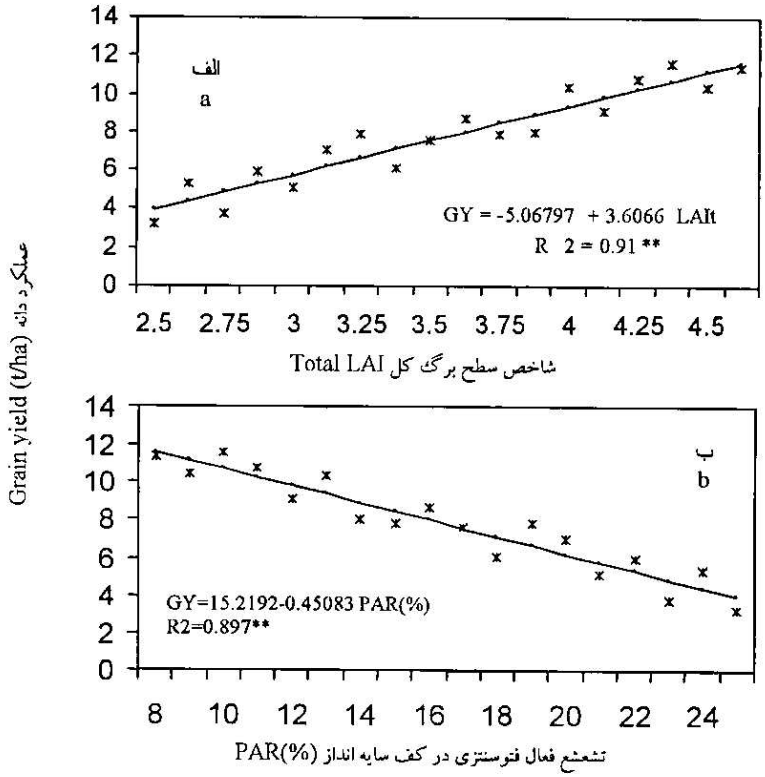
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]



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- رابطهٔ خطی میان عملکرد دانه با الف: شاخص سطح برگ کل ب: تشعشع فعال فتوسنتزی در کف سایه انداز

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

References

منابع مورد استفاده

گارنر، اف. پی، آر. بی. پیرس و آر. ال. میشل. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). غ. سرمدنیا و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.

ملکوتی،م.م. و م. آ. لطف اللهی.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.

Chapmane, 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. Laef 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 Conr., 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. Barakah.1994.A mycorrhizal role on phosphorus-zinc interaction in calcareous soil cultivated with corn (Zea mays L.).Annuals 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. Wilhite. 1993. A crop-specific drought index for corn: II. Aplication 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]

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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-20]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1382.5.1.1.9]