Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Effect of drought stress and biofertilizer on yield and physiological characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in climatic conditions of Isfahan province

Majid Jafaraghaei[1*]

1. Assosiate Professor Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran. E-mail: majidjafaraghaei@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-4-5
Accepted: 2024-2-28

Keywords:
Biofertilizer
Chlorophyll
Cotton
Drought
proline

ABSTRACT

Background and objectives: Drought stress is one of the most important factors that reduce the yield of crops in arid and semi-arid regions, including the climatic conditions of Iran. In drought stress condition, one of the solutions to reduce the negative effects and increasing water absorption is the development of roots through the use of biological fertilizers. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of drought stress and the application of nitrogen and phosphorus biofertilizers on the yield and some physiological characteristics as well as the content of photosynthetic pigments of cotton.

Materials and methods: The experiment was conducted as a split plot with a randomized complete block design in three replications. In this research, irrigation levels include normal irrigation during the growth period as a control (60 mm evaporation from the evaporation pan), medium drought stress during the growth period (90 mm evaporation from the evaporation pan) and severe drought stress during the growth (120 mm of evaporation from the evaporation pan) as the main factor and four biofertilizer treatments, including no use of biofertilizer (control), Aztobacter biofertilizer, biophosphorus biofertilizer, and the combination of Aztobacter biofertilizers and biophosphorus as sub factors.

Results: The results showed that the yield, physiological characteristics and content of photosynthetic pigments were affected by the experimental treatments. Drought stress led to a decrease in plant height, yield, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid. Drought stress increased the content of soluble sugars and proline, and although it reduced the relative content of leaf water and cell membrane stability, the application of biofertilizers improved them. The highest proline content of 3.63 mg/g fresh weight of leaves was obtained in the treatment of simultaneous application of biofertilizers Aztobacter and biophosphorus and at the level of drought stress treatment. The highest total chlorophyll content was obtained in the control treatment and the combined use of biophosphorus and azotobacter fertilizers at the rate of 3.75 mg/kg. The results showed the negative effect of drought stress on rice yield, so that in the control treatment, rice yield was 3536 Kg ha^{-1}, while in

medium and severe drought stress treatments, rice yield was 2550 and 1495 Kg ha^{-1}, respectively. Also, the simultaneous application of biophosphorus and azotobacter fertilizers with their synergistic effect led to a further increase in rice yield up to 2722 Kg ha^{-1}.

Conclusion: In general, the results showed that drought stress led to a decrease in cotton photosynthetic pigments, relative leaf water content and cell membrane stability index, and the amount of proline and soluble sugar increased under these conditions, which led to a negative effect on cotton yield. This was while the use of biofertilizers in stressful conditions could increase cotton yield by improving the physiological characteristics of the cotton plant and increasing the content of photosynthetic pigments.

Cite this article: Jafaraghaei, M. 2023. Effect of drought stress and biofertilizer on yield and physiological characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in climatic conditions of Isfahan province *Crop Production Journal*, 16 (4), 41-66.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21167.2570
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپا چـاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

اثر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط آب و هوایی استان اصفهان

مجید جعفرآقایی[1*]

۱. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
رایانامه: majidjafaraghaei@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۹

واژه‌های کلیدی:
پرولین
پنبه
خشکی
کلروفیل
کود زیستی

چکیده

سابقه و هدف: تنش خشکی از مهمترین عوامل کاهنده عملکرد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله شرایط آب و هوایی کشور ایران می‌باشد. در شرایط تنش خشکی یکی از راه‌کارهای کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی و در نتیجه افزایش جذب آب توسعه ریشه‌ها به واسطه کاربرد کودهای زیستی می‌باشد. از این رو، این مطالعه به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی و همچنین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی پنبه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش سطوح آبیاری شامل آبیاری معمول در طول دوره رشد به عنوان شاهد (۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش خفیف خشکی در طول دوره رشد (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید خشکی در طول دوره رشد (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به عنوان عامل اصلی و ٤ تیمارکود زیستی شامل عدم استفاده از کود زیستی (شاهد)، کود زیستی ازتوباکتر، کود زیستی بیوفسفر و تلفیق کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد عملکرد وش، خصوصیات فیزیولوژیکی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند. تنش خشکی منجر به کاهش ارتفاع بوته، عملکرد وش، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید گردید. تنش خشکی محتوای قندهای محلول و پرولین را افزایش داد و هر چند محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سلول را کاهش داد؛ ولی کاربرد کودهای زیستی سبب بهبود آنها شد. بالاترین محتوای پرولین برگ‌ها به میزان ۳/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ‌ها در تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر و در سطح تیمار تنش خشکی حاصل شد. بالاترین محتوای کلروفیل کل در تیمار شاهد و کاربرد توأم کودهای بیوفسفر و ازتوباکتر به میزان ۳/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد. نتایج بیانگر اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد وش بود، به طوری که در تیمار شاهد میزان عملکرد وش ۳۵۳٦

کیلوگرم در هکتار بود، در حالی که در تیمارهای تنش خشکی خفیف و شدید میزان عملکرد و وش به ترتیب برابر با ۲۵۵۰ و ۱۴۹۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین کاربرد همزمان دو کـود بیوفسفر و ازتوباکتر با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش بیشتر عملکرد وش تا ۲۷۲۲ کیلوگرم در هکتار شد.

نتیجه‌گیری: در کل نتایج نشان داد تنش خشکی منجر به کاهش میزان رنگیزه های فتوسنتزی پنبه، محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشای سلولی شد و میزان پرولین و قند محلول تحت این شرایط افزایش یافت که منجر به اثر منفی بر عملکرد وش شد. این در حالی بود که کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش توانست با بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه پنبه و افـزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی میزان عملکرد وش در پنبه را افزایش دهد.

استناد: جعفرآقایی، م. (۱۴۰۲). اثر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط آب و هوایی استان اصفهان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۶ (۴)، ۶۶-۴۱.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21167.2570

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌عنوان یکی از محصولات مهم و راهبردی کشاورزی و ماده اولیه صنایع نساجی و همچنین به عنوان منبع تغذیه در دامپروری دارای نقش مهمی در ارزآوری و اشتغال‌زایی در بخش کشاورزی، صنعت و بازرگانی می‌باشد (۱). عوامل بسیاری در کسب عملکرد مطلوب در گیاه پنبه نقش‌آفرینی می‌نمایند که در میان آنها آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و اثرات متقابل آنها بر یکدیگر، تأثیر عمیقی بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه دارند و کمبود آب منجر به کاهش خصوصیات زراعی و نقصان عملکرد در این گیاه می‌گردد. کشور ایران به علت موقعیت خاص جغرافیایی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است. متوسط میزان بارش سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر است که حدود یک سوم متوسط میزان بارش جهانی می‌باشد (۲). تنش خشکی از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گوناگون، میزان تولید را تحت تأثیر قرارمی‌دهد؛ ولی میزان تأثیر آن بسته به نوع گونه گیاهی، زمان وقوع تنش خشکی و شدت آن متفاوت است. شدت و مدت تنش تعیین‌کننده میزان کاهش در عملکرد است که دلیل اصلی آن، کاهش در میزان فتوسنتز خالص است که به علت محدودیت‌های متابولیکی ایجاد می‌گردد (۳). در طی بروز تنش خشکی به علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود و در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌گردد (٤). از دلایل کاهش عملکرد، تخریب اکسیداتیو کلروپلاست‌ها و بسته شدن روزنه‌ها وایجاد دانه‌های ضعیف و نارس می‌باشد (۵). تنش خشکی رشد و عملکرد را تحت تأثیر خود قرار داده و افزایش شدت این تنش می‌تواند عملکرد آن را به شدت کاهش دهد (٦). خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد نهایی دانه اثر می‌گذارد (۷). کمبود آب به دلیل ایجاد فشار اسمزی، افزایش تنفس گیاه، کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش تقسیم سلولی منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (۸). تنش خشکی باعث کاهش میزان فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و روزنه‌ای، سرعت تعریق، محتوای رنگدانه‌ای، وزن خشک و محتوای نسبی آب برگ می‌گردد (۹). محتوای نسبی آب سلول نیز در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد و این افت محتوای نسبی آب سلول در اثر تنش خشکی، از طریق کاهش آماس سلولی باعث کاهش طویل شدن ساقه و برگ و فتوسنتز گیاه می‌شود (۱۰). در مطالعه‌ای روی گیاه نخود بیان شده است که تنش خشکی منجر به کاهش برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه از جمله شاخص پایداری غشای سلولی و محتوای آب برگ شده و از طرف دیگر مقدار اسمولیت‌هایی مانند پرولین و قندهای محلول تحت این شرایط افطایش یافته است (۱۱). همچنین برخی دیگر از مطالعات نشان دادند که در شرایط وقوع تنش خشکی خصوصیاتی از قبیل کلروفیل a، b کلروفیل کل و کاروتنوئیدها کاهش یافت (۱۱ و ۱۲) در گیاه ذرت نیز وقوع تنش خشکی منجر به کاهش محتوای کلروفیل برگ شده که در نتیجه آن میزان عملکرد نهایی دانه نیز کاهش یافته است (۱۳).

کاربرد کودهای شیمیایی جهت تغذیه گیاهان در دراز مدت سبب آلودگی‌های محیط زیست و به ویژه آلودگی منابع خاک و آب شده است که زنجیروار به منابع غذایی انسان ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره از جمله فسفر بارور۲ سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم خصوصاً در تیمار ترکیبی آنها شده است (١٤). کاربرد کودهای زیستی

منجر به افزایش جذب آب و برخی از عناصر غذایی شده و همین امر در بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه از قبیل شاخص پایداری غشای سلولی و محتوای نسبی آب برگها اثر دارد (۱۵). برخی از مطالعات در گیاه پنبه نشان دادند که با کاربرد کودهای زیستی خصوصیات رشدی گیاه افزایش یافته که در نتیجه آن منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد وش در این گیاه شده است (۱٦). هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد پنبه در منطقه اصفهان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره بر تعدادی از خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد پنبه در شرایط تنش خشکی صورت گرفت. آزمایش در ایستگاه تحقیقات شوری و اصلاح اراضی رودشت در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در سال ۱٤۰۰ صورت گرفت. این آزمایش به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش سطوح آبیاری شامل آبیاری معمول در طول دوره رشد به عنوان شاهد (٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش خفیف خشکی در طول دوره رشد (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید خشکی در طول دوره رشد (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به عنوان عامل اصلی و ٤ تیمارکود زیستی شامل عدم استفاده از کود زیستی (شاهد)، کود زیستی ازتوباکتر، کود زیستی بیوفسفر و تلفیق کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کودهای زیستی ازتوباکتر (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های محرک رشد) و بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های باسیلوس و سودوموناس)، از شرکت زیست فناوری فرزانگان تهیه و بر اساس توصیه شرکت سازنده (مصرف یک لیتر در هکتار)، به صورت بذر مال مصرف شدند. میزان کود مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک توسط بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تعیین شد (جدول ۱).

بر این اساس ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه نوبت، قبل از کاشت ۵۰ کیلوگرم، مرحله ٦ برگی حقیقی ۵۰ کیلوگرم و مرحله گلدهی ۱۵۰ کیلو گرم استفاده شد. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیم در هکتار قبل از کاشت مصرف شد. پس از اعمال تیمارهای آزمایشی صفات به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند:

شاخص پایداری غشای سلولی: از نمونه‌ها دیسک برگی تهیه شد و مقدار ۰/۱ گرم از آن درون فالکون تیوپ و در آون و اتوکلاو قرار داده شدند. پس از خروج و گذاشتن در دمای اتاق با استفاده از دستگاه EC متر، EC مربوط به هر فالکون تیوپ اندازه‌گیری شده و در نهایت با استفاده از فرمول زیر شاخص پایداری غشاء محاسبه گردید (۱۷):

شاخص پایداری غشای پلاسمایی = (۱ − c_1/c_2) *۱۰۰

در این فرمول c_1 و c_2 به ترتیب مقدار Ec در دمای ٤۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

محتوای نسبی آب برگ (RWC): برگ‌های مربوط به هر کرت به طور مجزا در یک پوشش پلاستیکی به آزمایشگاه انتقال یافت. در آزمایشگاه با ترازویی با دقت ۰/۰۱ وزن گردید (وزن تر) و سپس به مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر و در یخچال در دمای ٤ درجه

سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از این مدت برگ‌ها از آب مقطر خارج شد و بعد از این که آب روی آن‌ها با کاغذ صافی خشک شده مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ٤٨ ساعت در آون در دمای ٧٥ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک). مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (١٨):

١٠٠× ((وزن خشک – وزن اشباع) / (وزن خشک – وزن تر)) = مقدار نسبی آب برگ

جدول ١- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کشت

Table 1. Physical and biochemical properties of soil in experimrntal location before cultivation

عمق (سانتی‌متر) Deep (cm)	مجموع کلسیم و منیزیم (میلی اکی‌والان بر لیتر) Total Ca and Mg (mequ.l^{-1})	سدیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Na (mequ.l^{-1})	ازت کل (درصد) Total N(%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) N (mg.kg^{-1})
0-30	24	67	0.128	1.28	12.9	270
30-60	34	96	0.059	0.59	9	220

عمق (سانتی‌متر) Deep (cm)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) EC (µS.cm^{-1})	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
0-30	39	45	16	4.5	7.3	لومی رسی Clay loam
30-60	37	42	21	3.2	7.45	لومی رسی Clay loam

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) و کاروتنوئیدها نمونه‌های برگی (٠/٥ گرم) در ٥ میلی‌لیتر از دی‌متیل‌سولفوکسید، در دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد و به مدت ٤ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب در طول موج‌های ٦٦٥، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها محاسبه شد (١٩):

Chl a= (12.19 A665) – (3.45 A645)
Chl b= (21.99 A645 – 5.32 A665)
Chl t= Chl a + Chl b
Carotenoeid= (1000 A470 - 2.14 Chl a - 70.16 Chl b) / 220

میزان قند محلول با جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل jenway 6305 ساخت کشور انگلیس در طول موج ٤٨٥ نانومتر اندازه گیری شد (٢٠). همچنین جهت اندازه‌گیری پرولین از روش بیتز و همکاران (٢١) استفاده شد. بدین منظور میزان جذب نوری در ٥٢٠ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت. میزان پرولین استخراجی براساس میکرومول بر گرم با استفاده از منحنی استاندارد پرولین حاصل گردید. ارتفاع بوته با استفاده از میانگین ارتفاع در هر بوته اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری میزان عملکرد وش نیز، برداشت طی دو چین انجام شد. برای برداشت چین اول زمانی که ٥٠ درصد بوته‌هابه مرحله رسیدگی کامل رسیدند، برداشت از بوته‌های موجود در دو ردیف میانی هر کرت انجام شد و پس از جدا کردن وش از قوزه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی عملکرد وش براساس وزن برداشت شده اندازه‌گیری شد. چین دوم

حدوداً ۲۰ روز بعد از برداشت چین اول انجام شد. مجموع عملکرد دو چین به عنوان عملکرد کل وش در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و رسم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از روش LSD درسطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد، اثر تیمارهای تنش خشکی و کودهای زیستی بر صفات شاخص پایداری غشای سلولی، محتوای نسبی آب برگ‌ها، محتوای پرولین برگ‌ها و قندهای محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل تنش خشکی × کودهای زیستی بر محتوای پرولین برگ‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ ولی بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به خصوصیات فیزیولوژیک پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 1. Analysis of variance for physiological charactristics of cotton under drought stress and application of biofertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	شاخص پایداری غشای سلولی Membrane stability index	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	محتوای پرولین برگ Leaf proline content	محتوای قندهای محلول Soluble sugar content
تکرار Repeat	2	9.69	53.86	0.1	0.03
تنش خشکی Drought stress	2	1000**	707**	5.28**	1.76**
خطای a Error a	4	7.11	20.23	0.02	0.003
کود زیستی Biofertilizer	3	106**	167**	0.99**	0.14**
تنش خشکی*کودزیستی Drought*biofertilizer	6	25.37	2.96	0.21**	0.006
خطای b Error b	18	76.72	9.85	0.04	0.01
ضریب تغییرات(٪) CV (%)		5.29	4.67	9.8	10.03

*و** به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

* and ** shows significant at 5 and 1% respectively

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های آزمایش مشخص شد که شاخص پایداری غشای سلولی تحت تأثیر تیمار تنش خشکی قرار گرفت و مشخص شد که بالاترین میزان شاخص پایداری غشای سلولی به میزان ۸۲/۸ درصد در تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) به وقوع پیوست. بر طبق این نتایج مشخص گردید که افزایش شدت تنش خشکی منجر به کاهش میزان شاخص پایداری غشای سلولی در برگ‌های گیاه پنبه گردید به طوری که میزان شاخص پایداری غشای سلولی از ۸۲/۸ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۷٤/۲ و ٦۹ درصد در تیمارهای تنش خشکی خفیف و تنش خشکی شدید رسید و بین هر سه تیمار نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). افزایش میزان شدت تنش خشکی منجر به کاهش شاخص پایداری غشای سلولی شد و در شرایط فراهمی آب شاخص پایداری غشای سلولی بالاتر از دو شرایط تنش خشکی خفیف و شدید بود. شاخص پایداری غشای سلولی در نخود در شرایط تنش خشکی شدید کمتر از شرایط تنش خشکی متوسط بود و با فراهمی آب شاخص پایداری غشای سلولی به بالاترین میزان افزایش یافت (۲۲)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. نفوذپذیری سلول در نتیجه تغییر غشا سلولی افزایش می‌یابد که این امر باعث

تراوش الکترولیت‌ها از سلول می‌شود و اولین نتیجه تنش آبی آسیب به غشای سلول می‌باشد (۲۳). در این مطالعه نیز مشخص شد که افزایش شدت تنش خشکی بر روی شاخص پایداری غشای سلولی پنبه اثر منفی گذاشته و در تنش شدید بالاتر از سطوح تنش خفیف و شاهد بدون تنش خشکی بود و مقدار آن از ۸۲/۸ درصد در تیمار شاهد به ٦۰ درصد در تیمار تنش خشکی شدید رسید. عواملی که می توانند در آسیب به غشاء سلول تأثیر داشته باشند، سن برگ، موقعیت برگ در ساقه و شدت تنش خشکی می‌باشند (۲٦). تنش خشکی از تکامل دیواره ممانت نموده و باعث نشت بیشتر الکترولیت‌ها از دیواه سلولی شده و پایدای غشاء سلولی کاهش می‌یابد (۲۲).

نتایج حاصل نشان داد کاربرد کودهای زیستی اثر مثبت و معنی‌داری روی شاخص پایداری غشای سلولی برگ گیاه پنبه داشت و کاربرد بیوفسفر و ازتوباکتر با اثر سینرژیستی خود سبب شدند که شاخص پایداری غشای سلولی به بالاترین میزان خود (۸۰/۲۲ درصد) رسید که به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد و کاربرد بیوفسفر بود؛ ولی با تیمار کاربرد تنهای ازتوباکتر (۷۸/۳۳ درصد) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. بر طبق این نتایج مشخص شد که کمترین میزان شاخص پایداری غشای سلولی در تیمار شاهد و به میزان ۷۲/۲۲ درصد حاصل گردید و این تیمار نیز با تیمار کاربرد تنهای بیوفسفر (۷٦/۱۱ درصد) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر نسبت به تیمار شاهد منجر به افزایش شاخص پایداری غشای سلولی شده و این افزایش به دلیل ایجاد شرایطی است که خسارت کمتری به غشای سلولی وارد می‌گردد. خسارت به غشای سلولی در شرایطی که برای فعالیت‌های حیاتی گیاه مناسب نباشد از قبیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن ایجاد می‌گردد. افزایش بیشتر شاخص پایداری غشای سلولی با کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی بیوفسفر و ازتوباکتر ایجاد شده و این افزایش بیشتر به دلیل اثرات هم‌افزایش کاربرد هم‌زمان آنها در جذب آب و برخی از عناصر ضروری برای حیات گیاه می‌باشد (۲۷).

جدول ۳- مقایسه میانگین مربوط به خصوصیات فیزیولوژیک پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 3- Mean comparison for physiological charactristics of cotton under drought stress and application of biofertilizers

تیمارها Treatments	شاخص پایداری غشای سلولی (درصد) Membrane stability index (%)	محتوای نسبی آب برگ (درصد) Relative water content (%)	محتوای پرولین برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Proline content (mg/g)	محتوای قندهای محلول (میکروگرم بر گرم وزن تازه) Soluble sugar (µg.g)
تنش خشکی Drought stress				
شاهد Control	86.8^{a}	75.41^{a}	1.57^{c}	0.93^{c}
تنش خفیف Medium stress	74.2^{b}	65.75^{b}	2.3^{b}	1.24^{b}
تنش شدید Severe stress	69^{c}	60.25^{c}	2.9^{a}	1.7^{a}
کود زیستی Biofertilizer				
شاهد Control	72.22^{c}	62.22^{d}	1.85^{c}	1.51^{c}
بیوفسفر Biophosphore	76.11^{bc}	65.3^{c}	2.05^{c}	1.25^{bc}
ازتوباکتر Azotobacter	33.78^{ab}	68.7^{b}	2.38^{b}	1.31^{b}
بیوفسفر+ازتوباکتر Biophosphore+ Azotobacter	80.22^{a}	72.12^{a}	2.66^{a}	1.45^{a}

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

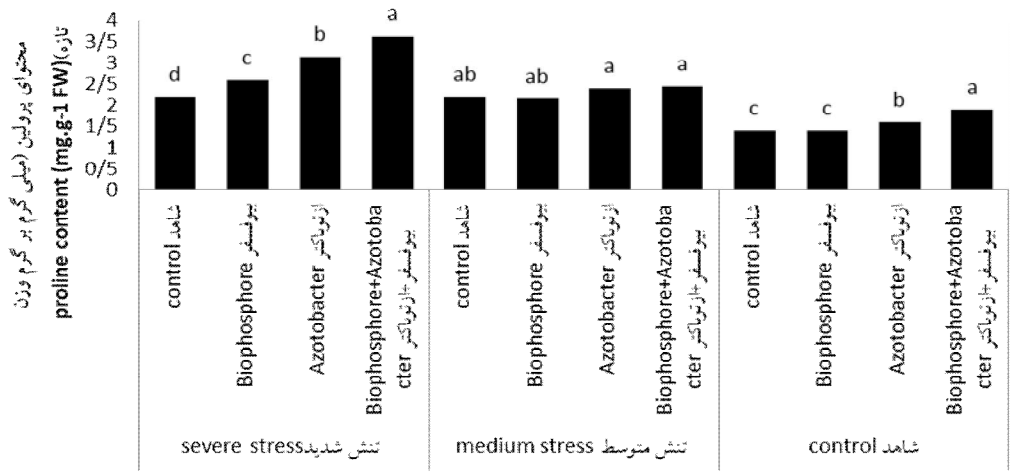
Means with at least one same letters had no significant difference at 5% based on LSD test

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی نشان داد محتوای نسبی آب برگ‌ها تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و در سطح تیمار شاهد بالاترین میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها به مقدار ۷۵/٤۱ درصد حاصل گردید. این در حالی بود که افزایش شدت تنش خشکی به کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها منجر گردید و میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها در تیمار تنش خفیف ٦۵/۷۵ درصد و در تیمار تنش شدید ٦۰/۲۵ درصد بود و بین هر سه سطح از تیمار تنش خشکی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی از محتوای نسبی آب برگ‌ها کاسته شد و شرایط آبی مطلوب سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها شد. در مطالعه‌ای مشابه مشخص شد که شرایط بدون تنش بالاترین محتوای نسبی آب برگ‌ها به میزان ۸۰ درصد حاصل شد و در شرایط تنش خشکی شدید کمترین محتوای نسبی آب برگ‌ها به میزان ٦٦ درصد حاصل شد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت (۲۵). عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب در گیاه محتمل‌ترین دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد. به عبارتی در شرایط تنش خشکی ریشه‌ها قادر به تأمین آب از دست رفته از طریق تعرق نبوده و در نتیجه پتانسیل آب برگ کاهش پیدا می‌کند. در آزمایشی دیگر مشخص شد که تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها شده است (۲٦). تغییرات RWC به قابلیت نگه داری تورم برگ‌ها تحت شرایط تنش بستگی دارد و پایین آمدن RWC و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۷).

صفت محتوای نسبی آب برگ‌ها تحت تأثیر تیمار کاربرد کودهای زیستی نیز قرار گرفت و بر طبق این نتایج مشخص شد که کاربرد تنهای کودهای زیستی و همچنین کاربرد هم‌زمان آنها سبب شد که محتوای نسبی آب برگ‌ها بیشتر از تیمار شاهد باشد. براین اساس مشخص شد که کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها به مقدار ٦۲/۲۲ درصد در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی حاصل گردید و کاربرد تنهای کودهای زیستی مقدار محتوای نسبی آب برگ‌ها را افزایش داد به طوری که کاربرد تنهای بیوفسفر و ازتوباکتر سبب شد که محتوای نسبی آب برگ‌های پنبه به ترتیب به ٦۵/۳۳ و ٦۸/۷۷ درصد رسیده و اختلاف بین این سه تیمار نیز از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین بر طبق این نتایج مشخص شد که کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی بیوفسفر و ازتوباکتر با اثر هم‌افزایی خود سبب شد که میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها به بالاترین مقدار خود یعنی ۷۲/۲۲ درصد رسیده و این سطح از تیمار کاربرد کودهای زیستی نیز با سایر سطوح کاربرد کودهای زیستی دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). در این مطالعه کاربرد کودهای زیستی به طور هم‌زمان و یا به صورت کاربرد انفرادی آنها محتوای نسبی آب برگ‌ها را نسبت به تیمار عدم کاربرد آنها افزایش داده است. البته در بین کاربرد تنهای ازتوباکتر و بیوفسفر نیز برتری با کاربرد ازتوباکتر بوده که در تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه اثر بیشتری داشته است و بدیهی است که کاربرد هم‌زمان آنها با تهیه فسفر و نیتروژن بیشتر برای گیاه منجر به افزایش بیشتر محتوای نسبی آب برگ‌ها شده است. در برخی دیگر از مطالعات نیز افزایش محتوای نسبی آب برگ با فراهمی عناصری از قبیل نیتروژن گزارش شده است (۲۸). افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه لوبیا با کاربرد نیتروژن ممکن می‌باشد (۲۷).

محتوای پرولین برگ‌ها از صفاتی بود که تحت تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی قرار گرفت. بر این اساس مشخص شد که هر چند که

تنش خشکی منجر به افزایش محتوای پرولین برگ‌های پنبه شد؛ ولی با کاربرد کودهای زیستی نیز محتوای پرولین برگ‌ها افزایش یافت به‌طوری که بالاترین محتوای پرولین برگ‌ها به میزان ۳/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ‌ها در تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر و در سطح تیمار تنش خشکی حاصل شد و این تیمار با سایر تیمارهای آزمایش دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود. در سطوح مختلف تیمار تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی کاربرد هم‌زمان ازتوباکتر و بیوفسفر محتوای پرولین برگ‌ها را نسبت به کاربرد تنهای آنها و همچنین عدم کاربرد آنها افزایش داد. در همه سطوح تیمار کاربرد کودهای زیستی نیز کمترین محتوای پرولین برگ‌ها در سطح تیمار شاهد بدون وقوع تنش خشکی به دست آمد. بر این اساس و با توجه به اینکه عدم کاربرد کودهای زیستی هم سبب شد که کمترین میزان محتوای پرولین برگ‌ها در سطوح مختلف تنش خشکی حاصل گردد، نتایج نشان داد در بین همه تیمارها کمترین میزان محتوای پرولین برگ‌ها به مقدار ۱/٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه در سطح تیمار شاهد بدون تنش خشکی و عدم کاربرد کودهای زیستی و همچنین کاربرد کود بیوفسفر حاصل شد. در دو سطح تیمار شاهد و تنش خشکی خفیف بین سطوح شاهد و کاربرد تنهای کود بیوفسفر از تیمار کودهای زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی در سطح تیمار تنش خشکی شدید اختلاف بین این دو سطح از تیمار کودهای زیستی با هم معنی‌دار بود (شکل ۱). هر چند که در این مطالعه کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش محتوای اسیدآمینه پرولین گردید ولی مشاهده شد که میزان اسیدآمینه پرولین در شرایط تنش خشکی شدید بسیاربالاتر از شرایط تنش خشکی خفیف و همچنین شرایط بدون وقوع تنش خشکی بود. در مطالعه‌ای مشابه مشخص شد که وقوع تنش خشکی محتوای پرولین برگ‌های ارقام لوبیا را به میزان بیشتری افزایش داد (۲۹). اغلب آمینواسیدها مثل پرولین ممکن است نقش محافظت کننده برای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و دیگر سیستم‌های غشایی تحت شرایط تنش داشته باشند که افزایش میزان آنها در شرایط تنش خشکی نقش حفاظتی از بافتها در برابر اثرات منفی ناشی از تنش از قبیل تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن را داشته و گیاه را در برابر این شرایط نامساعد دریک حالت پایدار نگه می‌دارند (۲۹). به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد و در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل شده سازگار است که تجمع می‌یابد (۲٤). پرولین از طریق حفظ ظرفیت آبگیری در سیتوپلاسم سلول منجر به حفظ ساختار ماکرومولکول‌ها، ازجمله آنزیم‌ها می‌شود تا از تشکیل شکل‌های نامطلوب و یا قطعه قطعه شدن آنها جلوگیری به عمل آید و می‌توان عنوان داشت که پرولین عمل حفاظتی و کاهش پتانسیل اسمزی، حفاظت ماکرومولکول‌ها و غشا، ثبات اسیدیته ، منبع ازت، تنظیم کننده واکنش‌های اکسیداسیون و احیا را به عهده دارد و به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد (۳۰). افزایش محتوای پرولین در اثر تنش خشکی گزارش شده و عنوان شد که کاربرد عناصری از قبیل نیتروژن محتوای پرولین برگ را در شرایط تنشی و عدم تنش افزایش داده است (۲۵) که با یافته‌های این مطالعه مبنی بر افزایش محتوای پرولین با کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره در شرایط مختلف تنشی مطابقت داشت.



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی بر محتوای پرولین برگ پنبه

Figure 1- Interaction effect of drought stress and biofertilizers on proline content of cotton

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

Columns with at least one same letters had no significant difference at 5% based on LSD test

محتوای قندهای محلول نیز از صفاتی بود که تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار تنش خشکی قرار گرفت و افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش محتوای قندهای محلول گردید. در سطح تیمار شاهد بدون تنش خشکی محتوای قندهای محلول به میزان ۰/۹۳ میکروگرم بر گرم وزن تازه بود که کمتر از سایر سطوح تیمار تنش خشکی بود. افزایش شدت تنش خشکی در سطوح تنش خشکی خفیف و شدید سبب شد که محتوای قندهای محلول به‌ترتیب به ۱/۲٤ و ۱/۷ میکروگرم بر گرم وزن تازه رسید که نسبت به تیمار شاهد دارای افزایش معنی‌دار بود و بین هر سه سطح از تیمار تنش خشکی اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۳). تنش خشکی سبب شد که محتوای قندهای محلول در گیاه پنبه افزایش یابد و افزایش قندهای محلول به دلیل ایجاد تنظیم اسمزی و در نتیجه کاهش هدرروی آب در گیاه ایجاد شده که به حفظ وضعیت پایدار سلول‌های گیاهی در شرایط تنش خشکی کمک می‌نماید. مواد محلول سازگار مانند قندهای محلول با واکنش‌های عادی بیوشیمیایی سلول تداخل ندارند و به عنوان محافظان اسمزی در طی تنش اسمزی عمل می‌کنند (۳۱). در مطالعه دیگر مشخص شد که افزایش شدت تنش خشکی منجر به افزایش محتوای قندهای محلول در برگ نخود شد و عنوان داشتند که وظیفه اصلی قندهای محلول در گیاه تنظیم اسمزی بوده که این تنظیم اسمزی مانع از هدرروی بیشتر آب از گیاه شده و به حفظ وضعیت پایداری گیاه کمک می‌نماید (۲۲).

کاربرد کودهای زیستی ازته و فسفره اثر معنی‌دار بر افزایش محتوای قندهای محلول در برگ‌های گیاه پنبه داشت به طوری که کاربرد همزمان کودهای ازتوباکتر و بیوفسفر با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش بیشتر محتوای قندهای محلول تا ۱/٤۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه شد که نسبت به سایر سطوح تیمار کاربرد کود دارای تفاوت آماری معنی‌دار بود. از طرفی نتایج نشان داد که عدم کاربرد کودهای زیستی سبب شد که کمترین میزان محتوای قندهای محلول به میزان ۱/۱۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه حاصل گردد که این سطح از تیمار کود زیستی با کاربرد بیوفسفر (۱/۲۵ میکروگرم بر گرم وزن تازه) تفاوت معنی‌داری نداشت در حالی که با سایر سطوح دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین بین تیمار کاربرد بیوفسفر با کاربرد ازتوباکتر (۱/۳۱ میکروگرم بر گرم

وزن تازه) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش محتوای قندهای محلول در گیاه ماش شده است (۳۱) که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. در شرایط تنش خشکی کاربرد کودهای زیستی اثر مثبت بر انباشت قندهای محلول داشته و انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی، تاثیر زیادی از نظر تأمین انرژی و جلوگیری از مرگ حتمی ایفا می‌کنند (۳۲). افزایش قندهای محلول در شرایط فراهمی عناصر غذایی به دلیل افزایش میزان کربوهیدرات‌های سنتز شده در داخل گیاه بوده که در نتیجه آن قندهای محلول و غیر محلول نیز افزایش می‌یابند (۲۲).

نتایج نشان داد اثر تیمارهای تنش خشکی و کودهای زیستی بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تنش خشکی × کودهای زیستی فقط بر محتوای کلروفیل کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول٤).

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به رنگیزه های فتوسنتزی برگ پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 4- Analysis of variance for leaf pigments of cotton under drought stress and application of biofertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	کلروفیل a Chl-a	کلروفیل b Chl-b	کلروفیل کل Chl-ab	کاروتنوئید Carotenoid
تکرار Repeat	2	0.019	0.007	0.003	0.004
تنش خشکی Drought stress	2	2.63**	0.75**	10.35**	3.87**
خطای a Error a	4	0.031	0.002	0.016	0.003
کود زیستی Biofertilizer	3	0.51**	0.062**	1.5**	0.24**
تنش خشکی*کودزیستی Drought*biofertilizer	6	0.031	0.006	0.21**	0.018
خطای b Error b	18	0.036	0.002	0.035	0.008
ضریب تغییرات(٪) CV (%)		13.5	11.2	9.65	7.13

*و** به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

* and ** shows significant at 5 and 1% respectively

نتایج نشان داد محتوای کلروفیل a در برگ‌های پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت به طوری که در شرایط وقوع تنش خشکی محتوای کلروفیل a کاهش یافت و بالاترین محتوای کلروفیل a در تیمار شاهد بدون تنش خشکی حاصل شد (۱/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ). بر این اساس مشخص شد که تنش خشکی و به خصوص تنش خشکی با شدت بالاتر سبب شد که محتوای کلروفیل a به میزان بیشتری کاهش یابد به طوری که محتوای کلروفیل a از ۱/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه در تیمار شاهد به مقادیر ۱/۳۲ و ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ به ترتیب در تیمارهای تنش خفیف و تنش شدید کاهش یافت (جدول ۵)). شرایط تنش خشکی خفیف و همچنین تنش خشکی شدید با اثر منفی بر سنتز و پایداری کلروفیل منجر به کاهش محتوای کلروفیل a شدند. برخی دیگر از مطالعات نیز بیانگر کاهش محتوای کلروفیل a تحت شرایط تنش خشکی شدند (۲۹)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی گزارش شده و عنوان شد که در شرایط عدم وجود تنش خشکی خسارات ناشی از رادیکال‌های آزاد کمتر بوده و در

نتیجه محتوای کلروفیلی برگ بالاتر از شرایط وجود تنش خشکی بود (۳۳). در شرایط وقوع تنش خشکی آسیب به کلروفیل و در نتیجه تخریب آنها افزایش یافته و به همین دلیل محتوای کلروفیل a تحت این شرایط کاهش می‌یابد (۳٤). میزان کلروفیل در بسیاری از گیاهان متأثر از خشکی می‌باشد و می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت به خشکی قرار گیرد (۳۰). تأثیر منفی تنش خشکی بر میزان کلروفیل a در گیاه پنبه بیشتر از کلروفیل b است به طوریکه با اعمال تنش در مراحل گلدهی و رویشی در مقایسه با شاهد میزان کلروفیل a نسبت به کلروفیل b کاهش بیشتری نشان داد (۳۵). در مطالعه‌ای دیگر عنوان شده است که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش می‌یابد و ارقام دارای محتوی کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند (۲۲). از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده میتوان به تخریب غشاهای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد (۳٦). همچنین با افزایش مقدار برخی از تنظیم کننده‌های رشد نظیر اتیلن و آبسیزیک اسید در اثر تنش خشکی فعالیت کلروفیلاز تحریک می‌شود (۷).

براساس این نتایج مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و بیوفسفر دارای اثر مثبت بر افزایش محتوای کلروفیل a بود. هرچند کمترین محتوای کلروفیل a در تیمار شاهد به میزان ۱/۰٦ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ حاصل گردید ولی نتایج نشان داد کاربرد تنهای بیوفسفر و ازتوباکتر محتوای کلروفیل a توانست محتوای کلروفیل a را به ترتیب به ۱/۲۷ و ۱/٤۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه رسانده و اختلاف بین تیمار شاهد با دو هر دو تیمار معنی‌دار بود ولی دو تیمار کاربرد بیوفسفر و ازتوباکتر با هم اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. کاربرد هم‌زمان بیوفسفر و ازتوباکتر نیز توانست محتوای کلروفیل a در برگ‌های پنبه را تا ۱/۵٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه افزایش داده که بالاترین میزان را در بین سایر تیمارهای آزمایش دارا بود و با تیمار شاهد و کاربرد بیوفسفر اختلاف آماری معنی‌دار داشت ولی اختلاف آن با تیمار کاربرد ازتوباکتر معنی‌دار نبود (جدول ۵). محتوای کلروفیل a تحت تأثیر تیمار کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت و نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر افزایش محتوای کلروفیل a با کاربرد کودهای بیوفسفر و ازتوباکتر بود. از طرفی بر طبق این نتایج مشخص شد که کاربرد هم‌زمان دو کود زیستی محتوای کلروفیل a را به میزان بیشتری افزایش داد. کاربرد هم‌زمان کودهای ازتوباکتر و بیوفسفر با افزایش فراهمی جذب نیتروژن و فسفر زمینه را برای افزایش سنتز کلروفیل a فراهم نموده و در نتیجه با اثر هم‌افزایی خود منجر به افزایش بیشتر محتوای کلروفیل a در گیاه پنبه شده است. تنش خشکی منجر به کاهش محتوای کلروفیل a در گیاه نخود شد و از طرف دیگر فراهمی عناصری مانند نیتروژن محتوای کلروفیل a را در ارقام مختلف افزایش داده است (۲۲). افزایش محتوای کلوفیل a را در شرایط فراهمی عناصری از قبیل نیتروژن گزارش شد (۲٤). تنش خشکی محتوای کلروفیل a در گیاه کاهو را کاهش داد ولی کاربرد کودهای زیستی توانست این کاهش را تا حدودی جبران نموده و منجر به افزایش محتوای کلروفیل a در برگ‌های گیاه گردید (۳۷). آنها همچنین عنوان داشتند که کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش خشکی در افزایش محتوای کلروفیل a اثر بیشتری داشته و توانسته تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر محتوای کلروفیل a را جبران نماید. در مطالعه حاضر نیز هر چند اثر متقابل تنش خشکی و

کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل a گیاه پنبه معنی‌دار نشد ولی مشخص شد که علاوه بر اینکه تنش خشکی محتوای کلروفیل a را کاهش داد و کاربرد کودهای زیستی به خصوص کاربرد هم‌زمان بیوفسفر و ازتوباکتر محتوای کلروفیل a را افزایش داده است. در مطالعه‌ای دیگر نیز کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش محتوای کلروفیل a گردید (۳۸).

جدول ۵- مقایسه میانگین مربوط به رنگیزه های فتوسنتزی برگ پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 5. Mean comparison for leaf pigments of cotton under drought stress and application of biofertilizers

تیمارها Treatments	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Chl-a (mg/g)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Chl-b (mg/g)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Chl-ab (mg/g)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Carotenoid (mg/g)
تنش خشکی Drought stress				
شاهد Control	1.8[a]	0.73[a]	2.91[a]	1.81[a]
تنش خفیف Medium stress	1.32[b]	0.49[b]	1.76[b]	1.25[b]
تنش شدید Severe stress	0.89[c]	0.23[c]	1.06[c]	0.68[c]
کود زیستی Biofertilizer				
شاهد Control	1.06[c]	0.39[d]	1.44[d]	1.06[d]
بیوفسفر Biophosphore	1.27[b]	0.45[c]	1.8[c]	1.18[c]
ازتوباکتر Azotobacter	1.45[ab]	0.52[b]	2.03[b]	1.28[b]
بیوفسفر+ازتوباکتر Biophosphore+ Azotobacter	1.56[a]	0.58[a]	2.38[a]	1.46[a]

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

Means with at least one same letters had no significant difference at 5% based on LSD test

نتایج نشان داد محتوای کلروفیل b نیز تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت و در شرایط بدون تنش خشکی محتوای کلروفیل b بالاتر از شرایط وقوع تنش خشکی بود (۰/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه). وقوع تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل b در برگ‌های گیاه پنبه شد و کمترین محتوای کلروفیل b در تیمار تنش خشکی شدید به میزان ۰/٤۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه حاصل گردید و اختلاف بین این تیمار با تیمار شاهد معنی‌دار شد، هر چند که اختلاف بین تیمار شاهد با تیمار تنش خشکی خفیف (۰/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) نیز معنی‌دار بود (جدول ۵). در شرایط وقوع تنش خشکی علاوه بر کاهش محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b نیز کاهش یافت که این کاهش را می‌توان به اثر منفی تنش خشکی بر غشای تیلاکوئیدی نسبت داد که در نهایت کاهش سنتز و پایداری کلروفیل را به همراه خواهد داشت (۲۹). کاهش محتوای کلرفیل b در نخود در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید گزارش شد (۲٤) که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. در اثر تنش خشکی، تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل‌های a و b، کاروتن، یولوگزانتین و نئوگزانتین کاهش می‌یابد. البته از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد چون با کاهش کلروفیل الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و به دنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد (۳۹). کاهش در محتوای کلروفیل به احتمال زیاد به دلیل افزایش کاتابولیسم کلرفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشد

کـه ایـن فراینـد نیـز خـود نتیجـه‌ی فـراهم نبـودن فاکتورهـای لازم جهـت سـنتز کلروفیـل و تخریـب ساختمان آن در شرایط تنشی می‌باشد (٤۰).

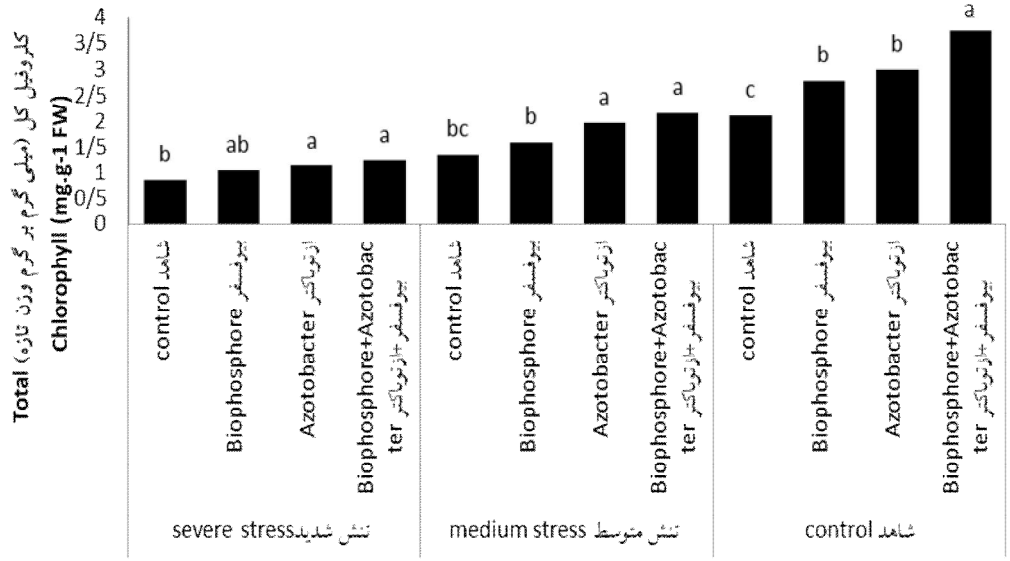
کاربرد کودهای زیستی نیز توانست کلروفیل b را نسبت به تیمـار شـاهد افـزایش دهـد و در ایـن بـین کاربرد هم‌زمان کودهای ازتوبـاکتر و بیوفسـفر بـا اثـر هم‌افزایی بیشتر این دو کود نسبت بـه تیمـار شـاهد و کاربرد تنهای هر کدام از این دو کود زیستی توانسـت محتوای کلروفیل b را به بـالاترین میـزان یعنـی ۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برساند. از طرفی نتایج نشان داد که با توجه به اینکه بین هر چهار سـطح از تیمـار کاربرد کودهای زیستی با هم اختلاف معنی‌دار وجـود داشـت محتـوای کلروفیـل b در تیمارهـای کـاربرد بیوفسفر و ازتوباکتر به ترتیب ۰/٤۵ و ۰/۵۲ میلی‌گـرم بر گرم وزن تازه برگ بود. کمترین محتوای کلروفیـل b نیز به میزان ۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ به تیمار شاهد تعلق داشت (جـدول ۵). در ایـن مطالعـه غلظت کلروفیل تحت تأثیر تیمارهای کاربرد کودهـای زیستی قرار گرفت و مشخص شد که کاربرد هم‌زمـان دو کود ازتوباکتر و بیوفسفر توانست میزان کلروفیل b را به میزان بیشـتری نسـبت تیمـار عـدم کـاربرد آنهـا افزایش دهد. البته کاربرد هم‌زمان بیوفسفر و ازتوباکتر نسبت به کاربرد تنهای آنها توانست محتوای کلروفیـل b را به میزان بیشتری افزایش دهد که ناشی از اثـرات سینرژیستی آنها می‌باشد. افزایش محتوای کلروفیـل b با کاربرد کودهای زیستی در برخی دیگر از مطالعـات نیز گزارش شده است (۳۷)، کـه تأییـد کننـده نتـایج حاصل از این مطالعه می‌باشد. عـدم تـأمین دو عنصـر فسفر و نیتروژن در تیمار شاهد سبب شد که کمتـرین محتوای کلروفیل b حاصل گـردد و کـاربرد کودهـای زیستی ازتوباکتر و بیوفسـفر توانسـت ایـن کمبـود را جبران نموده و منجر به افزایش محتـوای کلروفیـل b گردید. برخی دیگر از مطالعات بیانگر افزایش محتوای کلروفیل b با کاربرد کودهای زیستی می‌باشد که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد (٤۱). گرچه تـنش خشـکی ممکـن اسـت از طریـق تخریـب کلروفیل‌های برگ منجر به کاهش محتوای کلروفیل b گردد ولی کاربرد کودهای زیستی می‌تواند این اثـرات منفی را کم نموده و منجر به افزایش محتوای کلروفیل b گردد. افزایش محتوای کلروفیـل b در اثـر کـاربرد کودهای زیسـتی بـه دلیـل افـزایش جـذب برخـی از ترکیبات دخیل در سنتز کلروفیـل b توسـط کودهـای زیستی رخ می‌دهد (٤۲).

نتایج نشان داد محتوای کلروفیل کل تحـت تـأثیر متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی قرار گرفت. بر این اساس مشـخص شـد کـه افـزایش شـدت تـنش خشکی در همه سطوح تیمار کودها زیستی منجـر بـه کاهش محتوای کلروفیل کل در برگ‌های پنبه گردیـد. از طرفی نتایج نشان داد در همه سـطوح تیمـار تـنش خشکی نیز کاربرد تنها و هـم‌زمـان کودهـای زیسـتی بیوفسفر و ازتوباکتر منجر به افزایش محتوای کلروفیل کل در بـرگ‌هـای پنبـه گردیـد. براسـاس ایـن نتـایج مشخص شد که بـالاترین محتـوای کلروفیـل کـل در تیمـار شـاهد و کـاربرد تـوأم کودهـای بیوفسـفر و ازتوباکتر به میزان ۳/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصـل شد و این تیمـار بـا سـایر تیمارهـای آزمـایش دارای اختلاف آماری معنی‌داری بـود. هـر چنـد در سـطوح مختلف تنش خشکی کاربرد ازتوباکتر نسبت به کاربرد بیوفسفر به تنهایی محتوای کلروفیل کل را افزایش داد ولی نتایج نشان داد که اختلاف بین آنها فقط در سطح تیمار تنش خشکی خفیف معنـی‌دار بـود و در سـطح تیمار تنش خشکی شدید و شاهد بین این دو کـود از نظر محتوای کلروفیل کل اختلاف آمـاری معنـی‌داری مشاهده نشد. در همه سطوح تیمار تنش خشـکی نیـز کمترین محتوای کلروفیل کل در تیمار شـاهد حاصـل گردید به طوری که محتـوای کلروفیـل کـل در تیمـار

بدون کاربرد کودهای زیستی در سطوح شاهد، تنش خشکی خفیف و تنش خشکی شدید به ترتیب ۲/۱۱، ۱/۳۵ و ۰/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ بود و بین هر سه تیمار نیز از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت (شکل ۲). کاهش محتوای کلروفیل کل در شرایط تنش خشکی در سطوح مختلف کودهای زیستی مشاهده گردید و به علاوه مشخص شد که در شرایط تنش خشکی و حتی در شرایط عدم وقوع تنش خشکی، کاربرد کودهای زیستی فسفره و نیتروژنه و به خصوص کاربرد هم‌زمان آنها توانست محتوای کلروفیل کل پنبه را به طور معنی‌داری افزایش دهد و از این طریق تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را کاهش دهد. با توجه به نتایج در شرایط تنش شدت میزان کلروفیل کل کاهش می‌یابد؛ زیرا ماده پیش ساخت آن یعنی گلوتامات صرف تولید اسیدآمینه پرولین می‌شود. گلوتامات از احیای ازت معدنی یا هیدرولیز پروتئین‌ها حاصل می‌شود. گلوتامین کیناز آنزیم سازنده پرولین در کلروپلاست قرار دارد و تنش خشکی یا شوری برای فعال شدن این آنزیم اثر تحریک کننده دارد؛ اما تنش‌ها مانع تشکیل گلوتامات لیگاز می‌شوند که این آنزیم در سنتز کلروفیل نقش دارد (۲٤). کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را می‌توان به اکسیداسیون لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها نسبت داد (٤۳). در شرایط وقوع تنش خشکی و همچنین در شرایط عدم وجودتنش خشکی کاربرد کودهای زیستی توانست محتوای کلروفیل کل را افزایش دهد و این افزایش محتوای کلروفیل کل با کاربرد هم‌زمان دو کود بیوفسفر و ازتوباکتر به طور هم‌افزایی بیشتر شد. برخی دیگر از مطالعات نیز بیانگر افزایش محتوا کلروفیلی برگ با کاربرد کودهای زیستی هستند که این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش جذب عناصر مورد نیاز گیاه برای رشدو هم‌چنین سنتز بیشتر پیش ساز کلروفیل بوده که کاربرد کودهای زیستی در این امر نقش مهمی دارد (٤۲). افزایش محتوای کلروفیلی برگ در اثر کاربرد کودهای زیستی در گیاه کاهو گزارش شد (۳۷)، که تأیید کننده نتایج این مطالعه بوده و عنوان داشتند که کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی توانست محتوای کلروفیلی برگ را افزایش داده و این افزایش در شرایط تنش خشکی قابل توجه بود. کاربرد کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی می‌تواند منجر به افزایش محتوای کلروفیلی برگ گردد و تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر محتوای کلروفیلی برگ را جبران نماید (۳۸). به احتمال زیاد یکی از دلایل افزایش محتوای کلروفیلی برگ در شرایط تنش خشکی افزایش سهم کربن جهت سنتز ترکیبات ایزوپرنوئیدی مانند کلروفیل توسط میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی می‌باشد (٤۲).

نتایج نشان داد محتوای کاروتنوئید برگ تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی قرار گرفت و تنش خشکی منجر به کاهش محتوای کاروتنوئید برگ گیاه پنبه گردید به طوری که محتوای کاروتنوئید در تیمارهای تنش خشکی خفیف و شدید به‌ترتیب ۱/۲۵ و ۰/٦۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ بود و بین آنها از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین محتوای کاروتنوئید برگ در تیمار شاهد برابر با ۱/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ بود که بالاترین میزان را نسبت به دو تیمار تنش خشکی داشت و اختلاف آن نیز با این دو تیمار از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). کاروتنوئید یکی از رنگیزه‌های مهم فتوسنتزی است که در این مطالعه تنش خشکی منجر به کاهش محتوای آن در گیاه پنبه شده است؛ ولی در شرایط تنش خشکی خفیف و شرایط بدون تنش خشکی محتوای

کاروتنوئیدی برگ بالاتر از شرایط تنش خشکی شدید می‌باشد. کاهش فعالیت‌های بیوشیمیایی فتوسنتزی تحت تنش خشکی به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای و درنتیجه کاهش مقدار گازکربنیک در کلروپلاست و کاروتنوئید برگ است (٤٤). به نظر می‌رسد با کاهش سطح برگ از یک طرف و بسته شدن روزنه‌ها ناشی از تنش خشکی و نیز کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گازکربنیک، شرایطی برای کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل و کاروتنوئید فراهم می‌شود که خود باعث تقلیل فرایند فتوسنتز می‌شود (٤٥).



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی و کودهای زیستی بر محتوای کلروفیل کل گیاه پنبه

Figure 2. Interaction effect of drought stress and biofertilizers on total cholorophyll content of cotton

ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

Columns with at least one same letters had no significant difference at 5% based on LSD test

کاربرد کودهای زیستی نیز دارای اثر مثبت بر محتوای کاروتنوئید برگ گیاه پنبه داشت به طوری که کاربرد هم‌زمان بیوفسفر و ازتوباکتر با اثر هم‌افزایی خود منجر به افزایش محتوای کاروتنوئید به بالاترین میزان (۱/٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ) شد و این تیمار به سه سطح دیگر دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد کاربرد تنهای ازتوباکتر (۱/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ) نسبت به کاربرد تنهای بیوفسفر (۱/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ) از نظر محتوای کاروتنوئید برگ دارای برتری بود و دارای اختلاف معنی‌دار نیز بودند. کمترین محتوای کاروتنوئید نیز مربوط به تیمار شاهد (۱/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه برگ) بود و این تیمار نیز با سایر تیمارهای آزمایش دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). کاربرد کودهای زیستی بیوفسفر و ازتوباکتر منجر به افزایش محتوای کاروتنوئید در برگ‌های پنبه شده است و این افزایش با کاربرد هم‌زمان دو نوع کود زیستی به میزان بیشتری افزایش یافته است که بیانگر اثر سینرژیستی کاربرد این دو کود بر افزایش محتوای کاروتنوئیدهای برگ شده است. میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی با ایجاد تغییرات ژنتیکی و افزایش، رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل و کاروتنوئید، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان‌ها و محلول‌های اسمزی سلولی باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر خشکی می‌گردند (٤٦). کاربرد کودهای زیستی در شرایط

تنش خشکی موجب کاهش تخریب نوری ساختارهای فتوسنتزی گیاه شده و در نتیجه آن باعث حفظ ساختار کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ می‌گردد (٤٧). همچنین عنوان شده است که کاربرد کودهای زیستی از طریق بهبود روابط آبی گیاه سبب افزایش تعرق شده که در این شرایط دمای برگ کاهش یافته و از آسیب وارد شده ناشی از افزایش دما در شرایط تنش خشکی به ساختارهای فتوسنتزی مانند غشا تیلاکوئیدها جلوگیری شده و محتوای کلروفیلی برگ و کاروتنوئید در شرایط پایداری باقی می‌ماند (٤٨).

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر تنش خشکی بر ارتفاع بوته و عملکرد وش در سطح یک درصد معنی‌دار شد. این در حالی بود که اثر تیمار کودهای زیستی بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد و بر عملکرد وش در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ٦).

جدول ٦- تجزیه واریانس مربوط به ارتفاع بوته و عملکرد وش پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 6. Analysis ov variance for plant height and yield of cotton under drought stress and application of biofertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع بوته Plant hight	عملکرد وش Gin Yield
تکرار Repeat	2	5.44	9724
تنش خشکی Drought stress	2	1752**	12498870**
خطای a Error a	4	12.52	47688
کود زیستی Biofertilizer	3	417**	746331*
تنش خشکی*کودزیستی Drought*biofertilizer	6	2.19	528670
خطای b Error b	18	9.46	89690
ضریب تغییرات(٪) CV (%)		4.33	11.84

** بیانگر معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.

** shows significant at 1%

نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمایش نشان داد تنش خشکی منجر به کاهش میزان ارتفاع بوته در گیاه پنبه گردید به طوری که ارتفاع بوته در تنش شدید کمتر از تنش خفیف و شاهد بود و در سطح تیمار تنش شدید ارتفاع بوته ۵۸/۹۱ سانتی‌متر بود در حالی که در تیمار تنش خفیف و شاهد ارتفاع بوته به ترتیب ۷۰/۸۳ و ۸۳/۰۸ سانتی‌متر بود (جدول ۷)). کاهش رشد گیاه در اثر تیمارهای تنش خشکی خفیف و شدید منجر به کاهش ارتفاع بوته پنبه شده است. نتایج برخی دیگر از مطالعات نیز بیانگر کاهش میزان ارتفاع بوته پنبه در اثر کمبود آب بوده و بیان داشتند که آبیاری در حد نرمال منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شده است (٤٩)، که با نتایج حاصل از این طالعه مطابقت داشت. کاهش میزان ارتفاع بوته در پنبه در شرایط کمبود آب گزارش شد (۵۰) و عنوان شد که تنش خشکی منجر به کاهش میزان رشد در گیاه شده و در نتیجه آن کاهش میزان ارتفاع بوته را به همراه داشته است. کاهش رشد در نتیجه کاهش تقسیم سلولی و همچنین با از دست دادن آب و کاهش حجم سلول رخ داده که این پدیده در ساقه گیاه خود را به صورت کاهش میزان ارتفاع بوته نمایان می‌کند. در این مطالعه مشخص شد که در شرایط تنش خشکی خفیف و تنش خشکی شدید میزان ارتفاع بوته نسبت به شرایط بدون تنش خشکی به ترتیب ۱۲ و ۳۰ درصد کاهش یافته و بیانگر اثر معنی‌دار تنش خشکی در کاهش میزان ارتفاع بوته پنبه می‌باشد. بسته شدن روزنه‌ها، کاهش ورود دی اکسیدکربن، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش سنتز و تسهیم مواد فتوسنتزی در

گیاه و اختصاص کمتر این آسیمیلاتها به رشد رویشی از دلایل کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی عنوان شده است (۵۱).

همچنین نتایج نشان داد ارتفاع بوته با کاربرد کودهای زیستی نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت. نتایج نشان داد بیشترین میزان ارتفاع بوته به مقدار ۷۹/۵۵ سانتی‌متر متعلق به تیمار کاربرد همزمان بیوفسفر و ازتوباکتر بود. بین کاربرد تنهای بیوفسفر و ازتوباکتر از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و نتایج نشان داد کمترین میزان ارتفاع بوته به مقدار ٦۲/۸۸ سانتی متر متعلق به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی بود (جدول ۷). کاربرد کودهای زیستی توانست میزان ارتفاع بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد (۱)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. آنها در این مورد بیان داشتند که در بوته‌هایی که ارتفاع بالاتری داشتند، کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش میزان رشد در گیاه به واسطه افزایش تأمین مواد فتوسنتزی برای بخشهای مختلف گیاه شده و از این رو دارای ارتفاع بالاتری نسبت به بوته‌های شاهد بودند. کودهای زیستی با فراهم نمودند عناصری مانند نیتروژن و فسفر و همچنین سایر عناصر ریزمغذی و افزایش توانایی گیاه در جذب آب توانستند در افزایش ارتفاع بوته پنبه دخالت داشته باشند. کاربرد کودهای زیستی با افزایش سطح برگ در بوته منجر به ا فزایش فتوسنتز، افزایش رشد و در نهایت افزایش ارتفاع بوته پنبه شده است. از دلایل افزایش میزان رشد در گیاه در اثر کاربرد کودهای زیستی را دخالت در تولید مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی عنوان شد (۵۲) که در نهایت بر رشد گیاه اثر مثبت داشته و منجر به افزایش میزان رشد گیاه می‌گردد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های آزمایش بیانگر اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد وش بود به طوری که در تیمار شاهد میزن عملکرد وش ۳۵۳٦ کیلوگرم در هکتار بود در حالی که در تیمارهای تنش خشکی خفیف و شدید میزان عملکردو وش به ترتیب برابر با ۲۵۵۰ و ۱٤۹۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۷). افزایش شدت تنش خشکی به طور خطی منجر به کاهش میزان عملکرد وش در پنبه شد. کاهش میزان عملکرد دانه در اثر تنش خشکی خفیف و شدید به دلیل اثر منفی تنش خشکی بر رنگیزه های فتوسنتزی بوده که در نهایت منجر به کاهش میزان فتوسنتز و کاهش تولید فتوآسیمیلات می‌باشد. به علاوه وقوع تنش خشکی با ایجاد تنش ثانویه اکسیداتیو و با تولید گونه‌های فعال اکسیژن بر ساختاز غشایی گیاه اثر منفی گذاشته و با کاهش شاخص پایداری غشا و کاهش محتوای نسبی آب برگ منجر به افزایش تولید پرولین و قندهای محلول در گیاه شده و با اعمال هزینه‌های بیشتر برای گیاه زراعی پنبه موجبات کاهش عملکرد را فراهم نموده است. وقوع نش آبی در طول دوره گلدهی و غوزه‌دهی تأثیرات زیادی را بر خصوصیات فیزیولوژیکی و پارامترهای شیمیایی پنبه نظیر توسعه سطح برگ، فتوسنتز متابولیسم کربن و نیتروژن و همچنین متابولیسم آنتی‌اکسیدانها دارد که در نهایت می‌تواند باعث کاهش عملکرد وش گردد (۵۱). کاهش عملکرد وش در پنبه به دلیل اثر منفی تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی، رنگیزه‌های فتوسنتزی و اجزای دخیل در عملکرد بوده که در نهایت منجر به کاهش نهایی عملکرد وش شده است. اگرچه پنبه به عنوان یک گیاه سازگار معروف است اما مقادیر مختلف آب آبیاری تأثیرات معنی‌داری بر عملکرد پنبه دارد (٤۹). در مطالعه حاصر نیز مشخص شد که هر چند در تیمار بدون تنش خشکی عملکرد وش در حد قابل قبولی بود، ولی با افزایش شدت تنش خشکی خفیف و شدید میزان عملکرد وش به ترتیب ۲۸ و ۵۸ درصد کاهش یافت که در شرایط تنش خشکی شدید این مقدار بسیار قابل توجه بود.

همچنین نتایج نشان داد کاربرد کودهای زیستی دارای اثر معنی دار بر عملکرد وش پنبه بودند و کاربرد همزمان دو کود بیوفسفر و ازتوباکتر با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش بیشتر عملکرد وش تا ۲۷۲۲ کیلوگرم در هکتار شد و این در حالی بود که این تیمار با تیمار کاربرد تنهای ازتوباکتر (۲۶۰۶ کیلوگرم در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. همچنین کمترین میزان عملکرد وش به مقدار ۲۳۶۶ کیلوگرم در همکتار متعلق به تیمار شاهد بود و این تیمار نیز با تیمار کاربرد تنهای بیوفسفر (۲۴۱۵ کیلوگرم در هکتار) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. همچنین بر طبق نتایج این مطالعه مشخص شد بین کاربرد تنهای بیوفسفر و ازتوباکتر از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). برخی دیگر از مطالعات نیز بیانگر اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد پنبه بودند (۱)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. افزایش میزان عملکرد وش در شرایط کاربرد کودهای زیستی به احتمال زیاد به دلیل افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی ماکرو و میکرو می باشد (۵۳). افزایش عملکرد در اثر کاربرد کودهای زیستی به افزایش فراهمی عناصری از قبیل نیتروژن نسبت داده شد که منجر به افزایش پروتئین‌سازی در گیاه و در نهایت افزایش عملکرد گیاه شد (۵۴). کاربرد کود زیستی منجر به ا فزایش میزان عملکرد وش در بوته شد و علت آنها افزایش اجزای دخیل در عملکرد از قبیل تعداد قوزه در بوته عنوان نمودند (۱۶) و یافته‌های این محققین با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. افزایش میزان عملکرد وش در گیاه پنبه در اثر کاربرد کودهای زیستی می‌تواند به دلیل اثر مثبت تنظیم کننده‌های رشد ترشح شده در محیط ریشه توسط میکروارگانیسم‌های مفید موجود در این کودها می‌باشد (۱۶). افزایش میزان عملکرد پنبه با کاربرد کودهای زیستی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است و عنوان شده است که کاربرد کودهای زیستی شرایط تغذیه‌ای خاک برای گیاه پنبه را بهبود بخشیده که در نتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی از طریق گسترش و توسعه سیستم ریشه‌ای پنبه انجام شده است (۵۵). همچنین در راستای نتایج حاصل از این مطالعه عنوان شده است که افزایش میزان عملکرد پنبه با کاربرد کودهای زیستی مربوط به افزایش تأمین هورمونهای گیاهی و افزایش جذب مواد غذایی توبط ریشه گیاه می باشد (۵۶).

جدول ۷- مقایسه میانگین مربوط به ارتفاع بوته و عملکرد وش پنبه تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد کودهای زیستی

Table 7. Mean comparison for plant height and yield of cotton under drought stress and application of biofertilizers

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد وش (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg/ha)
تنش خشکی Drought stress		
شاهد Control	83.08a	3536a
تنش خفیف Medium stress	70.83b	2550b
تنش شدید Severe stress	58.91c	1495c
کود زیستی Biofertilizer		
شاهد Control	62.88c	2366b
بیوفسفر Biophosphore	70.55b	2415b
ازتوباکتر Azotobacter	70.77b	2606ab
بیوفسفر+ازتوباکتر Biophosphore+ Azotobacter	79.55a	2722a

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

Means with at least one same letters had no significant difference at 5% based on LSD test

نتیجه‌گیری

تنش خشکی دارای اثرات جبران‌ناپذیری بر رشد و عملکرد نهایی گیاه داشته و در شرایط وقوع تنش راهکارهایی مانند استفاده از کودهای زیستی می‌تواند از اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بکاهد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که تنش خشکی دارای اثر منفی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی و همچنین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت عملکرد وش در پنبه بود. در شرایط تنش خشکی و عدم وقوع تنش خشکی کاربرد کودهای زیستی به خصوص کاربرد تلفیقی آنها منجر به بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی پنبه و در نهایت افزایش عملکرد وش در پنبه شد، خصوصیات فیزیولوژیکی از قبیل قندهای محلول و پرولین نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و نتایج نشان داد تنش خشکی محتوای قندهای محلول و پرولین را افزایش داد که نشانه مقابله گیاه با تنش خشکی می‌باشد. از طرفی وقوع تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سلول شد که کاربرد کودهای زیستی سبب بهبود این خصوصیات تحت شرایط تنش خشکی شد. در کل نتایج این مطالعه مشخص نمود کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی بیوفسفر و ازتوباکتر می‌تواند منجر به بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه منجر شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد وش در گیاه گردد، از این رو کاربرد هم‌زمان این کودهای زیستی برای افزایش عملکرد پنبه در منطقه قابل توصیه می‌باشد.

References

1. Niazi, N. & Mirzaei Heydari, M. (2017). The effect of biofertilizers, urban compost and vermicompost on quantitative and qualitative traits of cotton. *Iranian Cotton Research Journal,* 6(2), 25-42**.** [In Persian]
2. Mirsaleh Mahabadi, A., Rizvan, S. & Damavandi, A. (2019). Investigating quantitative and qualitative changes in durum wheat yield with the application of nitrogen and zinc fertilizers under different levels of irrigation. Sci. Crop Physiol. Islamic Azad University, Ahvaz branch. 12: 80-65. [In Persian]
3. Ali, S., Xu, Y., Jia, I., Ahmad, T., Wei, X., Ren, P., Zhang, R., Din, T., Cai, T. & Jia, Z. (2018). Cultivation techniques combined with deficit irrigation improves winter wheat photosynthetic characteristics, dry matter translocation and water use efficiency under simulated rainfall conditions. AGR Water Manage.
4. Ismailian, Y. (2018). Investigating the effect of organic and chemical feeding methods on the quantitative characteristics of forage and millet grain (*Panicum miliaceum* L.) under drought stress conditions at the end of the season. *Publication of production and processing of agricultural and horticultural products*. 9, 17-32. [In Persian]
5. Farooq, M., Hhussain, M. & Siddique, K.H. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grainfilling periods. Crit. Rev. *Plant Science*, 33, 331-349.
6. Alam, H., Khattak, J. Z. K., Ksiksi, T. S., Saleem, M. H., Fahad, S. & Sohail, H. (2020). Negative impact of long-term exposure of salinity and drought stress on native *Tetraena mandavillei* L. *Physiologia Plantaorum*, 26, 1–16.
7. Lv, X., Ding, Y., Long, M., Liang, W., Gu, X., Liu, Y. & Wen, X. (2021). Effect of Foliar Application of Various Nitrogen Forms on Starch Accumulation and Grain Filling of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, 12, 645379.
8. Abdel-Motagally, F. M. F. & El-Zohri, M. (2018). Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. *Journal of Saudi Society of Agricultural Science*, 17, 178-185.
9. Allahverdiyev, T.I., Talai, J.M., Huseynova, I.M. & Aliyev, J.A. (2015). Effect of drought stress on some physiological parameters, yield, yield

components of durum (*Triticum durum* desf.) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheat genotypes. *BISAB Journal*, 1, 50-62.
10. Lak, S. (2012). Evaluation of physiological traits effective on corn grain yield at different levels of irrigation, nitrogen and plant density. *Crop Physiologu Journal, Islamic Azad University, Ahvaz branch*, 5, 17-33. [In Persian]
11. Arab Niaser, L., Mirzakhani, M. & Nemin Namin, K. (2018). Investigating the efficiency of nitrogen and the yield of white beans under the integrated application of organic and biological fertilizers. *Journal of Sustainable agriculture Production*, 29, 1-11. [In Persian]
12. Ashraf, M.Y., Azmi, A.R., Khan, A.H. & Ala, S.A. (1994). Effect of water stress and total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiolia Plantarum*,16, 185-191.
13. Schlemmer, M. R., D. D., Francis, Shanahan, J. F. & Schepers, J. S. (2005). Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal*, 97, 106-112.
14. Farnia, A. & Roozbahani, V. (2014). Effect of phpsphate and nitrogene bio-fertilizers on yield and yield components common wheate (*Triticum aestivum* l.) in oshtorinan region, lorestan provience, iran. *Trend in life Science*, 3, 91-99.
15. Jalali Condolji, R. & Yarnia, M. (2014). The response of yield and related traits of pinto-bean cultivars towards the use of nitrogen chemical and biological fertilizers. *Journal of Biodiversity and Environment Science*, 5, 469-478.
16. Rahimizadeh, M. (2019). Evaluation of growth and performance of cotton in competition with weeds under conditions of using chemical and biological fertilizers. *Agriculture and Crop*, 22(2): 255-245. (In Persian)
17. Ben Hamed, K., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. & Abdelly, C. (2007). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Journal of Plant Growth Regulation*, 53, 185-194.
18. Kumar, H. (2000). Development potential of safflower in comparision to sunflower. Sesame and safflower news letter. *Annals of Botany*, 15, 86-89.
19. Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. & Sebanek, J. (1998). Plant physiology. Academia. Praha 484 PP.
20. Hellubust J.A. & Caraigie J.S. 1978. Handbook of physiological methods. Physiological and biochemical Methods. Cambridge University Press PP: 250.
21. Bates, I.S., Waldern, R.P. & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free prolin for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
22. Shaaban, M. (2011). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer application on growth, yield and storage proteins of chickpea in Kermanshah region. Master's thesis in agriculture. Razi University of Kermanshah. 122 pages. [In Persian]
23. Levitt, J. (1980). Response of plants to environmental stresses. Vol, II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic press. New York. 3- 211.
24. Mansurifer, S., Shaaban, M., Qobadi, M. & Sabaghpour, S. H. (2011). Physiological characteristics of cultivated chickpea cultivars. *Cicer arietinum* L under the effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer. *Iranian Legume Research Journal*, 3, 66-53. [In Persian]
25. Mohammadzadeh, A., Majnoon Hosseini, N., Moghadam, H. & Akbari, M. (2011). The effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on the physiological traits of two red bean genotypes. *Iranian Journal of Agriculture Science*, (3), 294-307.
26. Turkan, I., Bor, F. Ozdemir, M. & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168, 223-231.

27. El-Kheir, M.S.A., Kandil, S.A. & Mekki. B.B. (1994). Physiological response of two soybean cultivars grown under stress conditions as affected by CCC treatment. *Egyption Journal of Physiological Science*, 18(1), 179-200.
28. Salehpour, M., Ebadi, A., Izadi, M. & Jamaati-e-Somarin, S. (2009). Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. *Research Journal of Environment Science*, 3, 103-109.
29. Davodi, S. H., Rahmi Karizki, A., Nakhzari Moghadam, A. & Gholam Alipour Alamdari, A. (2017). The effect of low irrigation stress on yield and physiological characteristics of bean cultivars. *Plant Production and Technology*, 18, 83-95. (In Persian)
30. Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, A., Labaschi, M. H., Naderi Haji Bagherkandi, M. & Moghadmi, F. (2005). The effect of drought stress on the amount of proline, soluble sugars, chlorophyll and relative water in lemongrass *Mellissa officialis* L. *Journal of Aromatic and Medicinal Plants Research*, 23, 513-504. [In Persian]
31. Ramroudi, M. & Malazahi, M. (2013). The effect of biological fertilizers on yield and quality of mung bean under drought stress. The third seed science and technology conference. Karaj. Karaj Seed and Seedling Institute. 5 pages. [In Persian]
32. Jiang, W., Zhu, A., Wang, C., Zhang, F. & Jiao, X. (2020). Optimizing wheat production and reducing environmental impacts through scientist–farmer engagement: lessons from the North China Plain. *Food and Energy Secence*, 10:e255.
33. Mehrjardi, M. Z., Bagheri, A. R., Bahrami, A. R., Nabati, J. & Masoumi, A. (2011). The effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and active radical scavenging capacity of different chickpea genotypes in water culture environment. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Plants*, 3, 74-59. [In Persian]
34. Paknejad, F., Jami Al-Ahmad, S., Wazan, M. & Ardakani, M.R. (2008). Investigating the effect of moisture stress in different stages of growth on performance and efficiency. *Journal of Agriculture Science*, 1, 148-139. [In Persian]
35. Surkhi, F. & Fatih, M. (2018). Effect of drought stress on leaf area index, photosynthesis, stomatal conductance and proline content in two legume varieties. *Environment and Agriculture Science*, 12, 399-389. [In Persian]
36. Rad, M.R.N., Kadir, M.A. & Yusop, M.R. (2012). Genetic behaviour for plant capacity to produce chlorophyll in wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. *Australian Journal of Crop Science*, 6, 415-420.
37. Ghanjalipour Ghoshki, M., Abdullahi, F. & Sadeghi Lari, A. (2022). The effect of mycorrhizal biofertilizer on physiological indicators and economic performance of lettuce under drought stress conditions. *Scientific Journal of Vegetable Science*, 5, 195-177. [In Persian]
38. Wang, J., Fu, Z., Ren, Q., Zhu, L., Lin, J., Zhang, J., Cheng, X., Ma, J. & Yue, J. (2019). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, photosynthesis, and nutrient uptake of Zelkova serrata (thunb.) makino seedlings under salt stress. *Forests*, 186.
39. Oukarroum, A., Schansker, G. & Strasser, R.J. (2009). Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II thermotolerance analyzed using Chl a fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance. *Physiololia Plantarum*, 137, 188- 199.
40. Ahmadi, A., Saidi, M. & Jahansoz, M.R. (2006). Distribution pattern of photosynthetic materials and seed filling in improved wheat varieties under drought stress and non-stress conditions. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(6), 1333-1343. [In Persian]

41. Jahangiri Nia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M. & Moradi Telavat, M. R. (2017). The effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water Stress Condition. *Journal of Agroecology*, 8, 583-597.
42. Rapparini, F. & Penuelas, J. (2014). Mycorrhizal fungi to alleviate drought stress on plant growth. In: M., Miransari M. (Ed.). Use of microbes for the alleviation of soil stresses (vol 1). (pp. 21-42). Springer New York.
43. Tambussi, E. A., Bartoli, J. Bettran, J. J. Guiamet J. & Araus, C. (2000). Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticumaestivum* L.). *Physiologia Plantarum*, 108, 398-404.
44. Wu, F.Z., Bao, W.K., Li, F.L. & Wu, N. (2008). Efects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of *Sophora davidii* seedling. *International Journal of Photosynthesis Research*, 46, 40- 48.
45. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-juburi, H.J., Somasundaram, R. & Panneerselva, A.M. (2009). Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105.
46. Sharma, R. & Saikia, R. (2013). Alleviation of drought stress in mung bean by strain Pseudomonas aeruginosa GGRJ21. *Plant andSoil*, (doi:10.1007/s11104-013-1981-9).
47. Yooyongwech, S., Phaukinsang, N., Cha-Um, S. & Supaibulwatana, K. (2013). Arbuscular mycorrhiza improved growth performance in *Macadamia tetraphylla* L. grown under water deficit stress involves soluble sugar and proline accumulation. *Plant Growth Regulation*, 69, 285-293.
48. Wu, Q. S. & Zou, Y. N. (2009). Mycorrhiza has a direct effect on reactive oxygen metabolism of drought-stressed citrus. *Plant Soil Environment*, 55, 436-442.
49. 49 Li, H., Lascano, R.J., Booker, J., Wilson, L.T., Bronson, K.F. & Segarra, E. (2002). State-space description of underlying field heterogeneity on water and nitrogen use in cotton. *Soil Science Society of American Journal*, 66, 585-595.
50. DeTar, W.R. (2008). Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. *Agriculture and Water Management*, 95 69-76
51. Ennahl, I.S., & Earl, H. (2005). Physiological limitati on to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. *Crop Science*, 45, 2374-2382.
52. Uma, B., & Malathi, M. (2009). Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. *Research Journal of Agriculture and Biology Science*, 5(6), 1054-1060.
53. Jat, R.S. & Ahlawat, I.P.S. (2008). Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(1), 41- 54.
54. Kumar, G.A., Bishwas, R., Mahendra, P.S., Vibha, U. & Chandan, K.S. (2011). Effect of fertilizers and vermicompost on growth, yield and biochemical changes in abelmoschus esculentus. *Plant Architecture*, 11(1), 285-287.
55. Tagaev, A.M., Daurenbek, N.M. & Bastaubaeva, S.O. (2022). The effect of biofertilizers on cotton productivity and quality. *Earth Environmental Science*, 10(43), 49-55.
56. Pulatov, A., Amanturdiev, S., Nazarov, K., Adilov, M. and& Khaitov, B. (2016). Effect of biofertilizers on growth and yield of cotton in different soil conditions. *Cotton Genomix and Genetic*, 7(1), 1-7.