تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت در حضور سطح ایستابی کم‌عمق در شرایط اقلیمی اهواز

هادی رضایی راد[1*]، عبدالرحیم هوشمند[2]، عبدعلی ناصری[3] و محمدرضا سیاهپوش[4]

۱*-دانش آموخته کارشناسی ارشد-گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲-دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰٤ در طول فصل رشد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه آزمایشی شماره دو دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران در سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آبیاری شامل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت بود که از طریق تبخیر و تعرق گیاه مرجع(چمن) محاسبه شد. برای کشت از لایسیمترهای حجمی استفاده گردید. در این تحقیق عمق آب زیرزمینی در فاصله ۷۰ سانتی‌متری سطح خاک ثابت نگه داشته شد. یک لایسیمتر به عنوان تیمار شاهد با آبیاری کامل و بدون حضور سطح ایستابی مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و غلظت کلروفیل، مقادیر این شاخص‌ها در سه نوبت ٦۰، ۷٤ و ۸۸ روز پس از کشت اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که هر چه میزان تنش آبی وارده به گیاه بیش‌تر شود میزان شاخص‌های مذکور کاهش می‌یابد. بیش‌ترین میزان غلظت کلروفیل مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۵۵/۳۸ و کمترین آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد به میزان ۳۹/٦٦ می‌باشد. هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با حضور سطح ایستابی بیش‌ترین و تیمار ۵۰ درصد آبیاری کم‌ترین مقادیر را در بین سایر تیمارها داشتند. روند تغییرات غلظت این سه شاخص در طول دوره رشد نشان داد که از هفته هشتم پس از کشت تا انتهای دوره رشد ذرت هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و غلظت کلروفیل برگ ذرت کاهش می‌یابد. نتایج همچنین نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه ذرت در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد و به میزان ٤/٦۳ و کم‌ترین آن به میزان ۳/۷۲ تن در هکتار در تیمار آبیاری ۵۰ درصد بود.

کلید واژه ها: هدایت روزنه‌ای، غلظت کلروفیل، سرعت فتوسنتز، ذرت، لایسیمتر، عملکرد دانه، سینگل کراس ۷۰۴.

Effects of Drought Stress on Physiological Characteristics and Yield of Maize in The Presence of a Shallow Water Table in Ahvaz Climatic Conditions

H. Rezaii Rad[1*], A.R. Hooshmand[2], A. A. Naseri[3] and M. R. Siahpoosh[4]

1*- M. Sc. student of irrigation and drainage Engineering Department., Faculity of Water Science Engineering, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

2- Associate Professor of irrigation and drainage Engineering Department., Faculity of Water Science Engineering, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

3- Professor of irrigation and drainage Engineering Department., Faculity of Water Science Engineering, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

4- Assistant Professor of agronomy and plant breeding Department., Faculity of Agriculture, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran

Received:15 November 2014 Accepted: 28 December 2014

Abstract

In this research, in order to study the effect of deficit irrigation on the physiological indexes of maize (single cross 704), an experiment in randomized complete block design with three replicate, was performed in the experimental field of Shahid Chamran university during the year

2013.The Irrigation treatments included 100, 75 and 50 percent of the maize water requirement that was calculated through the evapotranspiration of the reference plant (grass). Volumetric lysimeter were used for the cultivation and the depth of the groundwater table was held at 70 centimeters from the soil surface. A lysimeter with complete irrigation and without the presence of water table was used as control treatment. The amount of the physiological indexes was measured 60,74 and 88 days after sowing for Determination of Stomatal conductance, photosynthesis speed and chlorophyll's density. The results showed that with increasing of water stress, the amount of the physiological indexes decreased. The maximum and minimum amount of chlorophyll's density was 55.38 and 39.66, obtained from the treatments with 100 and 50 percent of maize water requirement irrigation, respectively. The maximum and minimum amount of Stomatal conductance and photosynthesis speed obtained from treatments with 100 and 50 percent of maize water requirement irrigation, respectively. The alteration process of these three indexes during the infancy showed that from the eighth week after the cultivation till the end of the maize infancy the maize petal loophole conduction, photosynthesis velocity and the chlorophyll's density will decrease. also, the results showed that the maximum maize biomass was 4.63 ton/ha obtained from the treatment with 100 percent of maize water requirement irrigation and the minimum maize biomass was 3.72 ton/ha obtained from the treatment with 50 percent of maize water requirement irrigation.

Keywords: Stomatal conductance, Chlorophyll, Photosynthesis, Maize, Lysimeter, Grain yield, SC704.

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده که قسمت‌های مختلف آن، اعم از دانه و شاخه و برگ و حتی چوب بلال و کاکل آن استفاده می‌شود و در تغذیه انسان(۲۵–۲۰ درصد)، در تغذیه دام و طیور (۷۵–۷۰ درصد) و در امور صنعت و داروسازی (پنج درصد) مصارف فراوانی دارد(میر هادی ۱۳۸۰). بنابراین افزایش تولید و عملکرد ذرت دارای اهمیت زیادی است. از طرفی کمبود آب در اراضی فاریاب باعث تنش خشکی می‌گردد. تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده، هرساله خسارت‌های زیادی به محصولات زراعی و باغی وارد می‌نماید (صباغ پور، ۱۳۸۷). وقوع تنش کم‌آبی در گیاهان زراعی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی آن‌ها اثر می‌گذارد و در نهایت، نتیجه این فعل و انفعالات، در میزان عملکرد گیاه پدیدار می‌شود، اما میزان تأثیر تنش بر عملکرد محصول، رابطه مستقیمی با مراحل وقوع تنش دارد(چادری و کانمسا[1]، ۱۹۸۲). پاندی و همکاران[2](۲۰۰۰) گزارش کردند که کم‌آبیاری در اوایل رشد رویشی، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و سرعت رشد گیاه و ماده خشک را در گیاه ذرت به مقدار کمی کاهش می‌دهد و مرحله رشد زایشی، باعث کاهش شدید این شاخص‌ها می‌شود. خلیلی و همکاران[3](۲۰۱۳) نشان دادند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن در گیاه ذرت دارد و با افزایش میزان تنش کاهش عملکرد بیش‌تر می‌شود.

ارتک و کارا[4](۲۰۱۳) تأثیر کم‌آبیاری را بر عملکرد ذرت مورد بررسی قرار دادند. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۱۰۰ درصد نیاز آبی(آبیاری کامل)، ۸۵ درصد، ۷۰ درصد، ۵۵ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی ذرت بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین میزان تبخیر وتعرق مربوط به تیمار آبیاری کامل و کمترین آن مربوط به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. همچنین بالاترین و پایین ترین عملکرد هم به ترتیب با ۱۴۸۵۷/۷ و ۷/ ۱۱۵۱۵ تن در هکتار مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد و ۴۰ نیاز آبی بوده است.

ابراهیم و همکاران[5] (۲۰۱۳) برای بررسی اثر کم‌آبیاری بر رشد سورگوم، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل با چهار تیمار کم آبی و دو نوع خاک در مزرعه پژوهشی علوم غذایی مالزی انجام دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد که عملکرد سورگوم در رژیم‌های رطوبتی ۱۰۰ در صد و ۷۵ درصد نیاز آبی، بیشتر از رژیم‌های رطوبتی ۵۰ درصد و ۲۵ در نیاز آبی می‌باشد. در نهایت پیشنهاد کردند که با توجه به نوع خاک غالب منطقه مورد مطالعه، رژیم آبیاری ۷۵ درصد مورد استفاده قرار گیرد زیرا برهم کنش نوع خاک و این تیمار آبیاری عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشته است.

منوچهری فر و همکاران (۱۳۹۰) به منظور ارزیابی بررسی تغییرات میزان رنگیزه های فتوسنتزی گیاهچه های هفت روزه ذرت رقم ۶۴۷ تحت تأثیر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی به طور معنی دار مقدار رنگیزه های فتوسنتزی را کاهش می دهد و مقدار علظت کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. کاهش رشد گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی بواسطه محدود شدن فتوسنتز صورت می‌گیرد. عوامل

1- Chaudhuri and Kanemasa
2- Pandi *et al.*
3- Khalili *et al.*
4 -Ertek and Kara.
5 -Ibrahim *et al.*

محدودکننده‌ی فتوسنتز تحت تنش‌های محیطی به دو گروه تقسیم می‌شوند. اول عوامل محدودکننده‌ی روزنه‌ای، دوم عوامل مؤثر بر فتوسنتز مانند مقدار کلروفیل (کیچوا و همکاران[1]، ۱۹۹۴، کوردا و همکاران[2]، ۱۹۹۰)، مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو (فلکساس و مدرانو[3]، ۲۰۰۲)، می‌باشند. کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها از مهم‌ترین تأثیر خشکی بر گیاهان است(ردی و همکاران[4]، ۲۰۰۴). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. با افزایش تنش خشکی مقاومت روزنه‌ای افزایش و فتوسنتز کاهش می‌یابد(آتیا[5]، ۲۰۰۳). تنش خشکی سبب کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود همچنین تنش خشکی علاوه بر کاهش هدایت روزنه‌ای، از طریق تأثیر بر مکانیسم‌های درونی برگ از فراوری دی اکسید کربن در دسترس نیز جلوگیری می‌نماید(احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). وایس و همکاران[6] (۱۹۹۰) علت کاهش بیشتر سرعت فتوسنتز خالص در اثر کمبود آب را عدم هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها دانستند. کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای می‌تواند در سطوح بسیار پایین کمبود رطوبت خاک قبل از کاهش معنی‌دار پتانسیل آب برگ ایجاد گردد (جفریس و همکاران[7]، ۲۰۰۳).

تأثیر تنش خشکی بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل بسیار مورد توجه محققان بوده است. نتایج تحقیقات محمودیان و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که اثر رژیم رطوبتی بر هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد معنی‌دار است و بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان آن در حداکثر تنش خشکی مشاهده شد. لیوا و همکاران[8] (۲۰۰۵) گزارش کردند که وقوع تنش رطوبتی در دو مرحله آغازش غده و غده بندی در سیب‌زمینی باعث کاهش معنی‌دار در پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای این گیاه می‌گردد. احمدی و بیکر(۱۳۷۹) بیان کرد باوجود کاهش هدایت روزنه‌ای، اعمال تنش، غلظت دی اکسید کربن درون روزنه‌ای را افزایش داد که نشان می‌دهد تنش خشکی علاوه بر کاهش هدایت روزنه‌ای، از طریق تأثیر بر مکانیسم‌های درونی برگ از فراوری غلظت دی اکسید کربن در دسترس نیز جلوگیری می‌نماید. گودرزیان و همکاران(۱۳۹۱) در بررسی برخی از صفات فیزیولوژیکی ذرت در شرایط تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی اعلام کردند که گیاه در شرایط بدون تنش رطوبتی (تیمار شاهد) کمترین مقاومت روزنه‌ای را نسبت به سایر تیمارها دارد لذا هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش نسبت به تیمار شاهد مقدار کمتری را نشان می‌دهد. مرادی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که با افزایش سن گیاه مقاومت روزنه‌ای افزایش و درنتیجه هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. گودرزیان و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که با شروع تنش خشکی در ذرت میزان فتوسنتز خالص به ۷۵ درصد تیمار شاهد تنزل یافت و این کاهش در فتوسنتز با کاهش در هدایت روزنه‌ای هماهنگ بود. همچنین بیان کردند که کاهش در ظرفیت فتوسنتز تماماً به علت عوامل روزنه‌ای نیست بلکه عوامل غیر روزنه‌ای در تنش شدید خشکی در کاهش فتوسنتز برگ کارامد تر هستند. یکی از عوامل تأثیرگذار تنش خشکی بر فتوسنتز، کاهش میزان کارایی فتوسنتز از طریق افزایش فلورسانس کلروفیل است (وزان، ۱۳۷۹). کلروفیل متر غلظت نسبی کلروفیل برگ را بر اساس مقدار نور عبور کرده از برگ، در دو طول موجی که جذب کلروفیل در آن‌ها تفاوت دارد، نشان می‌دهد. کلروفیل اساس انجام فتوسنتز معرفی شده است. خشکی با کاهش محتوای کلروفیل درگیاهان می‌تواند منجر به کاهش کارایی فتوسنتز شود بنابراین بررسی تغییرات محتوای کلروفیل در گیاهان تحت شرایط تنشی را می‌توان به عنوان یکی از شاخص‌های بررسی فتوسنتز در نظر گرفت. ازآنجایی که رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئیدها) در طی پیری برگ تجزیه می‌شوند شاخص مناسبی برای تعیین درجه تنش واردشده به گیاه می‌باشد. جلیلیان و همکاران(۱۳۸۹) در بررسی واکنش برخی از ویژگی‌های دستگاه فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ به مقادیر مختلف کود نیتروژن در رژیم‌های متفاوت آبیاری به این نتیجه دست یافتند که بیشترین شاخص مقدار کلروفیل مربوط به آبیاری مطلوب بود و با تنش ملایم خشکی (تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) اختلاف معنی‌دار نداشت، اما در شرایط تنش شدید خشکی (تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) شاخص مقدار کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج آزمایش اونیل و همکاران[9] (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل برگ ذرت نشان داد که مقدار عدد کلروفیل متر در شرایط تنش رطوبتی به‌صورت معنی‌داری کمتر از رژیم آبیاری شاهد(آبیاری کامل) بود . بر اساس نظر اسکاتز و فانگمیر[10](۲۰۰۱) کاهش میزان کلروفیل ها در شرایط تنش مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و درنتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند.

با توجه به اهمیت گیاه ذرت و جایگاه ویژه آن، این آزمایش به‌منظور مطالعه تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت در حضور سطح ایستابی کم عمق در منطقه اهواز به اجرا در آمد.

1- Kicheva *et al.*
2- Kuroda *et al.*
3- Flexas and Medrano
4 - Reddy *et al.*
5- Atteya.
6 - Wise *et al.*
7 - Jefferies *et al.*
8- Liua et al.
9- O'neil *et al.*
2- Schutz and Fangmier.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. مشخصات جغرافیایی این محل ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷ متر می‌باشد. رقم مورد استفاده ذرت در آزمایش هیبرید ۷۰۴ سینگل کراس بود. دور آبیاری در این تحقیق در ابتدای کشت دو روزه بود و سپس متناسب با تکمیل مرحله ابتدائی رشد، تا زمان استقرار کامل گیاه به‌صورت پلکانی به هفت روز افزایش و پس از اعمال تیمارها به‌صورت هفتگی ادامه یافت. مقدار آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه ذرت تعیین گردید نیاز آبی گیاه ذرت با استفاده از نیاز آبی گیاه مرجع (چمن) محاسبه شد. لذا سه لایسیمتر برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاه مرجع(چمن) در نظر گرفته شد. با استفاده از ضریب گیاهی(K_c) و تبخیر و تعرق پتانسیل(ET_0)، مطابق رابطه (۱) می‌توان تبخیر و تعرق واقعی گیاه را به دست آورد:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \qquad (۱)$$

در این رابطه تبخیر و تعرق پتانسیل و تبخیر و تعرق واقعی برحسب میلی‌متر بر روز و ضریب گیاهی بدون بعد می‌باشد. تبخیر و تعرق پتانسیل از طریق اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده از لایسیمتر های مربوط به کشت چمن محاسبه شد. برای مقدار آبیاری سه تیمار، ۵۰ درصد(I_{50})، ۷۵درصد(I_{75}) و ۱۰۰ درصد نیاز آبی(I_{100}) در نظر گرفته شد.

در این تحقیق سطح آب زیرزمینی در عمق ۷۰ سانتی‌متری سطح خاک ثابت نگه داشته شد. برای تعیین اثر آب زیرزمینی بر عملکرد گیاه تیماری به عنوان تیمار شاهد با آبیاری کامل و بدون حضور سطح ایستابی[1](NGW) در نظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بنابراین با در نظر گرفتن لایسیمترهای گیاه چمن، تیمار شاهد(آبیاری کامل بدون حضور سطح ایستابی) و تیمارهای سه گانه نیاز آبی، در مجموع ۱۵ لایسیمتر به‌کار رفت. برای ساخت لایسیمترها، استوانه هایی از جنس پلی اتیلن و به قطر ۸۰ و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. برای هرکدام از لایسیمترها مطابق شکل (۱)، یک بطری ماریوت با گنجایش ۳۰ لیتر در نظر گرفته شد که از طریق شیلنگ رابط به زهکش هر لایسیمتر متصل گردید. عملکرد مشترک لوله زهکش(برای جمع آوری زه آب نفوذ عمقی) و لوله ماریوت (جهت تعیین آب زیر زمینی) موجب تثبیت سطح ایستابی در لایسیمترها می‌شد. مقدار آب مصرف شده درون مخزن مدرج سیستم ماریوت همان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه بوده است که به‌صورت هفتگی ثبت می‌گردید. در صورتی که آب آبیاری داده شده بیش از نیاز آبی گیاه بود، آب اضافی از طریق لوله زهکش خارج می‌گردید و حجم آن از آب داده شده کسر می شد تا توازن حجم رعایت شده باشد. مقدار تبخیر و تعرق واقعی گیاه در هر لایسیمتر به‌صورت هفتگی(معادل دور آبیاری) از معادله توازن حجم رطوبت که به صورت زیر است محاسبه گردید:

$$ET_a = I + R_e + G_c - D \pm \Delta W \qquad (۲)$$

که در آن:

ET_a: تبخیر و تعرق واقعی گیاه در شرایط تنش آبی و یا وجود آب زیرزمینی کم عمق، میلی‌متر

I: مقدار آب آبیاری، میلی‌متر

R_c: باران مؤثر، میلی‌متر

G_c: مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه، میلی‌متر

D: مقدار زه آب خروجی، میلی‌متر

ΔW: تغییرات رطوبت خاک در ناحیه ریشه، میلی‌متر

در رابطه فوق، مشارکت آب زیر زمینی (G_c)، از کاهش مقدار آب در مخزن بطری ماریوت قرائت شد. مقدار آب زهکشی شده(D) مقدار آبی است که در ظرف جمع آوری زه آب مربوط به هر لایسیمتر جمع آوری گردید. چون تغییرات تغییرات رطوبت خاک در ناحیه ریشه(ΔW) در طول فصل رشد در مقایسه با سایر عوامل ناچیز است (بارگاهی و موسوی، ۱۳۸۵)، بنابراین از اندازه‌گیری آن صرف نظر گردید و سایر عوامل سمت راست معادله اندازه‌گیری شد. جزء مشارکت آب زیر زمینی نیز از رابطه زیر محاسبه گردید.

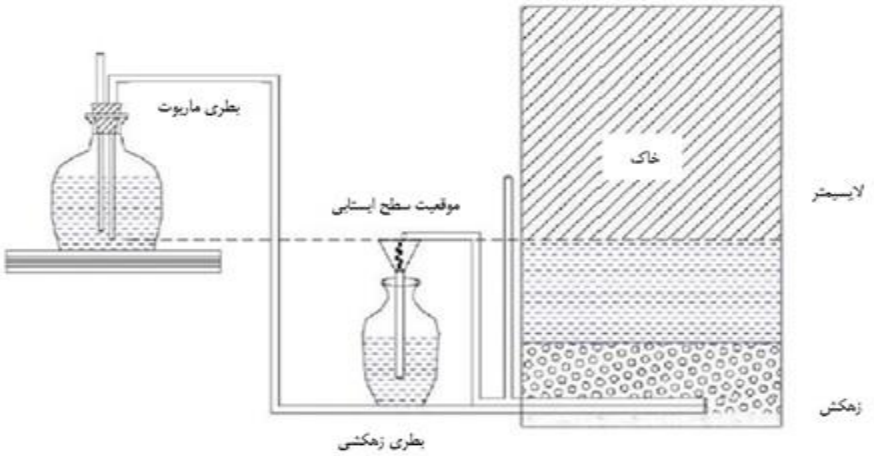
$$\text{درصد مشارکت آب} = \frac{G_c}{ET_a} \times 100 \qquad (۳)$$

نوع و ترکیب تیمارها در جدول (۱) آورده شده است. در تیمارهای آبیاری کامل و گیاه مرجع، برای اطمینان از تأمین آب مورد نیاز گیاه، حدود پنج تا ده درصد بیشتر از آب محاسبه شده به لایسیمترها داده شد. در هر لایسیمتر یک فارو ایجاد و فاصله بوته‌ها بعد از تنک کردن به ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر رسید درنتیجه تعداد بوته‌ها در هر لایسیمتر چهار عدد شد. کودهای فسفاته، پتاسیم و ازته به مقادیر ۱۰۰، ۱۰۰ و ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار، به خاک اضافه شد. ویژگی های بافت خاک در منطقه مورد آزمایش در جدول(۲) آورده شده است. همچنین در جدول (۳) به منظور بررسی وضعیت هواشناسی منطقه مورد مطالعه آمار هواشناسی شهر اهواز در سال ۱۳۹۲ که مطابق با زمان انجام آزمایش می باشد از پایگاه اینترنتی هواشناسی کشور استخراج گردید.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیکی موردنظر در سه دوره زمانی ۶۰، ۷۴ و ۸۸ روز پس از کاشت سه شاخص سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و غلظت کلروفیل به‌وسیله دستگاه‌های مخصوص در برگ ششم هر بوته اندازه‌گیری گردید. ۶۰ روز پس از کاشت برای اولین داده برداری در نظر گرفته شد چرا که تا قبل

1- None ground water

از هفته هشتم گیاه در حال رشد و توسعه ابتدایی است و هنوز به حدی رشد ننموده است که بتوان تأثیر تنش خشکی بر آن را مورد بررسی قرار داد. پس از هفته هشتم اندازه‌گیری‌ها در دوره ۱۴ روزه انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در هر لایسیمتر از سه بوته انجام شد و نهایتاً میانگین آن گزارش شد. به‌منظور اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ(میکرو مول در اکسید کربن در مترمربع در ثانیه) از دستگاه IRGA مدل LCA4 (کمپانی، ADC کشور انگلستان) استفاده شد. اندازه‌گیری در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه در قسمت میانی برگ پرچم بوته‌های تصادفی انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر (مدل ELE – انگلستان) استفاده و داده‌های مورد نیاز برداشت شد. یکی از دلایل تغییر در غلظت کلروفیل، صدمات و جراحت‌هایی است که به گیاه در حین اندازه‌گیری غلظت کلروفیل وارد می‌شود. یک روش غیر تخریبی برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل در گیاه، استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی مدل SPAD- 502 می‌باشد. برای تعیین میزان کلروفیل برگ، پس از روشن کردن دستگاه یک بار آن را بدون قرار دادن برگ در محفظه قرائت کرده تا دستگاه کالیبره شود. سپس اندازه‌گیری‌ها از سه نقطه از برگ انجام و میانگین آن‌ها توسط دستگاه ارائه می‌شود. در نهایت هم در پایان فصل کشت میزان عملکرد دانه گیاه برحسب کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد.



شکل ۱- نمایی ساده از لایسیمتر به همراه بطری ماریوت و سیستم زهکشی آن

جدول ۱- نوع و ترکیب تیمارها

	تیمار		
تکرار اول	کم‌آبیاری (۷۵درصد)	آبیاری کامل (۱۰۰درصد)	کم‌آبیاری(۵۰درصد)
تکرار دوم	کم‌آبیاری (۷۵درصد)	کم‌آبیاری (۵۰درصد)	آبیاری کامل (۱۰۰درصد)
تکرار سوم	کم‌آبیاری (۵۰درصد)	کم‌آبیاری (۷۵درصد)	آبیاری کامل (۱۰۰درصد)
شاهد	آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی	آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی	آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی

جدول ۲- ویژگی های بافت خاک در منطقه مورد مطالعه

عمق(سانتی متر)	شن(درصد)	سیلت(درصد)	رس(درصد)	بافت خاک	ρb(گرم بر سانتی متر مکعب)	θ_{FC}(درصد)	θ_{WP}(درصد)
۰-۳۰	۲۲	۵۵	۲۳	لوم سیلت	۱/۳۵	۳۴	۱۸
۳۰-۶۰	۲۱	۵۵	۲۴	لوم سیلت	۱/۵۱	۳۳	۱۸

جدول ۳- متوسط ماهانه دما و بارش ایستگاه هواشناسی اهواز در سال ۱۳۹۲

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دما(سانتی گراد)	۲۱/۷	۲۷/۳	۳۱/۶	۳۷/۴	۳۸/۶	۳۷/۳	۳۴	۲۶/۲	۲۰/۲	۱۳/۴	۱۳/۵	۱۷/۱
بارش(میلی متر)	۳/۳	۳	۲۷/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۵۸/۸	۱۳/۸	۴۱/۲	۰/۸

جدول ٤- مقایسه میانگین درصد مشارکت آب زیرزمینی بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن

درصد مشارکت آب زیرزمینی	تیمارها
۳۵/۶۰۰[a]	50 درصد (I_3)
۲۴/۶۰۰[b]	75 درصد (I_2)
۷/۳۰۰[c]	100 درصد (I_1)

جدول ٥- میانگین مربعات صفات مورد بررسی در تیمارهای آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		عملکرد دانه	میزان کلروفیل دوره اول	میزان کلروفیل دوره اول	میزان کلروفیل دوره اول	سرعت فتوسنتز دوره اول	سرعت فتوسنتز دوره دوم	سرعت فتوسنتز دوره سوم	هدایت روزنه‌ای دوره اول	هدایت روزنه‌ای دوره دوم	هدایت روزنه‌ای دوره سوم
تیمار	۳	۰/۴۳ *	۱۴۷/۱ **	۶۴/۷۴ *	۷۴/۶۳ **	۵/۵۸ **	۵/۵۴ **	۳/۱۶ **	۰/۱۹ **	۰/۱۴ **	۰/۰۲ *
خطا	۸	۰/۰۷	۱۲/۳۹۰	۱۴/۴۰	۶/۹۱	۰/۵۸	۰/۴۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۶/۳۹	۷/۱۵۳	۸/۴۴	۶/۴۹	۷/۷۶	۱/۶۳	۸/۱۲	۱۱/۴۶	۱۴/۷۴	۳۷/۵۴

جدول ٦- نتایج آزمون دانکن مربوط به عملکرد گیاه و هدایت روزنه ای

تیمارها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	هدایت روزنه‌ای (مول آب در مترمربع در ثانیه) دوره اول	هدایت روزنه‌ای (مول آب در مترمربع در ثانیه) دوره دوم	هدایت روزنه‌ای (مول آب در مترمربع در ثانیه) دوره سوم
NGW	[a]۴/۳۵	[a]۰/۵۶	[a]۰/۴۶	[a]۰/۲۰
I_{100}	[a]۴/۶۳	[a]۰/۶۰	[a]۰/۵۲	[a]۰/۲۳
I_{75}	[b]۴/۱۷	[b]۰/۲۷	[b]۰/۲۰	[b]۰/۱۲
I_{50}	[c]۳/۷۲	[c]۰/۰۷	[c]۰/۰۶	[c]۰/۰۵

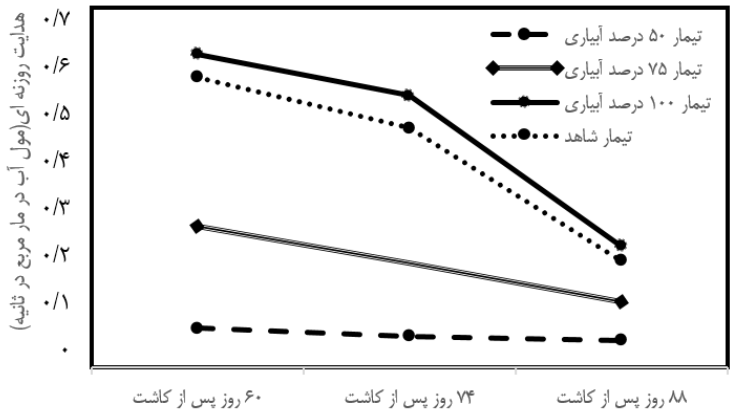
نتایج و بحث

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد و نتایج تحلیل واریانس آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف بین بلوک‌ها در تیمارها معنی دار نیست و سودمندی نسبی هم عدم تأثیرگذاری بلوک‌ها را در نتایج نشان داد لذا برای تحلیل واریانس از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد.

درصد مشارکت آب زیرزمینی

درصد مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه برای سه تیمار اصلی طرح و مقایسه آماری آن به ترتیب در جدول (۴) ارائه شده است. درصدهای ارائه شده، از متوسط مقادیر آن در هر دور آبیاری در طول فصل رشد به دست آمد. میزان درصد مشارکت آب زیرزمینی در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد۷/۳و در سطح آبیاری ۷۵ درصد، ۲۴/۶ و در تیمار ۵۰ درصد ۳۵/۶ بوده است. بیشترین مقدار مشارکت مربوطه به تیمار ۵۰ درصد به میزان ۳۵/۶ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری کامل به میزان۷/۳ درصد بوده است. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، اگر چه نیاز آبی گیاه از طریق تبخیر و تعرق گیاه چمن محاسبه شد و ۱۰۰ درصد آن در اختیار گیاه قرار گرفت، ولی باز هم گیاه از آب زیرزمینی به میزان۷/۳ درصد استفاده نمود. برای این مسأله دو احتمال وجود دارد: نیاز آبی محاسبه شده از طریق گیاه چمن تقریبی بوده و کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است و چون آب آبیاری به طور کامل دیده نشده است، گیاه کمبود آب داده شده را از آب زیر زمینی تأمین نموده است، و یا وجود آب در عمق ۰/۷ متر باعث خیز کاپیلاریته شده و در دسترس بودن آب باعث افزایش تبخیر از سطح خاک و تعرق گیاه شده باشد. گیاه در چنین شرایطی هیچ‌گونه محدودیتی از نظر آب نداشته و درنتیجه روزنه های گیاه مجبور به بسته شدن نخواهند بود. با توجه به تحقیقاتی که در گذشته صورت گرفته است احتمال دوم به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد. بنز و همکاران[1] (۱۹۸۴) مشارکت آب زیرزمینی به عمق ۰/۵ تا ۱ متر در مصرف آب گیاه یونجه را علی رغم آبیاری تا سطح ۱۳۰ درصد نیاز آبی، حدود ۲۳ درصد گزارش نمودند (آیارز و هوتمیچر[2]، ۱۹۹۴). مطابق جدول (۴) اختلاف بین تیمار ها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است و در واقع با افزایش تنش خشکی مقدار مشارکت آب زیرزمینی به شکل معنی‌دار افزایش داشته است.

1- Benz *et al.*
2- Ayars and Hutmacher



شکل ۲- روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در سه دوره زمانی ٦٠، ٧٤ و ٨٨ روز پس از کاشت در تیمارهای آبیاری

جدول ۷- نتایج آزمون دانکن مربوط سرعت فتوسنتز

تیمارها	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه) دوره اول	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه) دوره دوم	سرعت فتوسنتز (میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه) دوره سوم
NGW	^{a}۱۰/۹۵۴	^{ab}۵/۱۶	^{a}۳/۳۹
I_{100}	^{a}۱۱/۰۳	^{a}۵/۹۷	^{a}۳/۷۳
I_{75}	^{b}۹/۳۴	^{b}۴/۳۷	^{b}۲/۴۵
I_{50}	^{c}۸/۲۰	^{c}۲/۷۸	^{c}۱/۳۲

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند

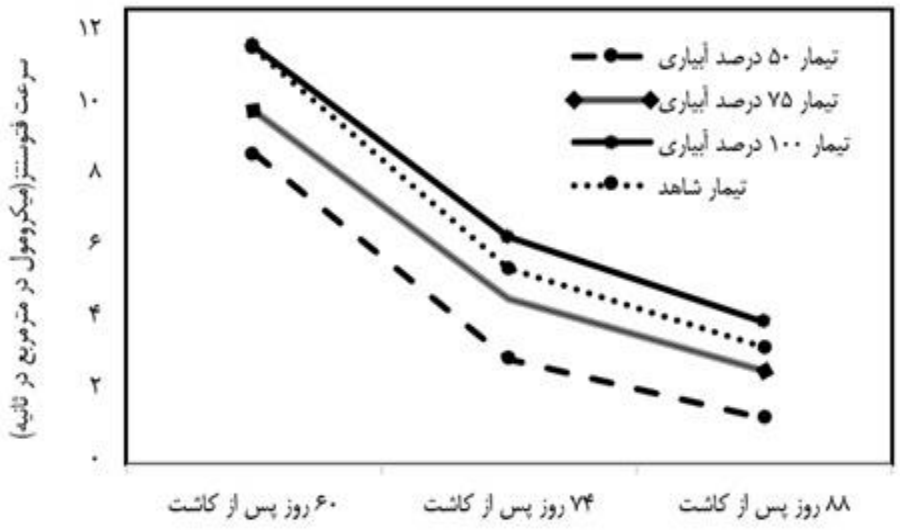
عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش بر میزان عملکرد دانه ذرت در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) اختلاف معنی‌دار را بین تیمار ۵۰ و ۷۵ درصد را نشان داد اما اختلاف بین تیمار I_{100} و NGW معنی دار نشده است این عدم معنی‌دار بودن قابل پیش‌بینی بود به این دلیل که در هر دو تیمار یادشده گیاه تمام نیاز آبی خود را دریافت کرده و تحت تنش نبوده است البته در تیمار I_{100} گیاه ۷/۳ درصد از نیاز آبی خود را از آب زیرزمینی کم‌عمق تأمین کرده است. در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، اگرچه نیاز آبی گیاه از طریق تبخیر و تعرق گیاه چمن محاسبه شد و ۱۰۰ درصد آن در اختیار گیاه قرار گرفت، ولی بازهم گیاه از آب زیرزمینی به میزان۷/۳ درصد استفاده نمود. از طرفی به دلیل اینکه صعود کاپیلاری آب زیرزمینی سبب تجمع نمک در ناحیه ریشه گیاه می‌شود، عملکرد تیمار I_{100} مقداری کاهش می‌یابد و انتظار می‌رود که تیمار شاهد که تبخیر و تعرق کمتری دارد عملکردی نزدیک به تیمار I_{100} داشته باشد. اختلاف معنی دار بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد با توجه به اعمال تنش خشکی منطقی است که نتایج آزمون دانکن این معنی‌دار بودن را نشان داد. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با مقدار ۴/۶۳ تن در هکتار و کم‌ترین عملکرد در تیمار ۵۰ درصد با مقدار ۳/۷۲ تن در هکتار مشاهده شد. تیمار شاهد با مقدار ۴/۳۵ و تیمار ۷۵ درصد با مقدار ۴/۱۷ تن در هکتار پس از تیمار ۱۰۰ درصد بیش‌ترین عملکرد را داشتند. به‌طورکلی اعمال تنش باعث کاهش ۱۹/۶ درصدی عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل شد تیمار ۷۵درصد و شاهد به ترتیب با ۹/۸ و ۶/۰۵ درصد کاهش محصول مواجه شدند. تنش خشکی با تأثیر منفی بر رشد و نمو اندام‌های زایشی ذرت موجب کاهش اجزای عملکرد و به موازات آن کاهش عملکرد دانه ذرت شدند. ارتک و کارا(۲۰۱۳) و ابراهیم و همکاران (۲۰۱۳)به نتایج مشابهی دست یافتند.

هدایت روزنه‌ای

با توجه به نتایج تحلیل واریانس (جدول ۵) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد در میزان هدایت روزنه‌ای در تیمارهای مختلف آبیاری وجود داشت. در جدول (۶) مقادیر شاخص‌ها و نتایج آماری مقایسه میانگین تیمارهای مختلف، آمده

است. در اولین دوره اندازه‌گیری این شاخص (۶۰ روز پس از کاشت) بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار ۱۰۰درصد (I_{100}) و به میزان ۰/۶۰۸ مول آب در مترمربع در ثانیه و کم‌ترین آن در تیمار ۵۰درصد(I_{50}) و به میزان ۰/۰۷۷ مول آب در مترمربع در ثانیه بوده است. تیمار ۷۵ درصد و شاهد هم به ترتیب هدایت روزنه‌ای به مقدار ۰/۲۷ و ۰/۵۶ مول آب در مترمربع در ثانیه داشته‌اند. نتایج این جدول نشان می‌دهد اختلاف معنی‌داری بین تیمار I_{100} و شاهد وجود ندارد آزمون دانکن اختلاف معنی دار بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد را در سه دوره ۶۰، ۷۴ و ۸۸ روز پس از کشت نشان می‌دهد. روند تغییرات هدایت روزنه‌ای نشان می‌دهد که هرچه میزان تنش آبی بیشتر شود هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. بسته شدن روزنه از اولین پاسخ‌های گیاه به تنش خشکی می‌باشد و به نظر می‌رسد که عمده‌ترین دلیل کاهش فتوسنتز در اثر تنش خشکی باشد. بسته شدن روزنه ممکن است قابلیت دسترسی به دی اکسید کربن را برای روزنه محدود کند. عمده تفاوت‌های مشاهده شده در هدایت روزنه‌ای بین تیمارهای رطوبتی احتمالاً ناشی از اقدام گیاه به بستن روزنه‌های برگ بوده تا از هدر روی آب جلوگیری شود. بنابراین با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه هدایت روزنه‌ای خود را در سطح حداکثر نگه می‌دارد ولی با تداوم دوره خشکی اقدام به کاهش اندازه روزنه‌های خود و در نهایت بستن آن‌ها می‌نماید. ازآنجایی‌که تداوم باز بودن روزنه‌ها به آماس سلول‌های محافظ روزنه که خود آن‌ها نیز جزئی از بافت برگ می‌باشند وابسته است، لذا کاهش در میزان محتوای نسبی آب برگ می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای بین رژیم‌های مختلف رطوبتی باشد. محمودیان و همکاران (۱۳۹۰) به نتایج مشابهی دست یافتند. در دوره دوم یعنی ۷۴ روز پس از کاشت ذرت با توجه به جدول (۵) و (۶) اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. در این دوره بیشترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد(I_{100}) آبیاری با مقدار۰/۵۲۸ مول آب در مترمربع در ثانیه می‌باشد. مقدار هدایت روزنه‌ای در تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه۰/۲ و ۰/۰۶ مول آب در مترمربع در ثانیه می‌باشد. در این دوره (۷۴ روز پس از کاشت) مقدار آبیاری و درصد تأمین نیاز آبی گیاه با مقدار هدایت روزنه‌ای رابطه مستقیم دارد. در دوره سوم یعنی ۸۸ روز پس از کاشت ذرت، اختلاف بین تیمارها در سطح ۵درصد معنی‌دار شده است (جدول۵). در این دوره هدایت روزنه‌ای تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با مقدار ۰/۲۳۶ ، تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ۰/۱۲۷ و تیمار ۵۰ درصد برابر۰/۰۵۳ مول آب در مترمربع در ثانیه می‌باشد. لذا هرچه از هفته هشتم پس از کشت به سمت انتهای زمان کشت ذرت نزدیک شده، میزان هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد (شکل۲). روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در سه دوره زمانی اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار غلظت کلروفیل در این سه دوره هفته هشتم پس از کشت می‌باشد و پس‌ازآن هرچه به انتهای دوره رشد ذرت نزدیک‌تر شده، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. مرادی و همکاران (۱۳۸۴) به نتایج مشابهی با این تحقیق دست یافتند.



روند تغییرات سرعت فتوسنتز در سه دوره زمانی ٦٠، ٧٤ و ٨٨ روز پس از کاشت در تیمارهای آبیاری

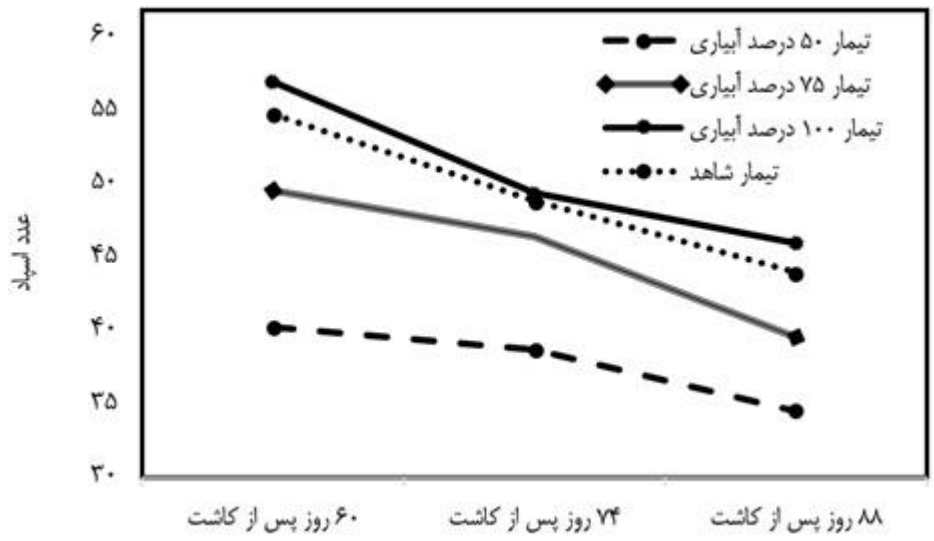
سرعت فتوسنتز

با توجه به نتایج تحلیل واریانس (جدول ۵)، مشاهده گردید اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین سطوح مختلف آبیاری وجود دارد. در جدول (۷) مقادیر شاخص‌ها و نتایج آماری مقایسه میانگین تیمارهای مختلف، ذکر شده است که نشان می‌دهد ۶۰ روز پس از کاشت ذرت بیشترین میزان سرعت فتوسنتز در تیمار ۱۰۰درصد و به میزان ۱۱/۰۳۴ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه و کمترین آن در تیمار۵۰درصد و به میزان ۸/۲ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه بوده است. سرعت فتوسنتز در تیمار۷۵درصد و شاهد هم به ترتیب برابر ۹/۳۴ و ۱۰/۹۵ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه بود. با بررسی روند تغییرات سرعت فتوسنتز چنین به نظر می‌رسد که هرچه میزان تنش آبی بیشتر شود سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد. فتوسنتز تعیین کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است با افزایش تنش خشکی فتوسنتز کاهش می‌یابد. با افزایش تنش خشکی مقاومت روزنه‌ای بیش‌تر شده درنتیجه میزان سرعت فتوسنتز کاهش یافته و عملکرد گیاه تقلیل می‌یابد که این کاهش در فتوسنتز با کاهش در هدایت روزنه‌ای هماهنگ بود. گودرزیان و همکاران (۱۳۹۱) هم به نتایج مشابهی دست یافتند.

در دوره دوم یعنی ۷۴ روز پس از کاشت ذرت با توجه به جدول(۵) و (۷) اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. در این دوره بیشترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با مقدار۵/۹۷ و پس‌ازآن تیمار آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی با مقدار۵/۱۶ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه می‌باشد. مقدار سرعت فتوسنتز در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه۴/۳۷ و در تیمار ۵۰ درصد برابر۲/۷۸ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه می‌باشد. نتایج جدول (۵) اختلاف تیمارها در دوره سوم در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. آزمون دانکن نشان داد که در دوره سوم اختلاف بین تیمار شاهد و ۱۰۰ درصد معنی دار نیست. تیمار آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند. سرعت فتوسنتز در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری ۳/۷۳ و تیمار آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی ۳/۳۹ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه می‌باشد. مقدار این شاخص در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه۲/۴۶ و در تیمار ۵۰ درصد برابر۱/۲۸ میکرومول دی اکسید کربن در مترمربع در ثانیه می‌باشد.

جدول ۸- نتایج آزمون دانکن مربوط به عدد کلروفیل

تیمارها	میزان کلروفیل دوره اول	میزان کلروفیل دوره دوم	میزان کلروفیل دوره سوم
NGW	^{ab}۵۳/۳۶	^{a}۴۷/۷۵	^{ab}۴۳/۱۷
I_{100}	^{a}۵۵/۳۸	^{a}۴۸/۲۷	^{a}۴۵/۶۱
I_{75}	^{b}۴۸/۴۱	^{b}۴۵/۴۸	^{b}۳۸/۹۸
I_{50}	^{c}۳۹/۶۶	^{c}۳۸/۲۰	^{c}۳۴/۲۵



شکل ٤- روند تغییرات عدد کلروفیل در سه دوره زمانی ٦٠، ٧٤ و ٨٨ روز پس از کاشت در سه تیمار آبیاری

برگ، عضو اصلی در فتوسنتز گیاه محسوب می‌شود لذا در شرایط تنش گیاه با اعمال تغییراتی از جمله جمع‌کردن برگ و کم‌کردن سطح برگ در مقابل تنش وارده مقاومت کند؛ لذا هرچه مقدار تنش و مدت زمان بروز تنش بیشتر شود، برگ که عامل اصلی در انجام فتوسنتز است، تحت تأثیر قرار گرفته و روند کاهشی در مقدار فتوسنتز در مقایسه با تیمار آبیاری کامل مشاهده می‌شود. درنهایت با بررسی مقادیر قرائت شده از دستگاه گازآنالایزر در دوره‌های مختلف می‌توان دریافت که هرچه از هفته هشتم پس از کشت به سمت انتهای زمان کشت ذرت نزدیک کلروفیل متر میزان نسبی کلروفیل برگ را بر اساس مقدار نور عبور کرده از برگ، در دو طول موجی که جذب کلروفیل در آن‌ها تفاوت دارد، نشان می‌دهد. کلروفیل اساس انجام فتوسنتز معرفی شده است. خشکی با کاهش محتوای کلروفیل درگیاهان می‌تواند منجر به کاهش کارایی فتوسنتز شود؛ بنابراین بررسی تغییرات محتوای کلروفیل در گیاهان تحت شرایط تنشی را می‌توان به عنوان یکی از شاخص‌های بررسی فتوسنتز در نظر گرفت. با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف آبیاری در عدد اسپاد وجود دارد. در جدول (۸) مقادیر شاخص‌ها و نتایج آماری مقایسه میانگین تیمارهای مختلف، ذکر شده که نشان می‌دهد در اولین دوره اندازه‌گیری این شاخص (۶۰ روز پس از کاشت) بیشترین میزان عدد اسپاد درتیمار ۱۰۰درصد و به میزان ۵۵/۳۸ و کمترین آن در تیمار۵۰درصد و به میزان ۳۹/۶۶ بوده است. روند تغییرات عدد اسپاد نشان می‌دهد که هرچه میزان تنش آبی بیشتر شود عدد اسپاد که همبستگی بالایی با غلظت کلروفیل برگ دارد، کاهش می‌یابد. تیمار آبیاری کامل بدون حضور آب زیرزمینیبا مقدار عدد کلروفیلی برابر ۵۳/۳۶ بعد از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد بیش‌ترین مقدار را دارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. کاهش میزان کلروفیل ها در شرایط تنش مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن در سلول است. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و درنتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند. نتایج تحقیقات منوچهری فر و همکاران(۱۳۹۰) هم به نتایج مشابهی دست یافتند.

در دوره دوم یعنی ۷۴ روز پس از کاشت ذرت با توجه به جدول های (۵) و (۸) اختلاف بین تیمارها در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. در این دوره بیشترین میزان عدد کلروفیل مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با مقدار ۴۸/۲۸ و پس‌ازآن تیمار آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی با مقدار ۴۷/۷۵ می‌باشد. مقدار عدد کلروفیل متر در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ۴۵/۴۸ و در تیمار ۵۰ درصد برابر ۳۸/۲ می‌باشد؛ که در این دوره (۷۴ روز پس از کاشت) هم مقدار آبیاری و درصد تأمین نیاز آبی گیاه با مقدار عدد اسپاد رابطه مستقیم دارد. با آبیاری بیش‌تر کلروفیل متر عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد. در دوره سوم یعنی ۸۸ روز پس از کاشت ذرت اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۵). تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با مقدار۴۵/۶۱ بیش‌ترین مقدار عدد کلروفیل متر و پس‌ازآن تیمار آبیاری کامل بدون آب زیرزمینی با مقدار ۴۳/۱۷ می‌باشد. مقدار عدد کلروفیل متر در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ۳۸/۹۹ و در تیمار ۵۰ درصد برابر ۳۴/۲۵ می‌باشد.

با بررسی مقدار عدد قرائت شده از دستگاه کلروفیل متر در دوره‌های مختلف می‌توان دریافت که هرچه از هفته هشتم پس از کشت به سمت انتهای زمان کشت ذرت نزدیک می‌شویم شاخص اسپاد کاهش می‌یابد (شکل۴). در واقع روند تغییرات عدد اسپاد در سه دوره زمانی اندازه‌گیری شده حاکی از آن است که بیشترین مقدار غلظت کلروفیل در این سه دوره هفته هشتم پس از کشت بوده و پس‌ازآن هرچه به انتهای دوره رشد ذرت نزدیک‌تر شده غلظت کلروفیل و درنتیجه فعالیت‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد. ذرت در دوره رشد زایشی فعالیت‌های فتوسنتزی خود را کاهش داده و کاهش میزان کلروفیل برگ در اثر پیری ناشی از تنش خشکی در این دوره از رشد گیاه می‌باشد. تنش خشکی باعث تحریک پیری (زرد شدن برگ‌ها) و درنتیجه کاهش کلروفیل می‌شود. لذا تنش خشکی و درنتیجه پیری برگ سبب شد تا از هفته هشتم به بعد میزان کلروفیل برگ کاهش یابد. احمدی و همکاران (۱۳۷۹) نتایج مشابهی را گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش میزان عملکرد دانه ذرت می‌شود و این کاهش عملکرد با افزایش تنش خشکی رابطه مستقیم دارد همچنین بررسی‌ها نشان داد هرچه از هفته هشتم پس از کشت به سمت انتهای زمان کشت ذرت نزدیک می‌شویم شاخص اسپاد، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. روند تغییرات این شاخص‌ها در سه دوره زمانی اندازه‌گیری شده(۶۰، ۷۴ و ۸۸ روز پس از کاشت) حاکی از آن است که بیشترین مقدار این شاخص‌ها در این سه دوره هفته هشتم پس از کشت می‌باشد و پس‌ازآن هرچه به انتهای دوره رشد ذرت نزدیک‌تر شده، غلظت کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و درنتیجه فعالیت‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد. این کاهش ناشی از پیری گیاه در اثر بروز تنش خشکی می‌باشد به این معنا که از هفته هشتم به بعد گیاه به سمت پیری و زرد شدن برگ‌ها می‌رود لذا

میزان کلروفیل برگ و درنتیجه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش میزان هدایت روزنه‌ای هم در اثر افزایش مقاومت روزنه‌ای ناشی از تنش خشکی در طی فصل رشد و کاهش میزان آماس سلول ناشی از تنش خشکی می‌باشد.

منابع

۱- احمدی، ج. ، زینالی خانقاه .ح. و م . رستمی . ۱۳۷۹. بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای تجارتی ذرت دانه‌ای ، مجله علـوم کشـاورزی ایـران. ۳(۴): ۱۷۵-۱۸۹.

۲- احمدی، ع . و د . آ. بیکر، ۱۳۷۹ . عوامل روزنه‌ای وغیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز درگندم درشرایط تنش خشکی . مجله علوم کشاورزی ایـران. ۳۱(۴): ۸۱۳ -۸۲۵.

۳- بارگاهی ، خ و س. ع. موسوی . ۱۳۸۵. تـأثیر سـطح ایسـتابی کـم عمـق و شـوری آب زیرزمینـی بـر کمـک آب زیرزمینـی بـه تبخیـر و تعـرق گلرنـگ (Carthamus tinctorius L.) در گلخانه. مجله علوم آب و خاک علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.اصفهان. ۱۰(۳):۵۹-۷۰.

۴- جلیلیان، ع. قبادی، ر. و ا.فرنیا. ۱۳۸۹. بررسی واکنش برخی از ویژگی های دستگاه فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ ذرت دانه ای سینگل کـراس ۷۰۴ به مقادیر مختلف کود نیتروژن در رژیم های متفاوت آبیاری. پنجمین همایش ملی ایده هـای نـو در کشـاورزی، دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد خوراسـگان، اصفهان . ۲۷-۲۸ بهمن ماه.

۵- صباغ پور، س. ح. ۱۳۸۷. شاخص‌ها و معیارهای تحمل به خشکی در گیاهان. خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کـرج،۳۰- ۲۸ مرداد ماه.

۶- گودرزیان، م.، منصوری فر، س. و م. سعیدی. ۱۳۹۱.بررسی برخی از صفات فیزیولوژیکی هیبرید هـای مختلـف ذرت در شـرایط تـنش خشـکی در مراحـل رویشی و زایشی، دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۷- محمودیان، م .، اسماعیل زاده، م . و م . نصری. ۱۳۹۰. پاسخ تاج پوشش، کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای و عملکـرد ارقـام گنـدم نـان بـه تـنش خشـکی. فصلنامه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۲):۱۴۴-۱۵۸

۸- مرادی, ع. احمدی، ع و م. وجودی. ۱۳۸۴. عکس العمل فتوسنتز و هدایت روزنه ای ماش به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل مختلف رشدی. اولـین همایش ملی حبوبات، مشهد، ۲۹-۳۰ آبان ماه.

۹- منوچهری فر، پ .،لاری زاده، ح. و ب، زاجی.۱۳۹۰. بررسی تغییرات میزان رنگیزه های فتوسنتزی گیاهچه های ۷روزه ذرت رقـم ۶۴۷ تحـت تـأثیر تـنش خشکی و سالیسیلیک اسید. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۵ صفحه.

۱۰- میرهادی، م. ج. ۱۳۸۰. ذرت. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. کرج. ۲۱۴ صفحه.

۱۱- وزان، س.۱۳۷۹. ارزیابی راندمان فلئورسانس کلروفیل و فتوسنتز تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش. پایان نامه دکتـری. دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد علوم تحقیقات. ۲۶۵ صفحه.

12- Atteya, A.M. 2003. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. Journal of Plant Physiology. 29: 63-76.

13- Ayars, J. E. and R.B. Hutmacher. 1994. Crop coefficients for irrigation cotton inthe presence of groundwater. Irrigation Science. 15(1):45-52.

14- Benz, L.C. Doering, E.J. and G.A. Reichman. 1984. Watertable and irrigationeffects on corn and sugarbeet. Paper No. 84-2624, Presented at 1984 Winter Meeting of American Society of Agricultural Engineers New Orleans, Louisiana, 16 p.

15- Chaudhuri, N.V. and E.T. Kanemasa. 1982. Effects of water gradient on sorghum growth. water relations and yield. Canadian Journal of Plant Scince. 62:599-607.

16- Ertek, A. and B, Kara. 2013. Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. Agricultural Water Management. 129: 138– 144

17- Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C3–plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany, 183:183-189.

18- Ibrahim, W. Adzemi , M.A. and W.S Wan Zaliha.2013.Effects of regulated deficit irrigation on growth of sorghum cultivar. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare.15(3):33-38.

19- Jeffries, P. Gianinazi, S. perotto, S. Turnau, K. and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biolgy Fertility Soils. 37:1-16.

20- Khalili, M. Naghani, M.R. Pour Aboughadereh, A. and H. Naseri Rad. 2013. Effects of drought stress on yield and yield components in maize cultivars (Zea mays L.). International Journal of Agronomy and Plant Production.4 (4): 809-812.

21- Kicheva, M.L. Tsonev, T.D. and L.P. Popova. 1994. Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica. 30: 107-116

22- Kuroda, M, Qzawa, T. and H. Imagawa. 1990. Changes in chloroplast peroxidase activity in relation to chlorophyll loss in barley leaf segments. Plant Physiology. 80: 555-560.

23- Liua, F. Jensena, C. Shahanzaria, A. Andersenb, M. and N. Jacobsen. 2005. ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (Solanum tuberosum L.) during progressive soil drying. Plant Science. 168: 831–836.

24- O'neill, P. Shanahan, J.F. and J.S. Schepers. 2006. Use of chlorophyll fluorescence differentiates corn hybrid response to variable water conditions. Crop Science. 46: 681-687.

25- Pandey, R.K. Marien ville, J.W. and A. Adum. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. Grain yield components. Agriculture Water Mangement. 46:1-13.

26- Reddy, A.R. Chaitanya, K.V. and M. Vivekanandan. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161(11): 1189-1202.

27- Schutz, H. and E. Fangmier. 2001. Growth and yield responses of spring Wheat (Triticum aestivum L. cv.Minaret) to elevated Co_2 and water limitation. Environmental Pollution.114:187-194.

28- Wise, R.R. Fredrik, J. R. Alm, D. M. Kramer, D. M. Hesketh, J. D. Corfth, A. R. and D. R. Ort. 1990. Investigation of the limitations to photosynthesis induced by leaf water deficit in field-grown sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant, Cell and Environment. 13(9): 923-931.