

تأثیر تنش کم آبی و کود فسفر بر روی برخی از خصوصیات فیزیولوژیک و درصد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

- علیرضا سیروس مهر، استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (نویسنده مسئول)
- فاطمه روشن ضمیر، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۴۰۲۵۰۷۵

پست الکترونیک نویسنده مسئول: asirousmehr@uoz.ac.ir

چکیده:

جهت بررسی اثر سطوح تنش کم آبی و کود فسفر بر خصوصیات کیفی و درصد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال ۱۳۸۸ به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل تنش کم آبی (خشکی) در ۳ سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) و کود فسفر در ۳ سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. با افزایش شدت تنش خشکی در صد پروتئین اندام هوایی افزایش یافت و مقدار آن برای سطوح تنش ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد FC به ترتیب برابر ۱/۱۵، ۱/۹۵ و ۲/۳۸ در صد بود. با افزایش مقدار کود فسفر محتوی رطوبت نسبی برگ افزایش یافت. تنش خشکی منجر به افزایش فلورسانس کلروفیل گردید. اندازه گیری میزان کلروفیل در دو مرحله ۱۵ و ۳۰ روز بعد از تنش نشان داد که کمترین مقدار کلروفیل (۶/۱۷) در شرایط تنش شدید و در ۳۰ روز بعد از تنش بدست آمد. همچنین با افزایش شدت تنش کم آبی، بر درصد اسانس افزوده شد. بطور کلی به نظر میرسد گیاه ریحان در شرایط تنش کم آبی با افزایش تولید پروتئین و کربوهیدرات محلول، مکانیزم تحمل به تنش را به اجرا می گذارد ولی این وضعیت می تواند منجر به کاهش کلروفیل و افزایش فلورسانس کلروفیل شود.

Effect of Water Deficit Stress and Phosphorus Fertilizer on Physiological Traits and Oil Percentage of Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)

By:

- A. sirousmehr¹, (Corresponding Author; Tel: 09144025075), Assistant professor of, Zabol University, Zabol, Iran
- F. Roshanzamir, M.Sc. of Zabol University, Zabol, Iran

Received: August 2012

Accepted: April 2013

In order to evaluate the effect of different levels of drought stress and phosphorus fertilizer on some physiological traits and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.), a factorial experiment was carried out in completely randomized design in a greenhouse of College of Agriculture, University of Zabol, Iran in 2009. Studied factors were water deficit(drought) in 3 levels (100%, 80% and 60% field capacity) and 3 levels of phosphorus fertilizer (0, 50 and 100 kg per ha). The results showed the effect of water stress levels ($p<0.01$). Interactions between water stress and phosphorus fertilizer led to significant reduction ($p<0.05$) on leaf relative water content, but different value of phosphorus fertilizer did not cause significant difference in this trait. Percent of Shoot protein significantly affected by phosphorus fertilizer and water stress treatments protein percentage increased with increasing severity of water stress and its value was for control, mild and severe stress, equal to 1/15, 1/95 and 2/38 percent, respectively. Water stress have significant effect ($p<0.01$) on chlorophyll fluorescence. So that at the control, 80 and 60 percent field capacity chlorophyll fluorescence values was equal to 0/85, 0/74 and 0/64, respectively. Amount of Chlorophyll (chlorophyll meter) in two stages 15 and 30 days after stress treatment on basil plants showed the lowest amount of chlorophyll was obtained in conditions of severe stress (60 percent field capacity) at 30 days after the water stress amount that it's be equal to 6/17. Totally it seems sweet basil at water deficit stress conditions ,with high production of proline and carbohydrate execute drought tolerance mechanism, but this conditions lead to decrease of chlorophyll and increase of chlorophyll fluorescence.

key Words: Essential oil, phosphorus, physiological, sweet basil, water deficit stress.

مقدمه

آب نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاه بازی می کند(۹). بطور کلی آب یکی از عوامل محدودکننده است که بر فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تأثیر میگذارد(۷). تنش خشکی در حقیقت کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی گیاه بمنظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می دهد و عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می گیرد(۱۹). در فرایند تنظیم اسمزی تورژسانس و فرایندهای وابسته به آن تحت شرایط کمبود آب ادامه می یابد. از اینرو تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در تنش کم آبی کمک می کند(۲۷). افزایش غلظت این اسید آمینه که به تنظیم اسمزی کمک می کند، ناشی از چند عامل گزارش شده است ازجمله: ممانعت از تجزیه پرولین، جلوگیری از ورود پرولین به پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (۱۵).

عناصر غذایی درون خاک تحت تأثیر برخی فاکتورهایی مانند جریان توده ای آب، ظرفیت جذب خاک و pH خاک قرار می گیرند. در میان عناصر غذایی فسفر به عنوان یکی از عناصر پر مصرف دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاه است که جذب آن در شرایط کمبود آب کاهش می یابد و دیده شده است که در خاک بدون شخم که با کاه و کلش محصول

قبلی پوشیده شده فراهمی فسفر به دلیل محتوای بالاتر رطوبت، بیشتر از خاک شخم خورده است(۱۰). افزایش فسفر در خاک عملکرد دانه پنبه و خصوصیات مورفولوژیکی را در خاک خشک و در آب و هوای گرم و خشک بویژه در مرحله تشکیل غوزه پنبه افزایش می دهد (۳۰). دسترسی کمتر فسفر در خاکهای خشک بخاطر کاهش پخش فسفر و جذب کمتر توسط ریشه ها است(۲۲). Singh و Sale (۲۰۰۰) اظهار داشته اند که افزایش سطح فسفر خاک، هم کل حجم ریشه ها را در خاک خشک و هم جذب آب را در ریشه های اولیه بواسطه افزایش تراکم و قطر آوندهای چوبی و در نتیجه فراهم آوردن کمترین مقاومت در مقابل جریان آب افزایش می دهد(۲۹). بنابراین فسفر ممکن است مقاومت به خشکی را افزایش دهد. با رشد ریشه حجم بیشتری از خاک در تماس با ریشه قرار می گیرد و در نتیجه منبع بزرگتری از رطوبت خاک در دسترس ریشه خواهد بود. همچنین گزارش شده است که با افزایش میزان فسفر تولید پنبه در ارزن مرواریدی تحریک می شود که این امر ارتباط مستقیم با افزایش ظهور برگ بر روی ساقه اصلی در نتیجه فراهمی فسفر دارد(۲۶).

شناسایی اثرات کمبود آب و سطوح کود فسفره بر روی ویژگی های کیفی مؤثر بر عملکرد و مواد مؤثره گیاه دارویی ریحان و با توجه به اینکه اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، بهداشتی و غذایی کاربرد دارد، ضرورت تحقیق برای این گیاه را توجیه می نماید.

مواد و روشها

این پژوهش در سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. در این تحقیق فاکتور تنش کم آبی شامل سه سطح، I_1 : آبیاری کامل در حد ظرفیت مزرعه ای (شاهد)، I_2 : 80 درصد ظرفیت مزرعه ای (تنش ملایم) و I_3 : 60 درصد ظرفیت مزرعه ای (تنش شدید) و فاکتور مقادیر مختلف فسفر (سوپرفسفات تریپل) در سه سطح P_1 : شاهد (بدون مصرف کود)، P_2 : 50 و P_3 : 100 کیلوگرم در هکتار است. برای آماده سازی محیط کشت از گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر استفاده شد. بذور که توده بومی یزد می باشند از جهاد کشاورزی زابل تهیه شد. کاشت بذور در اول اردیبهشت انجام شد. ابتدا در داخل هر گلدان تعدادی بذور (۱۵ عدد) کاشته و پس از سبز شدن بوته ها در طی چند مرحله (۲-۳ و ۳-۴ برگگی) تنک انجام شد و در نهایت (مرحله ۶ تا ۸ برگگی شدن بوته ها) در داخل هر گلدان ۷ بوته نگهداری شد (۱). در مراقبت‌های پس از کاشت آبیاری به طور منظم انجام شد. آبیاری به صورت یکنواخت و هر روز صورت گرفت تا ۳۰ روز پس از کاشت، گلدان‌ها تا استقرار کامل (ظهور ۶-۸ برگ جدید) به مقدار مساوی تا حد اشباع آبیاری می شدند. از این مرحله به بعد، جهت اعمال تیمارهای آبیاری (روش اعمال تیمارها) با استفاده از منحنی رطوبتی است. به منظور تعیین منحنی رطوبتی، سه نمونه از خاک مورد نظر به آزمایشگاه برده شده، نمونه های خاک اشباع و روی صفحات اشباع شده دستگاه صفحات فشاری^۱ قرار داده شد. با ایجاد مکش توسط دستگاه صفحات فشاری، خاک تحت تنش قرار می گیرد. بدین ترتیب در سه نمونه خاک پتانسیل‌های آبی مد نظر ایجاد گردید. بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌ها به دستگاه آون برده شده و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند. بدین گونه در هر سه پتانسیل، درصد رطوبت وزنی خاک (θ_m) با استفاده از فرمول

$$\theta_m = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100 \quad \text{جرم نمونه مرطوب } w_2 \quad \text{جرم نمونه خشک } w_1$$

تعیین گردید. با این اندازه گیری ها امکان این فراهم گردید که مقدار رطوبت خاک و وزن هر گلدان در پتانسیل های مختلف بدست آید. در یک دستگاه محور مختصات مقادیر رطوبت و پتانسیل نسبت به یکدیگر رسم و بدین طریق منحنی رطوبتی خاک ترسیم گردید (۲). گلدان‌ها هر روز بوسیله ترازوی حساس (دقت در حد گرم) توزین و با اضافه نمودن آب مصرفی (کاهش وزن هر کدام از گلدان‌ها (تیمارها اعمال گردید و هر گلدان در وزن تیمار مربوطه ثابت نگه داشته شد (۵).

برای اعمال تیمار میزان فسفر در واحد گلدان، ابتدا وزن یک هکتار خاک با عمق ۲۰ سانتی متر محاسبه گردید و سپس به واحد گلدان (۵)

کیلوگرم) تعمیم داده شد. برداشت هنگامی که گیاه به مرحله ۵۰ درصد گلدهی رسید، در تیرماه انجام شد. رطوبت نسبی برگ از روش Yamasaki and Dillenburg (۳۲)، پرولین از بافت زنده گیاه و از روش Bates و همکاران (۸) و جهت اندازه گیری کربوهیدرات نیز از بافت زنده گیاه با روش Irigoyen و همکاران (۱۴) استفاده شد. نیتروژن موجود در برگ ریحان نیز با دستگاه کجلدال و تیتراسیون (۱۶) در آزمایشگاه تحقیقاتی زراعت دانشکده کشاورزی زابل انجام شد. درصد اسانس با کلونجر، اندازه گیری فلورسانس کلروفیل با دستگاه کلروفیل فلورومتر مدل Hansatech Handy PEA، و کلروفیل برگ با دستگاه Hansatech Instruments CL-01، در دو مرحله ابتدا ۱۵ روز بعد از تنش و مرحله دوم ۳۰ روز بعد از تنش اندازه گیری شد. از نرم افزار MSTAT-C جهت تجزیه و تحلیل آماری و مقایسات میانگین، و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد. مقایسات میانگین به روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) انجام گرفت.

نتایج و بحث

نیتروژن اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که نیتروژن برگ به طور معنی داری تحت تأثیر اعمال تنش خشکی و مقادیر کود فسفر قرار گرفت ولی اثر متقابل این دو تیمار معنی دار نبود (جدول ۲). با مقایسه میانگین اثر تنش خشکی مشخص شد که بیشترین درصد نیتروژن در تیمار شاهد (I_1) و کمترین آن در تیمار تنش شدید (I_3) بدست آمد (جدول ۳). مقادیر این صفت برای تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه)، تنش ملایم (۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) و تنش شدید (۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) به ترتیب برابر با ۰/۴، ۰/۳۶ و ۰/۲۱۱ درصد می باشد. اثر مقدار فسفر بر این صفت برای ۵۰، ۱۰۰ و صفر کیلوگرم فسفر در هکتار، مقادیر نیتروژن اندام هوایی به ترتیب برابر با ۰/۳۹، ۰/۳۳ و ۰/۲۹ بود (جدول ۲). پروتئین اندام هوایی: اثرات تنش خشکی و کود فسفر در سطح احتمال یک درصد بر میزان پروتئین برگ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی در صد پروتئین افزایش یافت و مقدار آن برای تیمار ۶۰ درصد، ۸۰ درصد و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب برابر ۲/۳۸۷، ۱/۹۵ و ۱/۱۵۵ درصد بود. کاربرد کود فسفر باعث ایجاد تفاوت معنی دار در مقدار پروتئین اندام هوایی شد، بطوریکه بیشترین درصد پروتئین برگ ۲/۰۹۲ و کمترین درصد پروتئین ۱/۵۳ درصد به ترتیب در کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و عدم مصرف کود بود (جدول ۳). تغییر در ساختن پروتئین و یا تخریب آن از جمله مراحل متابولیسمی اساسی است که ممکن است از تنش خشکی تأثیر پذیرد (۲۵). شواهد زیادی در رابطه با تجمع پروتئین هایی که تنش خشکی القاکننده آنهاست و ارتباط آنها با سازگاری فیزیولوژیکی به کمبود آب وجود دارد (۲۸).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

هدایت الکتریکی EC(dS/m)	اسیدیته pH	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	سیلت silt	رس clay	شن sand	بافت خاک
										(%)	
۱/۸	۷/۱	۶/۳	۱۲	۱۸۵	۲/۲	۴/۸	۳/۱	۲۷	۳۲	۴۱	ماسه رسی

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه گیری شده ریحان تحت تاثیر تیمارهای آزمایش.

منابع تغییر	درجه آزادی	نیترژن اندام هوایی	پروتئین اندام هوایی	کربوهیدرات برگ	پرولین برگ	رطوبت نسبی برگ	فلورسانس کلروفیل	درصد اسانس
تنش خشکی	۲	۰/۱۸۲**	۴/۶۹۳**	۲/۵۹**	۱۳/۸۳**	۳۱۵۷/۱**	۰/۱۲۱**	۰/۱۰۷**
کود فسفر	۲	۰/۰۲۵**	۰/۹۳۲**	۰/۶۵۱**	۰/۵*	۳/۶۹ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۲ ns
تنش خشکی × کود فسفر	۴	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴۱ ns	۰/۰۵۲ ns	۰/۰۸ ns	۱۴۹/۶۹ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns
خطا	۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۴۸	۰/۰۹	۴۳/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۹۳	۷/۳۱	۱۲/۹۹	۲۰/۷	۱۰/۶۱	۳/۲۵	۱۰/۳۹

،* و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و کود فسفر بر میزان نیترژن، پروتئین، کربوهیدرات، پرولین، فلورسانس کلروفیل و درصد اسانس ریحان

سطوح تنش آب (درصد ظرفیت مزرعه)	کود فسفر (کیلوگرم در هکتار)	نیترژن (درصد)	پروتئین (درصد)	کربوهیدرات (میکرومول بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)
۱۰۰	-	۰/۲۱ c	۱/۱۵ c	۱/۲۴ b	۰/۴۲۷ c
۸۰	-	۰/۳۶ b	۱/۹۵ b	۱/۶۴ ab	۱/۴۱ b
۶۰	-	۰/۴۵ a	۲/۳ a	۲/۱۷ a	۲/۴۹ a
-	۰	۰/۲۹ b	۱/۵ b	۱/۵۱ b	۱/۲۱ b
-	۵۰	۰/۳۳ ab	۱/۸۶ a	۱/۵۱ b	۱/۴۳ab
-	۱۰۰	۰/۳۹ a	۲/۰۹ a	۱/۹۵ a	۱/۶۹ a
LSD	-	۰/۰۶	۰/۲۶	۰/۴۲	۱/۱۲

در هر ستون، میانگین های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار نمی باشند.

عرضه آب، انباشت پرولین در برگها افزایش یافت. بطوریکه در سطوح (شاهد) ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب میزان پرولین برگ برابر با ۰/۳۶، ۰/۴۹ و ۲/۵۱ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه شد (جدول ۳). افزایش غلظت پرولین تحت اثر تنش ممکن است نشان دهنده نقش احتمالی این اسید آمینه در تنظیم اسمزی باشد (۱۹ و ۲۱). کائو (۱۵) گزارش کرده است که در برگهای بالغ تجزیه پروتئین ها باعث کاهش غلظت آنها و در نتیجه افزایش اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین میشود.

بیشترین مقدار پرولین در تیمار کود فسفر برابر با ۱/۶۵ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه بود که در اثر مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر بدست آمد. روند تجمع پرولین با افزایش کود فسفر افزایشی بود. به هر حال بیشترین مقدار تجمع پرولین ۲/۵۱ میکرومول بر گرم وزن تر در بالاترین میزان مصرف کود فسفر بدست آمد. به نظر می رسد که در این شرایط مصرف مقادیر بالاتر فسفر می تواند تأثیر بیشتری بر تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی داشته باشد. پرولین باعث پایداری غشاهای ماکرومولکولها و نیز از بین بردن سمیت نیترژن اضافی در بافتها می گردد و نقش مهمی را در کنترل اسیدپایه سلولی دارد (۱۲).

رطوبت نسبی برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس ۲، اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی داری بر رطوبت نسبی برگ داشتند. در مقابل مقادیر مختلف کود فسفر نتوانست باعث تفاوت محسوسی در این صفت گردد. ارزیابی تغییرات محتوی رطوبت نسبی برگ حاکی از کاهش محتوی رطوبت نسبی همزمان با افزایش تنش خشکی بود. به نظر می رسد با افزایش شدت تنش خشکی از میزان سودمندی کود فسفر در افزایش

کربوهیدرات محلول در آب: اثر تنش خشکی و کود فسفر بر میزان کربوهیدرات در سطح احتمال یک درصد معنی دار ولی برهمکنش این دو تیمار غیر معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین جدول ۳ نشان می دهد که در تیمار ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی مقدار کربوهیدرات به ترتیب برابر با ۱/۲۴، ۱/۶۴ و ۲/۱۷ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه می باشد. ارزیابی میانگین تغییرات کربوهیدرات جدول ۳ نشان داد که در اثر افزایش تنش خشکی محتوی قند داخل برگ افزایش یافت، هنگامی که گیاه در شرایط تنش کم آبی قرار می گیرد از مکانیسم تحمل به تنش خشکی استفاده می کند مانند تنظیم اسمزی که سبب افزایش غلظت کربوهیدرات می شود زیرا تحت شرایط تنش کم آبی، قندهای محلول می تواند به عنوان ترکیبات اسمزی و نیز به عنوان حفاظت کننده های اسمزی عمل کنند و این تنظیم کننده های اسمزی سبب ثبات پروتئین ها و غشاء می شوند (۴). همبستگی بالایی را بین تجمع قندهای قابل حل (ساکارز، گلوکز و فروکتوز) و میزان تحمل به خشکی در گیاهان ذکر کرده اند (۴ و ۱۳). مشخص شده است قند ها در طی تنش خشکی علاوه بر نقش کارکردی، به عنوان حفاظت کننده اسمزی و سوسترای رشدی به عنوان تنظیم کننده های بیان ژن نیز نقش های مهمی را ایفا می کنند (۱۷).

اثر کود فسفر بر میانگین کربوهیدرات محلول نشان داد که مقدار کربوهیدرات به ترتیب در شاهد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار برابر با ۱/۵۱۹، ۱/۵۱۹ و ۱/۹۵۴ میکرومول بر گرم وزن تر گیاه بود. پرولین: تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و کود فسفر در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی داری بر میزان پرولین برگها داشتند ولی برهمکنش تیمارها معنی دار نبود (جدول ۲). بدین ترتیب که با کاهش

آماري یک درصد معنی دار بودند و همچنین اثر متقابل فسفر و زمان در سطح آماری ۵ درصد معنی دار بود. میزان کلروفیل با توجه به زمان تنش در دو مرحله اندازه گیری شد. مرحله اول در ۱۵ روز بعد از تنش و مرحله دوم ۳۰ روز بعد از اعمال تیمار تنش بود. در اثر سه جانبه تنش خشکی* کود فسفر* زمان اندازه گیری بر میانگین کلروفیل (جدول ۶)، نتایج نشان داد که کمترین مقدار کلروفیل در شرایط تنش شدید (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) در اواسط دوره تنش (مرحله اول اندازه گیری) بدست آمد که این مقدار برابر ۵/۶۸ در سطح کودی شاهد (عدم مصرف کود) بود. تنش خشکی باعث تنش اکسیداتیو (oxidative stress) در گیاهان می شود. این امر در اثر تولید انواع رادیکالهای آزاد اکسیژن اتفاق می افتد. در اثر این تنش، تخریب های متعدد بیولوژیکی از جمله تخریب غشاء و همچنین محتوی کلروفیل برگ اتفاق افتاده و باعث کاهش مقدار کلروفیل برگ می شود (۴). بیشترین میزان کلروفیل (۲۰/۵۸) مربوط به شرایط عدم تنش خشکی (I₁) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار (P₃) در زمان دوم اندازه گیری (T₂) بود (I₁P₃T₂). بطور کلی در هر دو زمان اندازه گیری با افزایش سطح تنش از میزان کلروفیل کاسته شد ولی در هر سطح تنش با افزایش میزان فسفر بر میزان کلروفیل بویژه در سطح اول تنش (I₁) افزوده شد و حاکی از اثر مثبت کود فسفر بود. همچنین میزان کلروفیل در زمان اندازه گیری دوم نسبت به مرحله اول اندازه گیری بیشتر بود. همچنین شواهدی در دست است مبنی بر آنکه جذب نیتروژن در ریشه با افزایش میزان فسفر افزایش می یابد (۲۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد اسانس و فلورسانس کلروفیل

درصد اسانس	فلورسانس کلروفیل	درصد اسانس
۱۰۰	۰/۸۵ a	۰/۲۹ b
۸۰	۰/۷۴۹ b	۰/۳۷ b
۶۰	۰/۶۴۹ c	۰/۴۸ a

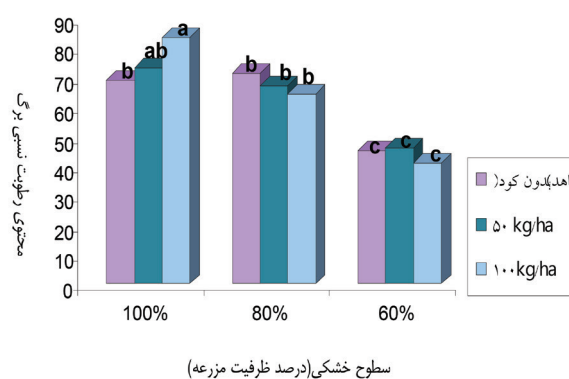
در هر ستون، میانگین های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار نمی باشند

جدول ۵- میانگین مربعات میزان کلروفیل برگ (کلروفیل سنج) در زمان های اندازه گیری

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان کلروفیل
تنش خشکی	۲	۱۷۹/۱۲**
کود فسفر	۲	۵/۲۸ ns
تنش خشکی* کود فسفر	۴	۷/۴۴**
خطای ۱	۲۷	۱/۷۱
زمان اندازه گیری	۱	۷۲۸/۸۵**
تنش خشکی* زمان	۲	۱۳۷/۶۳**
فسفر* زمان	۲	۹/۸۳*
تنش خشکی* کود فسفر* زمان	۴	۹/۱۱**
خطای ۲	۲۷	۲/۲۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۵/۴۰

ns و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

محتوی رطوبت نسبی برگ کاسته می شود. بر همکنش بین تیمار تنش خشکی و کود فسفر در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه نشان داد (شکل ۱) که با افزایش مقدار کود فسفر محتوی رطوبت نسبی برگ افزایش یافت به طوریکه در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه ای به ترتیب برابر با ۶۰، ۷۳/۲۵ و ۸۳/۵۰ بوده است که بیانگر این می باشد که افزودن کود فسفر به همراه آبیاری کامل در افزایش رطوبت نسبی برگ مؤثر است ولی در شرایط تنش خشکی تأثیر معنی داری نخواهد داشت. Costa Franca و همکاران (۲۰۰۰) نیز کاهش محتوی رطوبت نسبی برگ لوبیا را بر اثر خشکی گزارش کرده اند (۱۱). کاهش رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوی رطوبتی خاک می باشد.



سطوح خشکی (درصد ظرفیت مزرعه)

شکل ۱- محتوی رطوبت نسبی برگ ریحان تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود فسفر

فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm): نتایج جدول تجزیه واریانس ۲ نشان داد که اثر کود فسفر و اثر متقابل تنش* کود فسفر بر این صفت غیر معنی دار ولی سطوح آبیاری در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری بر فلورسانس کلروفیل داشتند. به طوریکه در سطح شاهد، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب مقادیر فلورسانس کلروفیل برابر با ۰/۸۵، ۰/۷۴۹ و ۰/۶۴۹ شد که نشان دهنده افزایش میزان فلورسانس کلروفیل با افزایش سطح تنش خشکی می باشد (جدول ۴). با افزایش سطح فسفر مقدار فلورسانس به صورت غیر معنی دار نیز کاهش یافت. اندازه گیری فلورسانس کلروفیل بصورت غیر تخریبی برای بررسی عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی و بازدارندگی نوری انجام می شود و به طور وسیع به عنوان عاملی برای واکنش گیاه به تنش، بویژه آلودگی آب و هوا، کاهش آب و کاهش یا افزایش دما و شوری به کار می رود (۲۰). در سبب زمینی نشان داده شده است که تنش خشکی عملکرد کوانتوم تبدیل انرژی فتوشیمیایی (Fv/Fm) را کاهش می دهد (۶) که مطابق نتایج این آزمایش می باشد. فلورسانس کلروفیل برگ به عنوان شاخص فعالیت کلروفیل استفاده می شود و ارتباط مؤثری بین فلورسانس کلروفیل و رشد ریشه، تبادل گاز، خسارت برگ و پتانسیل آب برگ وجود دارد (۲۰).

میزان کلروفیل: در جدول تجزیه واریانس ۵ اثر متقابل تنش خشکی و کود فسفر، زمان اندازه گیری، اثر متقابل تنش خشکی و زمان در سطح

جدول ۶ - مقایسه میانگین اثر تنش خشکی × سفر × زمان اندازه گیری بر میانگین میزان کلروفیل برگ

سطوح آبیاری		I1		I2		I3	
فسفر / زمان		T1	T2	T1	T2	T1	T2
P1	۶/۱۷ f	۱۵/۸۱ bc	۶/۹۴ ef	۱۲/۴۱ d	۵/۶۸ f	۸/۲۱ ef	
P2	۸/۲۶ ef	۱۸ ab	۵/۴۹ f	۱۲/۵d	۷/۷۱ ef	۹/۳ e	
P3	۲۰/۳۷a	۲۰/۵۸ a	۶/۵۵ ef	۱۴/۱۸ cd	۶/۰۵ f	۶/۱۷ f	

حروف مشابه در ۱۸ ترکیب تیماری بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد است.

I1: عدم تنش خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) P1: عدم کاربرد کود فسفر (شاهد) T1: اندازه گیری کلروفیل ۱۵ روز بعد از تنش
I2: تنش ملایم (۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) P2: ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار T2: اندازه گیری کلروفیل ۳۰ روز بعد از تنش
I3: تنش شدید (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) P3: ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار

(*Mentha piperita* L.). نشریه پژوهش های زراعی ایران ۹(۴):۶۷۷-۶۷۰.

۴. کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۸۸) فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۵. لباسچی، م. ح.، متین، ا. و حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۳) تأثیر کودهای آلی و شیمیایی و تراکم بر عملکرد و مواد مؤثره ی گل راعی. پژوهش و سازندگی، شماره ی ۵۱، صفحات ۲۴-۱۸.
۶. موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، ع. م.، سروش زاده، ع. و جلالی، م. (۱۳۸۳) تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. مجله بیابان. جلد ۹، شماره ۱، ص. ۹۳-۱۰۷.

7. Alam S. M. (1999) Nutrition uptake by plants under stress condition. In: Handbook of Plant and Crop Stress, ed. Pessarakli, M., pp. 285-313. Marcel Dekker, Inc. New York.
8. Bates L. S., Waldren S. P., and Teare I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant soil, 39: 205-207.
9. Bradford K. J. (1994) Water stress and the water relations of seed development. A critical review. Crop Science, 34:1.
11. Bruck H., Payne W. A., and Sattelmacher B. (2000) Effects of phosphorus and water supply on yield, transpirational water-use efficiency, and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science., 40: 120-125.
12. Costa Franca M.G., Pham Thi A.T., Pimentel C., Pereyra Rossiello R.O., Zuily-Fodil Y., and Laffray D. (2000) Differences in growth and water relations among phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany, 43: 227-237.
13. Ferrate I. L., and Lovatt C. J. (1999) Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit.

درصد اسانس: تنها اثر تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۲). بررسی میانگین های درصد اسانس نشان داد که با اعمال تنش ملایم (۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) افزایش درصد اسانس کم بود و با افزایش شدت تنش (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) حدود ۴۰ درصد اسانس افزایش یافت (جدول ۴). این نتایج نشان می دهد که اعمال تنش شدید بیشتر از ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه برای بدست آوردن درصد بالاتر اسانس مناسب نخواهد بود زیرا با افزایش شدت تنش بیشتر از این مقدار، عملکرد گیاه کاهش و در نتیجه عملکرد اسانس گیاه هم کاهش می یابد. نتایج مشابهی در زمینه افزایش درصد اسانس در اثر اعمال تنش خشکی بر روی گیاه ریحان توسط Omidbaigi و همکاران (۲۰۰۳)، و در دیگر گیاهان از جمله آویشن (۱۸) و نعنای فلفلی (۳) بدست آمده است.

نتیجه گیری

گیاه ریحان به هنگام مواجه با تنش خشکی و کاهش رطوبت نسبی برگ، مکانیزم تنظیم اسمزی را با افزایش تجمع پرولین، پروتئین و قندهای محلول به کار گرفته و از این طریق شرایط کمبود آب را تا حدی تحمل می کند. شرایط تنش خشکی سبب افزایش درصد اسانس در گیاه ریحان شد و بیشترین اسانس در سطح ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه بدست آمد. در شرایط ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار، محتوی رطوبت نسبی برگ بیشتر بود. اندازه گیری کلروفیل در دو مرحله نیز نشان داد که در اوایل تنش خشکی، گیاه مقدار کلروفیل را افزایش می دهد ولی با تداوم تنش مقدار کلروفیل کاهش پیدا می کند. فلورسانس کلروفیل نیز که نماینگر واکنش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II می باشد در شرایط خشکی شدید، افزایش یافت که به دلیل آسیبی می باشد که به فتوسیستم وارد شده است.

پاورقی ها

1. Pressure plate

منابع مورد استفاده

۱. حسنی، ع.، امید بیگی، ر. و حیدری شریف آباد، ح. (۱۳۸۲) تأثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر رشد، عملکرد و انباشت متابولیت های سازگاری در گیاه ریحان. علوم خاک و آب. ج ۱۷، شماره ۲.
۲. علیزاده، ا. (۱۳۸۸) رابطه آب، خاک و گیاه (چاپ نهم). دانشگاه امام رضا (ع).
۳. فروزنده، م.، سیروس مهر، ع.، قنبری، ا.، اصغری پور، م. ر. و خمیری، ع. (۱۳۹۰) تأثیر سطوح تنش خشکی و کمپوست زباله شهری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی نعنای فلفلی

- Crop. Science. 39: 467-475.
14. Hoekstra F.A., and Buitink J. (2001) Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science, 8(9):431-438.
 15. Irigoyen J. J., Emerich D.W. and Sanchez-Dias M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiology. Plant. 84: 55-60.
 16. Kao C. H. (1981) Senescence of rice leaves. VI. Comparative study of the metabolic changes of senescing turgid and water-stressed excised leaves. Plant and Cell Physiology. 22: 683-685.
 17. Kjeldal S. E. (1998) An investigation of several psychological factors impinging on the perception of fresh fruits and vegetables. Unpublished Ph.D Thesis. University of New England, Australia.
 18. Koch K.E. (1996) Carbohydrate-modulated gene expression in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 47:509-540.
 19. Letchamo W., Marquard R., Holz J., and Gosselin A. (1994) Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angewandte Botanik, 68: 83-88.
 20. Martin M., Micell F., Morgan J. A., Scalet M., and Zerbi G. (1993) Synthesis of osmotically active substances in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science. 171: 176-184
 21. Mauromicale G., Ierna A., and Marchese M. (2006) Chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in field-grown potato as affected by nitrogen supply, genotype, and plant age. Photosynthetica 44 (1): 76-82.
 22. Moeini Alishah H., Heidari R., Hassani A., and Asadi Dizaji A. (2006) Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Biological Sciences. 6 (4): 763-767.
 23. Nye P.H., and Tinker P.B. (1977) Solute Movement in the soil-root system. Black well science publication, Oxford.
 24. Omidbaigi R., Hassani A., and Sefidkon F. (2003) Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6: 104-108.
 25. Ommen O.E. (1999) Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentration and other environment stress within the ESPACE-wheat project. European Journal of Agronomy, 10: 197-203.
 26. Ouvrard M., Cellier F., Ferrare K., Tousch D., Lamaze T., Du J.M., and Casse-Delbart M. (1996) Identification and expression of water stress and abscisic acid regulated genes in a drought tolerant sunflower genotype. Plant Molecular Biology, 31:819-829.
 27. Payne W. A., Lascano R. J., Hossner L. R., Wendt C. W., and Onken A. B. (1991) Pearl millet growth as affected by phosphorus and water. Agronomy Journal, 83:942-948.
 28. Pessarkli M. (1999) Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 Pages.
 29. Riccardi F., Gazeau P., Vienne D., and Zivy M. (1998) Protein changes in response to progressive water deficit in maize. Plant Physiology, 117:1253-1263.
 30. Singh D.K., and Sale P.W.G. (2000) Growth and potential conductivity of white clover roots in dry soil with increasing phosphorus supply and defoliation frequency. Agronomy Journal, 92(5):568-574.
 31. Singh V., Pallaghy C., and Singh D. (2005) Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress II. Water relations, free and bound water and leaf expansion rate. Department of Botany, La Trobe University, Vic. 3086, Australia.
 32. XU Z. Z., and Zhou G. S. (2006) Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. Planta 224: 1080-1090
 33. Yamasaki S., and Dillenburg L.C. (1999) Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. R. Bras. Fisiol. Veg., 11: 69-75.