



دانشگاه یزد

خشک بوم

دو فصلنامه علمی- پژوهشی

جلد ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵

شاپا: ۲۰۰۸-۷۹۰X



Arid Biome

Scientific and Research Journal



Yazd University

Vol. 6, No. 1, 2016

ISSN: 2008-790X

فهرست

- کاربرد شاخص‌های IPI، PI و MCd در ارزیابی وضعیت آلودگی برخی فلزات در رسوبات باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن در مجتمع معدنی چغارت بافق..... ۱
عبدالحسین رضائی پورباغدر، حسن وقار فرد، حمیدرضا عظیم‌زاده، حمید غلامی، یحیی اسماعیل پور
- تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد بر کیفیت میوه انار رقم رباب (*Punica granatum* L.) تحت شرایط تنش خشکی..... ۱۵
محمد هادی راد، محمد رضا اصغری، محمد حسن عصاره
- اثر تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام مختلف یونجه..... ۳۱
مالک مقصودی، جمشید رزمجو، مهدی قیصری
- رابطه سرمایه اجتماعی در هر یک از شیوه‌های بهره‌برداری از مراتع و مشارکت در اجرای طرح‌های مرتعداری..... ۴۵
علی اکبر کریمیان، قدرت‌الله حیدری
- تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* L.) (مطالعه موردی: جنگل کاری شرق اصفهان)..... ۵۷
شادی گرجستانی‌زاده، علی سلطانی، حسین شریعتی نجف آبادی
- مکان‌یابی شوری خاک با استفاده از داده‌های محیطی و نمونه‌برداری هایپر کیوب در شهرستان میبد..... ۶۹
روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی، آرزو غزالی، سعیده کلاتتری، محمد حسن رحیمیان
- تأثیر تلقیح باکتری محرک رشد *Pseudomonas putida* بر تحمل به شوری نهال‌های استبرق..... ۸۱
محمد بهمنی، غلامعلی جلالی، احمد اصغرزاده، مسعود طبری کوچکسرایبی
- مقاله کوتاه پژوهشی**
- اثر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران..... ۹۵
داود صادق‌زاده اهری، محمدرضا حسندخت، عبدالکریم کاشی، احمد عمری

Contents

- Using of the PI, IPI and Mcd indices for evaluating of contamination status of some metals in waste sediments caused by iron ore processing in Chogart Mineral Complex of Bafgh..... 1
A. Rezaipoorbaghedar, H. Vaghrfard, H. Azimzadeh, H. Gholami, Y. Esmailpoor
- Effects of growth regulators on pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabab) fruit quality under drought stress condition..... 15
M. H. Rad, M. R. Asghari, M. H. Assareh
- Effect of drought on biochemical properties of root and shoot of alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.)..... 31
M. Maghsoodi, J. Razmjoo, M. Gheysari
- Relation of Social Capital in each exploitation systems and participation in range management plan Performance (Case study: Semnan Province range management plan)..... 45
A. A. Karimian, Gh. Heidari
- Impact of some soil physic-chemical properties on drought resistance Plantation of *Arizona cypress* in East of Isfahan..... 57
SH. Gorjestanizade, A. Soltani, H. Shariati
- Spatial distribution of soil salinity using auxiliary variables and hypercube sampling method in Meybod..... 69
R. Taghizadeh-Mehrjardi, A. Ghazali, S. Kalantari, M.H. Rahimian
- Effect of Inoculation Growth Promotion Bacterium *Pseudomonas putida* on Tolerance to Salinity of *Calotropis procera* Ait. Seedlings..... 81
M. Bahmani, Gh. A. Jalali, A. Asgharzadeh, M. Tabari Kouchaksarai
- Short Research Paper**
- Effect of Drought Stress on Some Agronomical and Physiological Traits of Iranian Fenugreek Landraces..... 95
D. Sadeghzadeh-Ahari, M. R. Hassandokht, A. K. Kashi, A. Amri

خشک بوم دو فصلنامه علمی- پژوهشی جلد ۶ شماره ۱ بهار و تابستان ۱۳۹۵

بسم الله الرحمن الرحيم



نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم جلد ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۵

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سر دبیر: دکتر محمدرضا اختصاصی (استاد دانشگاه یزد)
مدیر مسئول: دکتر حمیدرضا عظیمزاده (دانشیار دانشگاه یزد)

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر حسین آذر نیوند، دانشیار دانشگاه تهران
- دکتر محمدرضا اختصاصی، استاد دانشگاه یزد
- دکتر ناصر باغستانی میبدی، دانشیار مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان یزد
- دکتر مجید کریم پورریحان، دانشیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان
- دکتر سیدجمال الدین خواجه الدین، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان
- دکتر محمدحسین جزیره‌ای، استاد سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور
- دکتر محمود حبیب‌نژاد، دانشیار دانشگاه مازندران
- دکتر حسن روحی پور، دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع
- دکتر ایگور ساوین، دانشیار آکادمی علوم روسیه
- دکتر سادات فیض‌نیا، استاد دانشگاه تهران
- دکتر احمد قنبری، دانشیار دانشگاه زابل
- دکتر محمد گلوی، دانشیار دانشگاه زابل
- دکتر جهانگرد محمدی، دانشیار دانشگاه شهرکرد
- دکتر سید علی محمد میرمحمدی میبدی، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان

ویراستار: دکتر محمد زارع

مدیر داخلی: دکتر محمدحسین مختاری

دبیر اجرایی: دکتر محمد امین اسدی

امور رایانه و صفحه‌آرایی: مهندس الهام اردکانی

ناظر چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

پروانه انتشار این فصلنامه طبق مجوز شماره ۱۲۴/۳۶۵۰ مورخ ۱۳۸۷/۸/۱۹ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی با روش پژوهشی در زمینه کشاورزی و به زبان فارسی و انگلیسی با گستره سراسر کشور صادر گردیده است.

این نشریه بر اساس تأییدیه شماره ۳/۱۱/۳۷۸۲ مورخ ۱۳۸۹/۳/۱۷ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور دارای اعتبار علمی - پژوهشی است.

شاپا: x ۷۹۰-۲۰۰۸

این دو فصلنامه با حمایت انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران و هشت دانشکده و پژوهشکده مرتبط با موضوع انتشار یافته است.

نشانی: یزد، صفائیه، چهار راه پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی، دفتر نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم.

aridlandj@yazd.ac.ir

تلفاکس: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸

صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

اسامی داورانی که در این شماره با دو فصلنامه خشک بوم همکاری داشته‌اند:

- دکتر حسین ارزانی
- دکتر سیدعلیرضا افشانی
- مهندس اکرم بمانی
- دکتر آفاق تابنده
- دکتر روح الله تقی زاده
- دکتر محمدعلی حکیم زاده
- دکتر رضا دهقان
- مهندس محمدهادی راد
- دکتر محمد جواد روستا
- دکتر جلال سالم
- دکتر حمید سودایی زاده
- دکتر معصومه صالحی
- دکتر سادات فیض نیا
- دکتر سمیه قاسمی
- دکتر کاظم کمالی
- دکتر بهمن کیانی
- مهندس زهرا گیوئی اشرف
- دکتر محمدحسین مختاری
- دکتر اصغر مصلح آرانی
- دکتر محمدرضا وظیفه شناس

باسمه تعالی

انالله و انالیه راجعون

عضو برجسته هیأت تحریریه و پیشنهاد دهنده نام نشریه علمی-پژوهشی خشکبوم، دارفانی را وداع گفت روحش شاد و راهش پررهرو باد.

در اواسط تابستان ۱۳۹۵، دکتر محمد حسین جزیره‌ای، یکی از اعضاء برجسته هیأت تحریریه نشریه خشکبوم به ملکوت اعلی پیوست. وی چهره ماندگار و جنگل‌شناس با تجربه کشور بود که عمر پربرکت خویش را وقف تعلیم و تربیت فرزندان این آب و خاک نمود.



او در طبیعت‌شناسی مناطق خشک و بیابانی نیز صاحب تفکر و اندیشه‌های ناب بود. پیشنهاد نام‌گذاری نشریه علمی پژوهشی خشکبوم، عضویت در هیأت تحریریه این نشریه و همچنین عضویت در هیأت مؤسس انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران حاصل بخشی از همکاری آن مرحوم با دانشگاه یزد، خاصه پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد بود. فقدان این اندیشمند توانا را به کلیه اعضاء هیأت تحریریه و دست‌اندرکاران این نشریه و همچنین دوست‌داران طبیعت ایران اسلامی تسلیت عرض می‌نمایم. یادش گرامی و روحش قرین رحمت الهی باد.

رئیس پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی

و معاون پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

کاظم کمالی

کاربرد شاخص‌های IPI، PI و MC_a در ارزیابی وضعیت آلودگی برخی فلزات در رسوبات باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن در مجتمع معدنی چغارت بافق

۱- عبدالحسین رضائی پورباغدر، دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
Iranbaghedar@yahoo.com

۲- حسن وقار فرد، استادیار مهندسی عمران-منابع آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

۳- حمیدرضا عظیم‌زاده، دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۴- حمید غلامی، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

۵- یحیی اسماعیل پور، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۰۶

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۱

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین وضعیت آلودگی رسوبات باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق از نظر برخی فلزات صورت گرفت. پس از حفر هفت پروفیل و نمونه‌برداری از عمق ۱۵۰-۰ سانتیمتری رسوبات، غلظت ۱۴ فلز در ۳۵ نمونه رسوب به وسیله دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مقدار زمینه ۱۴ فلز در خاک منطقه شاهد، ۲۵ نمونه از پروفیلی به عمق ۲/۵ متر (هر ۱۰ سانتیمتر یک نمونه) تهیه و غلظت متغیرهای مذکور به وسیله دستگاه ICP-OES تعیین شد. پس از دسته‌بندی داده‌های حاصل و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، جهت تعیین مقدار آلاینده‌گی و تغییرات متغیرهای اندازه‌گیری شده شاخص‌های IPI، PI و MC_a محاسبه شد. نتایج نشان داد میانگین شاخص PI برای متغیرهای آرسنیک، کبالت، آهن و وانادیوم به ترتیب ۴/۳۶۵، ۹/۲۵۴، ۴/۵۷۰ و ۹/۲۴۹ است. همچنین بر اساس نتایج محاسبه شده برای شاخص‌های IPI و MC_a ۱۰٪ نمونه‌ها در طبقه آلودگی متوسط قرار دارد. در مجموع، متغیرهای آرسنیک (As)، کبالت (Co)، آهن (Fe) و وانادیوم (V) به عنوان آلاینده‌های مهم رسوب باطله ناشی از کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق است که در صورت عدم اجرای اقدامات پیشگیرانه یا اصلاحی مناسب موجب آلودگی خاک و منابع آب منطقه خواهد شد. یافته‌های این پژوهش با شناسایی منابع بالقوه آلاینده آب و خاک منطقه، راهگشای تحقیقات آینده جهت بررسی امکان رفع آن‌ها با روش گیاه‌پالایی است.

واژگان کلیدی: آلودگی؛ فلزات؛ رسوب؛ مقدار زمینه؛ بافق.

مقدمه

بررسی اثر زیست محیطی استخراج و فرآوری منابع معدنی، امروزه به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر امکان‌یابی طرح‌های معدنی و صنعتی در کشورهای توسعه یافته است. در سال‌های اخیر افزایش فعالیت‌های استخراج و فرآوری فلزات زمینه تشدید آلودگی‌های محیطی را فراهم ساخته است. نخستین گام در راستای چاره‌اندیشی و نیز پیش‌گیری از گسترش این مشکل آگاهی از میزان و وضعیت آلودگی است [۱]. آنچه زمینه‌ساز انجام این پژوهش شد وجود معادن متعدد و صنایع هم‌جوار از جمله کارخانه فرآوری سنگ آهن در بافق است که رسوبات باطله حاصل از آن به عنوان تهدیدی بزرگ در تخریب

بررسی اثر زیست محیطی استخراج و فرآوری منابع معدنی، امروزه به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر امکان‌یابی طرح‌های معدنی و صنعتی در کشورهای توسعه یافته است. در سال‌های اخیر افزایش فعالیت‌های استخراج و فرآوری فلزات زمینه تشدید آلودگی‌های محیطی را فراهم ساخته است. نخستین گام در راستای چاره‌اندیشی و نیز پیش‌گیری از گسترش این مشکل آگاهی از میزان و وضعیت آلودگی است [۱]. آنچه زمینه‌ساز انجام این پژوهش شد وجود معادن متعدد و صنایع هم‌جوار از جمله کارخانه فرآوری سنگ آهن در بافق است که رسوبات باطله حاصل از آن به عنوان تهدیدی بزرگ در تخریب

آلودگی فلزات سنگین خاک با استفاده از شاخص‌های فاکتور آلودگی، زمین‌انباشتگی و شاخص جامع فاکتور آلودگی در شهرستان نهاوند مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر شاخص فاکتور آلودگی نشان داد که بیشتر نمونه‌ها در طبقه بدون آلودگی تا آلودگی متوسط قرار دارند، و فاکتور آلودگی برای فلز کروم بیشترین مقدار را داشت، به‌طوری‌که ۱۰/۲۶ درصد از داده‌ها در طبقه آلودگی متوسط تا شدید قرار داشت [۱۱].

نتایج ارزیابی وضعیت خاک‌های اطراف دو بزرگراه در انگلستان، نشان داد که غلظت‌های بسیار بالایی از سرب در پنج سانتیمتری اول خاک‌های حاشیه این بزرگراه وجود دارد. غلظت سرب در فاصله پنج متری از بزرگراه بیش از حد مجاز این عنصر به دست آمد [۸].

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک سطحی منطقه‌ای در چین که سه دهه از صنعتی و شهری شدن آن می‌گذرد، نشان داد که میانگین فلزات کادمیوم، مس، منگنز و آرسنیک در خاک سطحی منطقه دو برابر بالاتر از مقدار زمینه بوده و آلودگی سرب در خاک خیلی گسترده‌تر از دیگر فلزات بود که نتیجه فعالیت‌های انسانی است [۱۴].

شهرستان بافق در زمره مناطق خشک و بیابانی کشور قرار دارد و یکی از فعالیت‌های مهم اقتصادی در این شهرستان معدنکاری و احداث صنایع هم‌جوار است. مهم‌ترین معدن شهرستان بافق شرکت سنگ آهن مرکزی ایران (معدن چغارت) است که بزرگ‌ترین تامین‌کننده خوراک کارخانه ذوب آهن اصفهان است. صنایع جوار معدنی مختلفی در کنار این مجموعه معدنی ساخته شده و تعدادی نیز در حال ساخت است. از جمله این صنایع، کارخانه فرآوری سنگ آهن با تولید سالانه بالغ بر سه میلیون تن کنسانتره آهن است، رسوب باطله حاصل از آن کارخانه به بستر انباشت انتقال یافته و می‌تواند موجبات آلودگی منابع آب و خاک منطقه را فراهم آورد.

در حال حاضر کنترل و اصلاح آلودگی خاک به فلزات سنگین به‌عنوان بخشی از برنامه‌های مربوط به حفاظت منابع طبیعی، محیط زیست، اکوسیستم و امنیت غذایی هر منطقه مورد توجه است [۱۵]. از سوی دیگر تصمیم‌گیری در مورد اجرای اقدامات پیشگیرانه یا

و در نهایت آب‌های زیرزمینی جلوگیری شود، ولی توان خاک در این رابطه محدود بوده و با افزایش حجم آلاینده‌ها خطر بیابان‌زایی حتمی خواهد بود [۵].

دخالتهای انسان در طبیعت و شرایط ویژه زمین‌شناسی در برخی مناطق، موجب شده است که آلودگی‌های خاک و محیط‌های آبی با فلزات به یک مشکل جدی تبدیل شود. ورود فلزات سمی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی خاک و در نتیجه آب‌های زیرزمینی شده است، به‌طوری‌که میزان غلظت این عناصر، در خاک و آب زیرزمینی، در بسیاری از نقاط صنعتی بیش از حد مجاز است و یا به زودی به بیش از حد مجاز خواهد رسید [۷]. تحقیقات زیادی در زمینه آلودگی خاک و رسوبات باطله به فلزات انجام شده که به برخی موارد اشاره می‌گردد. نتایج بررسی خصوصیات شیمیایی خاک و آب زیرزمینی دشت آبرفتی عسلویه با تاکید بر فلزات سنگین نشان داد که غلظت برخی فلزات در نمونه‌های آب و خاک زیاد بوده و همچنین عناصر F و B در آب زیرزمینی و Sr, Mn, Pb و Ni در برخی نمونه‌های خاک دارای غلظتی بیش از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی است [۷].

بررسی وضعیت آلودگی رسوب رودخانه بشار در شهرستان یاسوج از نظر برخی فلزات سنگین ثابت کرد که که رسوب مذکور از نظر عناصر سرب، کروم، نیکل، روی و مس دارای آلودگی متوسط و از نظر کادمیوم دارای آلودگی شدید است [۴].

نتایج تحقیقی با عنوان آلودگی رسوبات جنوب شرق تهران به عناصر سمی، نشان داد که رسوبات منطقه بی‌نهایت آلوده نسبت به عناصر آنتیموان و نقره، به شدت آلوده نسبت به عناصر آرسنیک، کادمیوم، روی و مس، بی‌نهایت تا شدیداً آلوده نسبت به عنصر سرب، آلودگی شدید تا متوسط نسبت به عنصر کروم و غیر آلوده تا کمی آلوده نسبت به عنصر نیکل هستند [۱۲].

نتایج بررسی تأثیر فعالیت کارخانه سیمان روی رسوبات رودخانه‌ای در شمال نیجریه نشان داد که غبار ناشی از کارخانه سیمان حاوی مقادیر متنابهی از فلزات روی، کادمیوم و نیکل است و کارخانه سیمان و دود ناشی از خودروها دو منبع مهم انتشار آلاینده‌ها هستند [۲].

بازیافتی، از طریق چهار دریچه در زیر تیکنر تخلیه شده و پس از طی مسافتی حدود پنج کیلومتر که دو کیلومتر آن لوله‌گذاری شده است وارد لاگون‌ها (سدهای باطله) می‌شود. پس‌اب ناشی از فرآوری سنگ آهن در بافق مخلوطی از باطله‌های معدنی و آب به حالت دوغاب است که در اثر نیروی ثقل و به وسیله لوله به پائین دست کارخانه مذکور خارج از سایت فرآوری هدایت شده و پس از استحصال آب بازیافتی رسوب باطله در سدها انباشت می‌شود (شکل ۱). در حال حاضر ۷ سد باطله به ابعاد تقریبی ۱۰۰×۱۰۰ متر بستر انباشت رسوب باطله را تشکیل می‌دهد. پسماند مذکور با آلاینده‌هایی همراه خواهد بود که با وجود اقدامات پیشگیرانه اولیه، موجب آلودگی خاک و به دنبال آن منابع آب زیرزمینی می‌شود.

روش تحقیق

جهت تعیین وضعیت آلاینده‌های رسوب ناشی از کارخانه فرآوری، با توجه به تعداد سدهای باطله، نسبت به حفر هفت پروفیل (هر سد یک پروفیل) به صورت کامل تصادفی اقدام شد. سپس با توجه به عمق رسوبات انباشته شده از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰ و ۱۲۰-۱۵۰ سانتیمتری پروفیل‌های حفر شده به مقدار استاندارد و به نحوی که معرف لایه‌ها باشد و در مجموع ۳۵ نمونه رسوب گرفته شد.

اصلاحی همواره در گرو اطلاع اولیه از پراکنش و شدت آلودگی‌ها است [۱۶]. با رعایت به این‌که آلودگی فلزات در مورد باطله‌های معدنی و صنایع فرآوری کمتر مورد پژوهش قرار گرفته است، در همین راستا اطلاع از وضعیت آلودگی رسوبات باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن به منظور اجرای اقدامات اصلاحی از جمله گیاه‌پالایی ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش در صدد پاسخ‌گویی به اینسوال است که وضعیت پسماند حاصل از فرآوری سنگ آهن از نظر برخی فلزات چگونه است؟

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

معدن چغارت در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر بافق و در ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر یزد در حاشیه کویر مرکزی ایران واقع شده است. بیش از ۴۰ سال از شروع بهره‌برداری این معدن می‌گذرد. پس از عملیات حفاری، آتشیاری و استخراج در پیت معدن، سنگ‌های ارسالی به کارخانه در سه مرحله خردایش انباشت و آماده حمل می‌شود. به منظور بهره‌برداری بهینه از سنگ‌های کم‌عیار استخراج شده از معدن چغارت و نیز معدن سه چاهون، ساخت کارخانه فرآوری سنگ آهن از سال ۱۳۷۲ شروع و در سال ۱۳۸۶ به بهره‌برداری رسید. کنسانتره آهن تولیدی در این کارخانه پس از آبیگری توسط فیلتر نواری به انبار کنسانتره انتقال می‌یابد. مواد باطله پس از سیرکوله شدن در تیکنر و استحصال بخشی از آب



شکل ۱- محل انباشت رسوبات باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن (محدوده تحقیق)

نمایش شد. نمونه‌های پودر شده با استفاده از روش انحلال چهار اسید شامل بر اسید هیدروفلوئوریک،

نمونه‌های رسوب پس از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل و در آن‌جا به وسیله آسیاب دیسکی تا اندازه ۷۵ میکرون

تاملینسون، محاسبه شد. در این رابطه PI_1 تا PI_n متغیرهای آلودگی محاسبه شده برای اولین نمونه تا n امین نمونه اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد [۴].

$$IPI = \left(\prod_{i=1}^n PI_i \right)^{1/n} \quad (2)$$

هاکانسون در سال ۱۹۸۰ شاخص دیگری با نام درجه آلودگی را ارائه نمود که در سال ۲۰۰۵ آبراهم آن را به شاخص MC_d به شرح روابط زیر اصلاح نمود.

$$Cd = \sum_{i=1}^n PI_i \quad (3)$$

$$MCd = \sum_{i=1}^n \frac{PI_i}{n} \quad (4)$$

طبقه‌بندی متغیرهای IPI و MC_d در جدول های ۲ و ۳ آمده است [۴].

مقدار	طبقه
$IPI \leq 1$	آلودگی کم
$1 < IPI \leq 2$	آلودگی متوسط
$IPI \geq 2$	آلودگی زیاد

مقدار	طبقه
$MC_d \leq 1.5$	درجه خیلی پایین آلودگی
$1.5 \leq MC_d < 2$	درجه پایین آلودگی
$2 \leq MC_d < 4$	درجه متوسط آلودگی
$4 \leq MC_d < 8$	درجه بالای آلودگی
$8 \leq MC_d < 16$	درجه خیلی بالای آلودگی
$16 \leq MC_d < 32$	درجه شدید آلودگی
$MC_d \geq 32$	درجه خیلی شدید آلودگی

پرکلریک، نیتریک و هیدروکلریک هضم شد. در گام بعد غلظت فلزات نقره (Ag)، آلومینیوم (Al)، آرسنیک (As)، بریلیوم (Be)، کادمیوم (Cd)، کبالت (Co)، کروم (Cr)، مس (Cu)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مولیبدن (Mo)، سرب (Pb)، سلیوم (Se) و وانادیوم (V) به وسیله دستگاه ICP-OES تعیین شد. تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد.

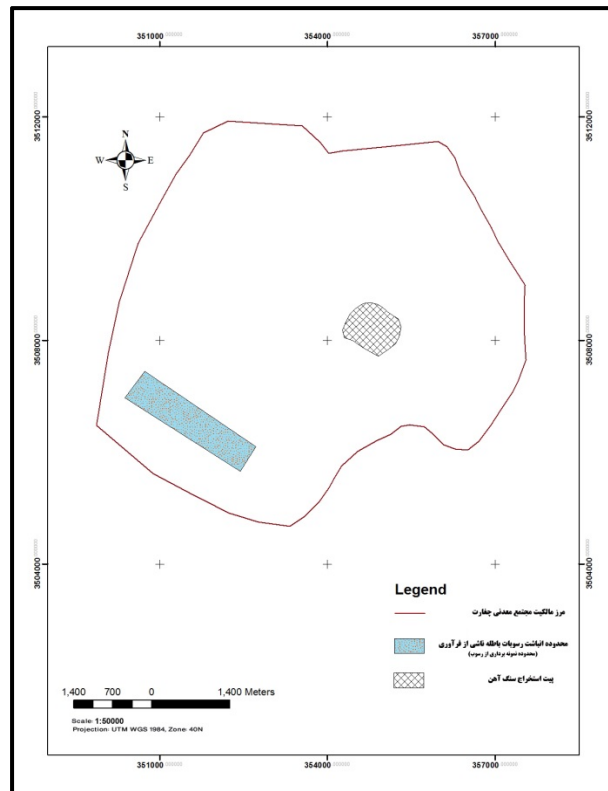
سپس با استفاده از شاخص آلودگی^۱ میزان آلودگی مولفه‌های اندازه‌گیری شده در پسماند فرآوری برآورد شد. شاخص آلودگی برای برآورد یک محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص برای رسوب به صورت نسبت غلظت یک عنصر (C_i) در نمونه‌های رسوب به مقدار زمینه همان عنصر در منطقه (B_i) مورد استفاده قرار می‌گیرد (رابطه ۱). در این پژوهش برای محاسبه مقدار زمینه هر عنصر (مقدار استاندارد)، یک پروفیل به عمق ۲/۵ متر با فاصله‌ای مناسب در مجاورت سدهای انباشت رسوب حفر شد. کندن این پروفیل‌ها در مکان‌هایی صورت گیرد که وضعیت ژئومورفولوژی یکسانی داشته و آلودگی به آن سرایت نکرده باشند. از هر ۱۰ سانتیمتر پروفیل به مقدار استاندارد و به نحوی که معرف لایه‌ها باشد، یک نمونه و در مجموع ۲۵ نمونه گرفته شد. تمامی مولفه‌های مورد آزمایش در نمونه‌های رسوب، در ۲۵ نمونه خاک منطقه شاهد نیز به وسیله دستگاه ICP-OES تعیین و نمودار تغییرات غلظت متغیرهای آلاینده در خاک ترسیم شد. طبقه‌بندی متغیر آلودگی PI در جدول ۱ آورده شده است [۴].

$$PI = \frac{C_i}{B_i} \quad (1)$$

مقادیر PI	درجه آلودگی
$PI \leq 1$	آلودگی کم
$1 < PI \leq 3$	آلودگی متوسط
$PI \geq 3$	آلودگی زیاد

در ادامه برای تعیین تغییرات آلودگی از دو شاخص IPI و MC_d استفاده شد. سطح آلودگی با استفاده از شاخص بار آلودگی (رابطه ۲) ارائه شده به وسیله

^۱ Pollution Index (PI)



شکل ۲- موقعیت انباشت رسوبات باطله و محدوده نمونه برداری

نتایج

بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای همه متغیرهای مورد مطالعه در نمونه‌های رسوب نشان داد که تمامی مولفه‌ها در سطح اطمینان ۰/۰۵ نرمال است.

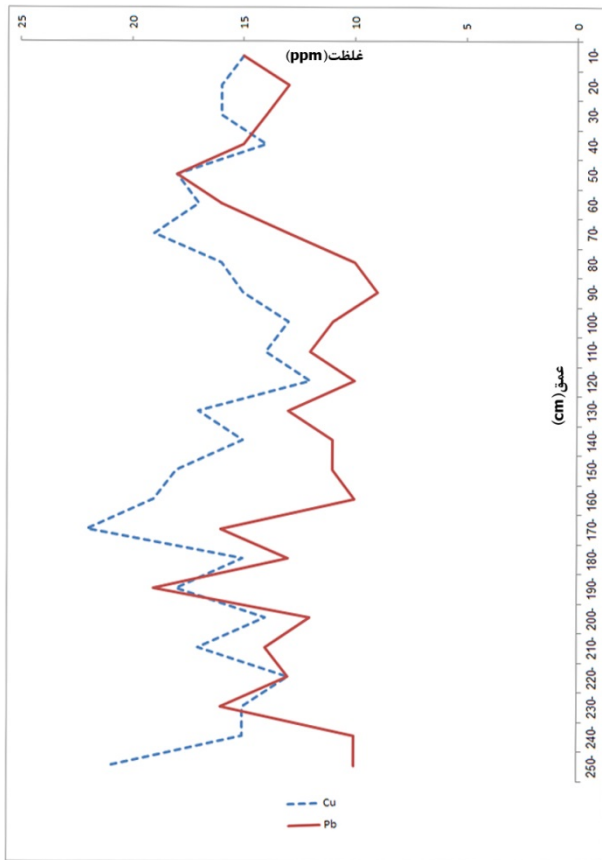
مقدار زمینه هر عنصر جهت محاسبه شاخص های PI، IPI و MC_d با توجه به تجزیه و تحلیل نمونه‌های شاهد و نمودار تغییرات هر عنصر (شکل‌های ۳ تا ۹) در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه شاهد محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

جدول ۴- میانگین، کمینه و بیشینه غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن

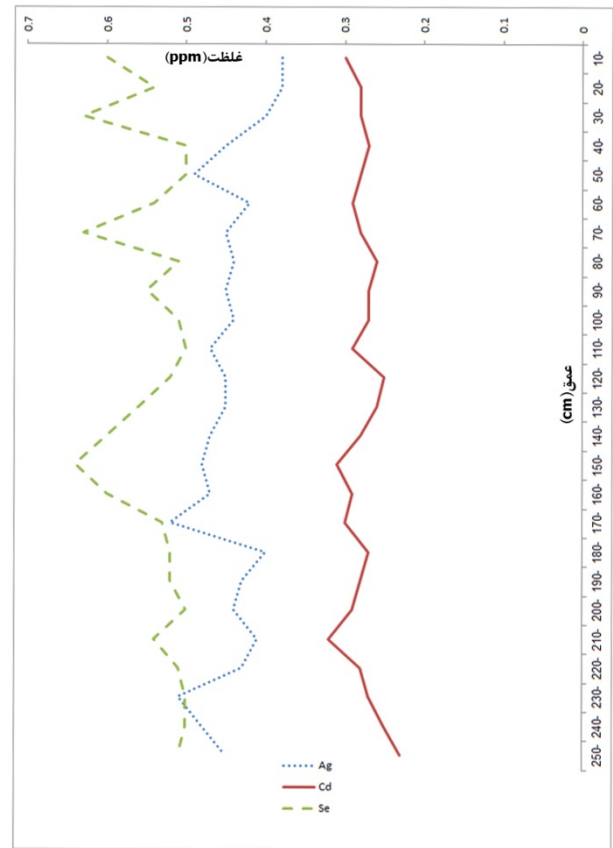
متغیر	بیشینه (ppm)	کمینه (ppm)	میانگین (ppm)
نقره (Ag)	۰/۲۶	۰/۲	۰/۲۲۳
آلومینیوم (Al)	۲۶۴۲۱	۲۶۴۱۹	۲۶۴۱۹/۹۶
آرسنیک (As)	۲۷/۱۷	۲۶/۸	۲۷/۰۱۶
بریلیوم (Be)	۲/۸	۲/۲	۲/۵۲
کادمیوم (Cd)	۰/۳	۰/۲۴	۰/۲۷۵
کیالت (Co)	۵۶/۱	۵۵/۶	۵۵/۸۹۶
کروم (Cr)	۵۰/۹	۴۹/۸	۵۰/۰۸۹
مس (Cu)	۳۵/۱	۳۳/۹	۳۴/۸۴
آهن (Fe)	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
منگنز (Mn)	۷۴۴	۷۴۲	۷۴۳/۰۲۲
مولیبدن (Mo)	۱/۸۴	۱/۵۹	۱/۶۸۵
سرب (Pb)	۳۴/۳۲	۳۳	۳۳/۹۰۹
سلنیوم (Se)	۰/۵۳	۰/۵	۰/۵۱۴
وانادیوم (V)	۴۴۹/۹۲	۴۴۸/۸	۴۴۹/۱۴۹

جدول ۵- مقدار زمینه (استاندارد) برای ۱۴ فلز اندازه گیری شده در منطقه بافق

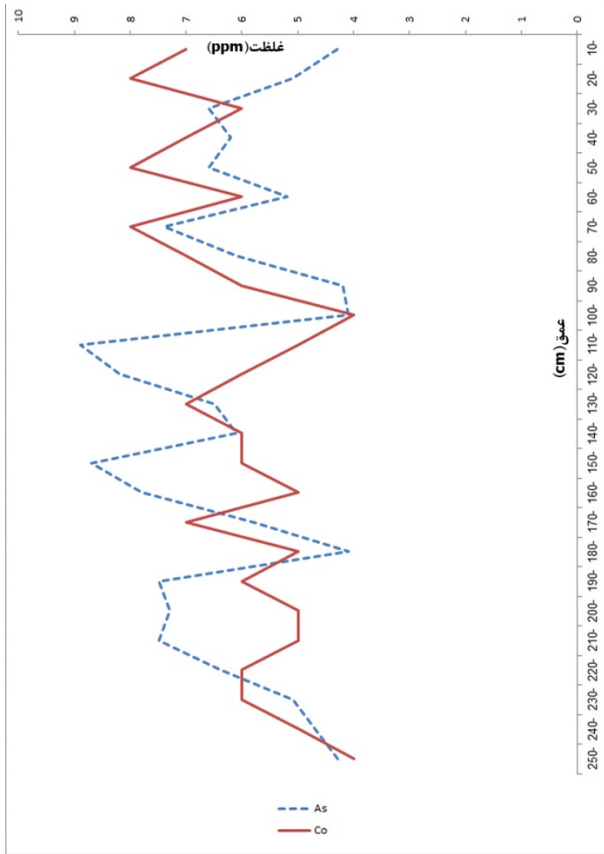
نوع فلز	مقدار زمینه (ppm)	نوع فلز	مقدار زمینه (ppm)
نقره (Ag)	۰/۴۴۶	مس (Cu)	۱۶/۱۶
آلومینیوم (Al)	۴۱۱۶۰/۹۶	آهن (Fe)	۲۱۸۸۱/۷۲
آرسنیک (As)	۶/۱۸۸	منگنز (Mn)	۶۸۶/۱۶
بریلیوم (Be)	۱/۳۳۲	مولیبدن (Mo)	۱/۲۰۰
کادمیوم (Cd)	۰/۲۷۸	سرب (Pb)	۱۲/۸۸
کبالت (Co)	۶/۰۴	سلنیوم (Se)	۰/۵۴۲
کروم (Cr)	۷۸/۴۴	وانادیوم (V)	۴۸/۵۶



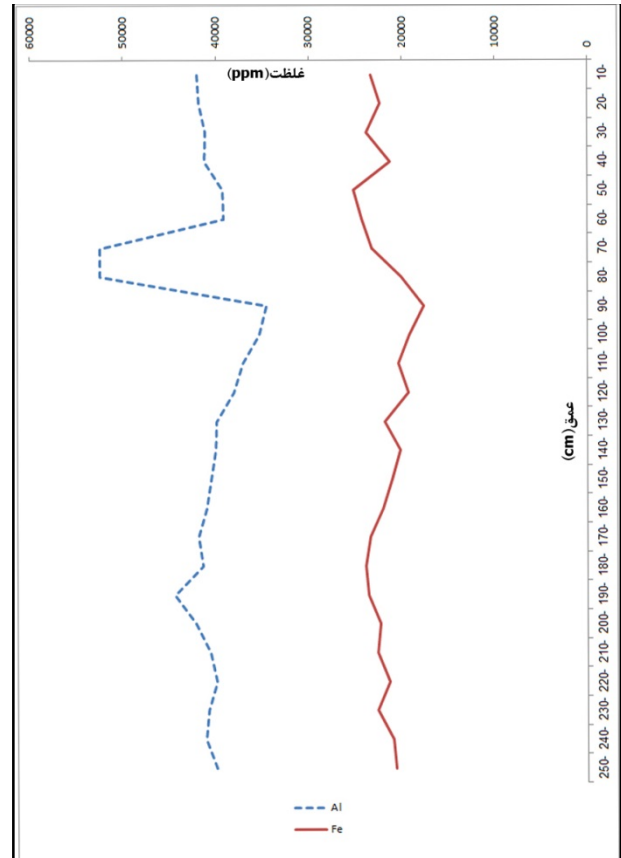
شکل ۴- روند تغییرات غلظت عناصر مس و سرب در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



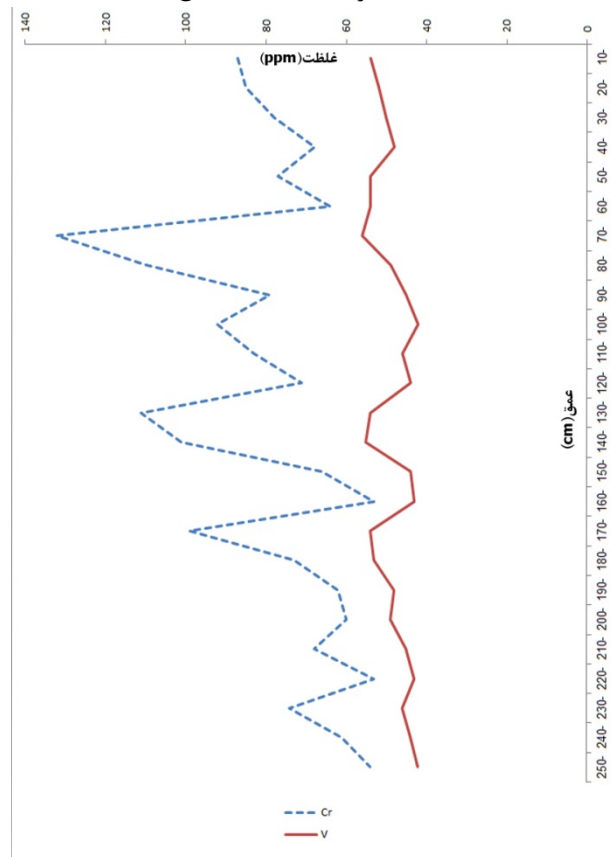
شکل ۳- روند تغییرات غلظت عناصر نقره، کادمیوم و سلنیوم در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



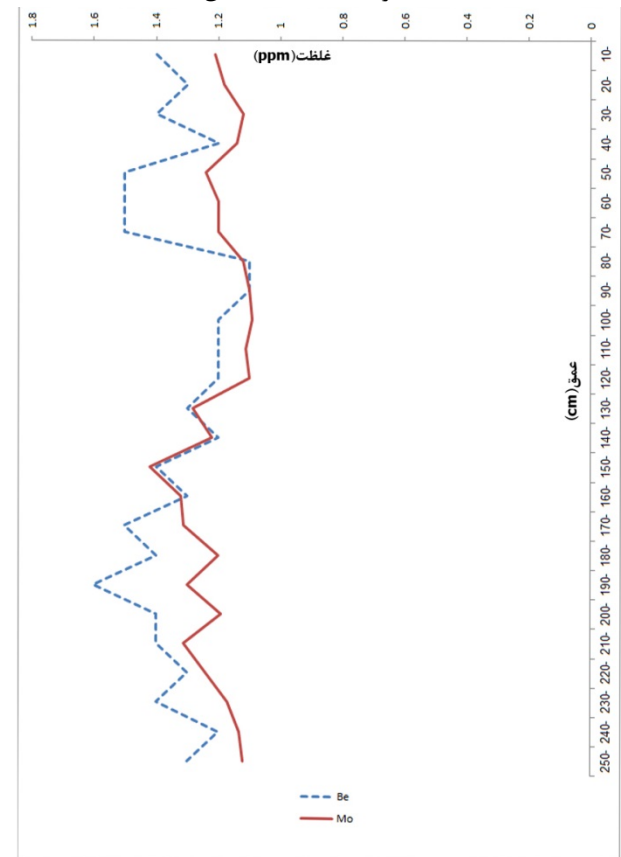
شکل ۶- روند تغییرات غلظت عناصر آرسنیک و کبالت در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



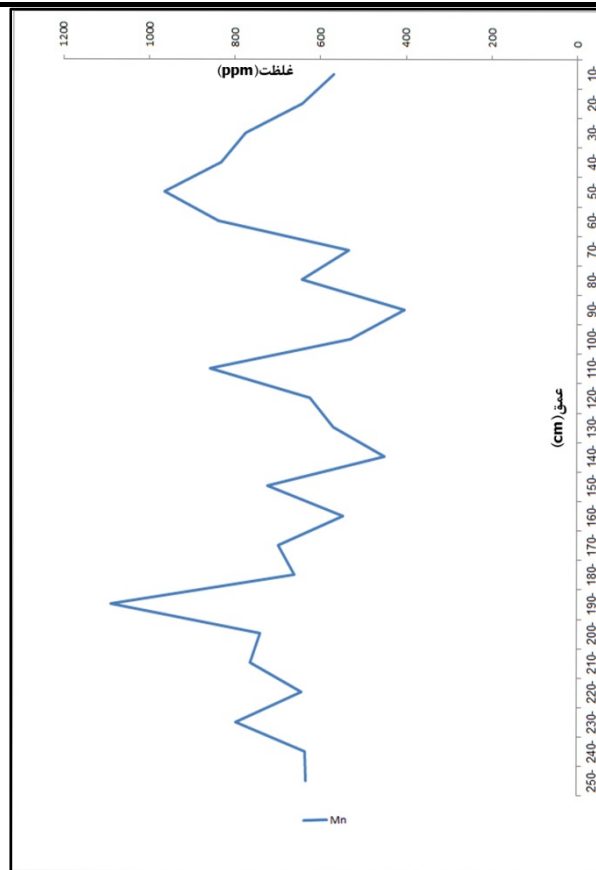
شکل ۵- روند تغییرات غلظت عناصر آلومینیوم و آهن در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



شکل ۸- روند تغییرات غلظت عناصر کروم و وانادیوم در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



شکل ۷- روند تغییرات غلظت عناصر بریلیوم و مولیبدن در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق



شکل ۹- روند تغییرات غلظت عنصر منگنز در عمق ۲/۵ متری خاک منطقه بافق

سپس با استفاده از شاخص آلودگی و بر اساس مقدار زمین هر عنصر، مقدار آلودگی متغیرهای اندازه گیری شده در پسماند کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق برآورد شد (جدول ۶).

جدول ۶- دسته بندی نمونه های رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن بر اساس شاخص آلودگی

تعداد نمونه های رسوب در کلاس های مختلف			متغیر
آلودگی شدید ($PI \geq 3$)	آلودگی متوسط ($1 < PI \leq 3$)	آلودگی کم ($PI \leq 1$)	
۰	۰	۳۵	نقره (Ag)
۰	۰	۳۵	آلومینیوم (Al)
۳۵	۰	۰	آرسنیک (As)
۰	۳۵	۰	بریلیوم (Be)
۰	۱۹	۱۶	کادمیوم (Cd)
۳۵	۰	۰	کبالت (Co)
۰	۰	۳۵	کروم (Cr)
۰	۳۵	۰	مس (Cu)
۳۵	۰	۰	آهن (Fe)
۰	۳۵	۰	منگنز (Mn)
۰	۳۵	۰	مولیبدن (Mo)
۹	۲۶	۰	سرب (Pb)
۰	۱۳	۲۲	سلنیوم (Se)
۳۵	۰	۰	وانادیوم (V)

نظر متغیرهای برلیوم (Be)، مس (Cu)، منگنز (Mn) و مولیبدن (Mo) ۱۰۰ درصد نمونه‌ها در طبقه آلودگی متوسط قرار می‌گیرند. همچنین در مورد متغیرهای کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و سلنیوم (Se) نمونه‌های رسوب درجه‌های متفاوتی از آلودگی را دارا هستند.

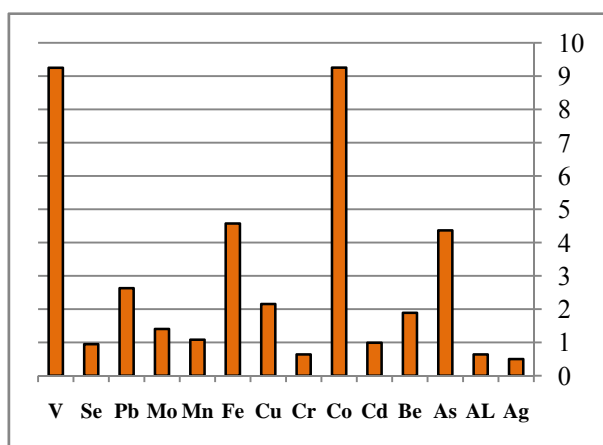
بر اساس جدول ۶ مقدار شاخص آلودگی برای متغیرهای نقره (Ag)، آلومینیوم (Al) و کروم (Cr) نشان می‌دهد که ۱۰۰٪ نمونه‌ها در طبقه آلودگی کم قرار دارند. همچنین در مورد آرسنیک (As)، کبالت (Co)، آهن (Fe) و وانادیوم (V) ۱۰۰٪ نمونه‌ها در طبقه آلودگی زیاده از

جدول ۷- وضعیت شاخص آلودگی رسوب باطله بر اساس مقدار زمینه

متغیر	میانگین شاخص آلودگی	وضعیت شاخص آلودگی
نقره (Ag)	۰/۵۰۱	کم
آلومینیوم (Al)	۰/۶۴۱	کم
آرسنیک (As)	۴/۳۶۵	زیاد
برلیوم (Be)	۱/۸۹۱	متوسط
کادمیوم (Cd)	۰/۹۸۹	کم
کبالت (Co)	۹/۲۵۴	زیاد
کروم (Cr)	۰/۶۳۸	کم
مس (Cu)	۲/۱۵۵	متوسط
آهن (Fe)	۴/۵۷۰	زیاد
منگنز (Mn)	۱/۰۸۲	متوسط
مولیبدن (Mo)	۱/۴۰۴	متوسط
سرب (Pb)	۲/۶۳۲	متوسط
سلنیوم (Se)	۰/۹۴۸	کم
وانادیوم (V)	۹/۲۴۹	زیاد

کم تا متوسط، نسبت به متغیرهای برلیوم، مس، منگنز، مولیبدن و سرب دارای آلودگی متوسط و نسبت به متغیرهای آرسنیک، کبالت، آهن و وانادیوم دارای آلودگی زیاد است.

نتایج ارائه شده در جدول ۷ و شکل ۱۰ نشان‌دهنده این است که رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن نسبت به متغیرهای نقره، آلومینیوم و کروم دارای آلودگی کم، نسبت به متغیرهای سلنیوم و کادمیوم دارای آلودگی



شکل ۱۰- میانگین شاخص PI برای فلزات اندازه گیری شده در رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن

IPI و MC_d بر اساس مقدار زمینه به دست آمده استفاده گردید (جدول ۸).

در مرحله بعد، بررسی تعیین تغییرات آلودگی و تکمیل روند شناسایی متغیرهای آلاینده رسوب باطله (پسماند) کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بافق از شاخص‌های

جدول ۸- مقادیر شاخص‌های IPI و MC_d برای نمونه‌های رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن

نمونه	IPI	MC _d	نمونه	IPI	MC _d
۱	۱/۸۸۴	۲/۹۵۶	۱۹	۱/۸۴۳	۲/۸۷۳
۲	۱/۸۸۷	۳/۰۰۴	۲۰	۱/۸۳۸	۲/۸۸۱
۳	۱/۸۸۷	۲/۹۲۶	۲۱	۱/۸۵۱	۲/۸۸۴
۴	۱/۸۷۹	۲/۸۷۴	۲۲	۱/۸۳۵	۲/۸۷۳
۵	۱/۸۸۶	۲/۹۰۲	۲۳	۱/۸۳۷	۲/۸۷۲
۶	۱/۸۸۶	۳/۰۶۸	۲۴	۱/۸۶۰	۲/۸۸۴
۷	۱/۸۸۴	۲/۷۹۹	۲۵	۱/۸۱۹	۲/۸۷۰
۸	۱/۸۸۶	۲/۹۲۹	۲۶	۱/۸۵۸	۲/۸۹۱
۹	۱/۸۸۰	۲/۹۳۵	۲۷	۱/۸۵۶	۲/۸۷۸
۱۰	۱/۸۷۶	۲/۸۳۲	۲۸	۱/۸۵۷	۲/۸۸۷
۱۱	۱/۸۸۷	۲/۸۶۱	۲۹	۱/۸۰۴	۲/۸۴۹
۱۲	۱/۸۸۵	۲/۸۵۱	۳۰	۱/۸۲۰	۲/۸۶۱
۱۳	۱/۸۹۰	۲/۹۸۸	۳۱	۱/۸۶۰	۲/۸۹۵
۱۴	۱/۸۸۱	۲/۹۷۶	۳۲	۱/۸۷۲	۲/۸۹۶
۱۵	۱/۸۷۱	۲/۸۹۰	۳۳	۱/۸۲۴	۲/۸۷۸
۱۶	۱/۸۷۷	۳/۱۳۶	۳۴	۱/۸۱۵	۲/۸۶۲
۱۷	۱/۸۹۵	۳/۰۵۸	۳۵	۱/۸۴۹	۲/۸۸۴
۱۸	۱/۸۶۴	۲/۸۲۳			

بر اساس مقادیر شاخص تجمعی IPI، ۱۰۰٪ نمونه‌ها در طبقه آلودگی متوسط قرار دارند. همچنین از نظر شاخص درجه آلودگی MC_d، ۱۰۰٪ نمونه‌ها درجه متوسط آلودگی را در رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج شاخص آلودگی (PI)، نشان می‌دهد که رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن نسبت به فلزات نقره، آلومینیوم و کروم دارای آلودگی کم، نسبت به فلزات سلیسیم و کادمیوم دارای آلودگی کم تا متوسط، نسبت به فلزات بریلیوم، مس، منگنز، مولیبدن و سرب دارای آلودگی متوسط، و نسبت به فلزات آرسنیک، کبالت، آهن و وانادیوم دارای آلودگی زیاد است. یافته‌های این پژوهش در ارتباط با شاخص تجمعی IPI و شاخص درجه آلودگی MC_d نشان می‌دهد که رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن در منطقه بافق در طبقه آلودگی متوسط قرار دارد.

بنابراین، در مجموع نتیجه‌گیری می‌شود متغیرهای آرسنیک (As)، کبالت (Co)، آهن (Fe) و وانادیوم (V) به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های رسوب باطله ناشی از کارخانه فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق است.

در صورت عدم اجرای اقدامات پیشگیرانه یا اصلاحی مناسب در ارتباط با این آلاینده‌ها، آلودگی خاک و منابع آب منطقه را به دنبال خواهد داشت. پژوهشگران نیز به نتایج مشابهی در این خصوص دست یافتند. در بررسی آلودگی رسوبات جنوب شرق تهران به عناصر سمی، نتایج نشان‌دهنده آلودگی شدید به آرسنیک است [۱۲]. همچنین ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک سطحی منطقه‌ای در چین نشان داد که میانگین آرسنیک در خاک سطحی منطقه دو برابر بالاتر از مقدار زمینه بود که نتیجه فعالیت‌های انسانی است [۱۴].

وانادیوم از منابع طبیعی و همچنین سوخت‌های فسیلی وارد محیط می‌شود و در آب، خاک و هوا برای مدت طولانی می‌ماند. وانادیوم در محیط‌های آبی، پایدار بوده و در طولانی مدت اثر زیان‌آوری روی موجودات آبی به جای می‌گذارد [۹].

هر چند آهن به عنوان یک عنصر آلوده کننده جدی محیط زیست به شمار نمی‌آید، بررسی‌ها نشان می‌دهد که وجود آهن اضافی در خون باعث ایجاد رسوباتی می‌شود که رگ‌های خونی را مسدود کرده و موجب بروز بیماری‌های دیگری نیز می‌شود [۱۰].

فرسایش بادی و انتقال رسوب باطله به وسیله باد نیز می‌تواند در انتقال آلودگی به سایر نقاط از جمله شهر بافق نقش مهمی داشته باشد. اولین گام در کنترل آلودگی، اجرای سامانه بازیافت آب از باطله است. پس از ورود مواد باطله به سد در حال آبیگری، رسوب آن در یک طرف ته نشین شده و آب آن می‌تواند با استفاده از نیروی ثقل و از سوی دیگر سد خارج شده و جهت استفاده دوباره به کارخانه هدایت شود. از سوی دیگر، با کوبیدن کف سدهای باطله در مرحله نخست ساخت به وسیله خاک رس، کمترین نفوذ را به لایه‌های پائین خاک منطقه خواهد داشت. هر چند اجرای فرآیندهای فوق بخشی از آلودگی رسوبات را در کوتاه مدت کنترل خواهد کرد. با این وجود، برای کنترل بیابان‌زایی تکنوژنیک و جلوگیری از ورود فلزات به چرخه زیستی موجودات زنده، رفع آلودگی‌های صنعتی با اجرای برنامه‌های بلند مدت و روش‌های کم‌هزینه و سازگار با محیط زیست ضروری است. یافته‌های این تحقیق ضمن تعیین وضعیت آلاینده‌های پسماند فرآوری سنگ آهن و شناسایی منابع بالقوه آلاینده آب و خاک منطقه، راهگشای تحقیقات آینده جهت بررسی امکان رفع آن‌ها به روش گیاه‌پالایی است. گیاهان خانواده‌های گز^۱ و اسفناجیان^۲ از جمله گونه‌هایی هستند که برای انباشت فلزات در مناطق بیابانی پیشنهاد شده‌اند. هم‌چنین جنس‌های *Tamarix*، *Anabasis* و *Haloxylon* نیز به عنوان گونه‌های انباشتگر در مناطق بیابانی ازبکستان معرفی شده‌اند [۳]. با توجه به ویژگی‌های اقلیمی منطقه بیابانی بافق و شرایط ادافیکی رسوب باطله ناشی از فرآوری سنگ آهن بیان و هم‌چنین مقاومت بالای گونه‌های انتخابی نسبت به خشکی، نوسانات شدید دمایی، بافت و ساختمان نامناسب خاک، اسیدیته نامناسب و متغیر، و شوری و سدیمی بودن محیط، پیشنهاد می‌شود امکان رفع آلاینده‌های رسوبات مذکور با روش گیاه‌پالایی و به وسیله گونه‌های *Anabasis spp.*، *Tamarix spp.* که از گونه‌های بومی منطقه بوده و سالیان متمادی در منطقه بافق رشد و نمو داشته‌اند، بررسی و مطالعه شود.

ورود مقدار زیادی از کبالت به داخل بدن می‌تواند بیماری برونشیت حاد ایجاد کند. در اثر تماس این عنصر با پوست دست بیماری‌های پوستی بوجود می‌آید. موسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان این عنصر را سرطان‌زای احتمالی معرفی کرده است [۱۰].

مکانیسم مسمومیت آرسنیک، اختلال در متابولیسم سلولی از طریق ترکیب با آنزیم‌های بدن است. قرار گرفتن در معرض آرسنیک در مدت کوتاه نیز منجر به حساسیت‌های معده، روده، سخت شدن عمل بلع، تشنگی و کاهش غیرطبیعی فشار خون، تشنج و در موارد حادتر، نارسائی و کاهش ضربان قلب که منجر به مرگ می‌شود. آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به دلیل تأثیر سوء این موادمسموم بر موجودات زنده، تبدیل به مسئله‌ای جهانی شده است [۱۰]. فلزات سنگین به دلیل پایداری بالا در محیط و انباشت در مخازن طبیعی و در آخر ورود به چرخه غذایی از اهمیت بوم‌شناختی زیادی برخوردارند [۹]. با عنایت به این که بوم‌سازگان‌های بیابانی حساس و شکننده بوده و در مقابل کوچک‌ترین تغییرات محیطی واکنش نشان می‌دهند، در صورتی که آلاینده‌های پسماند (رسوب باطله) ناشی از فرآوری سنگ آهن در منطقه بیابانی بافق کنترل نشود و به دنبال آن روند بیابان‌زایی تکنوژنیک مهار نشود، فلزات سنگین پس از ورود به منابع آب و خاک، وارد چرخه زیستی موجودات زنده شده و افزون بر پدیدآوردن مشکلات زیست محیطی گوناگون، تأثیر شگرفی بر بوم‌سازگان منطقه خواهد گذاشت. نتایج این پژوهش حاکی از این است که رسوبات باطله به جا مانده از فرآوری سنگ آهن در منطقه بافق آلوده به فلزات سنگین بوده و روند بیابان‌زایی در این منطقه را تشدید نموده است. نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که سدهای باطله بر روی سازند کواترنر (پادگانه‌های آبرفتی جدید Q₂) ساخته شده است. از طرف دیگر، بستر چند رودخانه فصلی نیز در محدوده انباشت این رسوبات باطله قرار دارد. فلزات آرسنیک، کبالت، آهن و وانادیوم که به عنوان آلاینده‌های این رسوبات باطله شناخته شده‌اند، می‌توانند در اثر آبشویی به منابع آب زیرزمینی و چاه‌های کشاورزی منطقه انتقال یافته و از آن‌جا به بافت گیاهان و چرخه زیستی موجودات زنده وارد شود. از سوی دیگر،

^۱. *Tamaricaceae*

^۲. *Chenopodiaceae*

References

- [1]. Abdolahi, S., Delavar, M., & Shekari, P. (2012). Numerical analysis of the distribution of soil pollution by heavy elements Angooran mine area in Zanjan. *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 26(5), 1130-1151, (in Farsi).
- [2]. Ameh, E.G., Kolawole, M.S., Imeokparia, E.G. (2011). Using Factor-Cluster analysis and Enrichment methods to evaluate impact of cement production on stream sediments around Obajana cement factory in kogi state. *North Central Nigeria Pelagia Research Library*, 76-89.
- [3]. Ashraf, M., Ozturk, M., and Ahmad, M.S.A. (2010). Plant Adaptation and Phytoremediation, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, Library of Congress Control Number: 2010931467. (www.springer.com)
- [4]. Ayaseh, K., Stodeh, A., & Poorshirzad, A. (2014). Study on sediment pollution of Bashar river due to some trace metals. M.Sc. theses, Faculty of Natural resources. Yazd university, (in Farsi).
- [5]. Gity, A. (2011). Desert, desertification and desertification combating. Iran Agricultural Science Publications. 700 p, (in Farsi).
- [6]. Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Res.* 14, 975-1001.
- [7]. Kalantari, N., Sajadi, Z., Makvandy, M., & Keshavazi, M. (2012). Chemical properties of Asalooyeh alluvial soil and groundwater with an emphasis on heavy metal pollution. *Journal of Applied Geology*, 7(4), 333-342. (in Farsi).
- [8]. Legret, M. (2006). Heavy metal deposition and soil pollution along 2 major rural highways, *Environment technology*, 37, 247-254.
- [9]. Loska, K., & Wiechula, D. (2003). Application of principal component analysis for the estimation of source heavy metal contamination in surface sediments from Rybnik Reservoir. *Chemosphere Journal*, 51, 723-733.
- [10]. MacFarlane, G.R., & Burchett, M.D. (2000). Cellular distribution of Cu, Pb and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). *Vierh. Aquatic Botany*, 68, 45-59.
- [11]. Shahbazi, A., Safianian, A., Mirghafari, N., & Einghalai, M.H. (2012). Study of heavy metals contamination soil by pollution factor, the comprehensive pollution factor and land accumulation indexes in Nahavand city. *Environment and development Journal*, 5, 31-38.
- [12]. Shahdadi, S., & Moslemoor, M. (2011). Study of Contamination of sediments in the South East of Tehran to toxic elements using principal components analysis and determination of pollution index. *Journal of Ecology*, 37(60), 137-148, (in Farsi).
- [13]. Tomlinson D. L., Wilson J. G., Harris C. R. and Jeffney D. W. (1980). problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of pollution index, *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, vol. 33, 566-572
- [14]. Yuanan, H., Xueping, L., Jinmei, B., Kaimin, Sh., Eddy, Y., & Hefa, Ch. (2013). Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environ Science Pollution Research*, 20, 6150-6159.
- [15]. Zhou, A.X., & Mackay, D.S. (2001). Effects of spatial detail of soil information on watershed modeling. *Journal of Hydrology*, 248, 54-77.
- [16]. Zhou, J.M., Dang, Z., Cai, M.F., & Liu, C.Q. (2007). Soil heavy metal pollution around the Dabaoshan mine, Guangdong Province. China. *Pedosphere Journal*, 17(5), 588-594.

Using of the PI, IPI and Mc_d indices for evaluating of contamination status of some metals in waste sediments caused by iron ore processing in Chogart Mineral Complex of Bafgh

- 1- A. Rezaipoorbaghedar, Ph.D. Student of Combating Desertification, Hormozgan University
Iranbaghedar@yahoo.com
- 2- H. Vaghrfard, Assistant Professor of Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University
- 3- H. Azimzadeh, Associate Professor of Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University
- 4- H. Gholami, Assistant Professor of Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University
- 5- Y. Esmailpoor, Assistant Professor of Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormozgan University

Received: 25 Feb 2015

Accepted: 20 Mar 2016

Abstract

The present study was designed to evaluate the pollution status of some heavy metals in waste sediments caused by iron ore processing in Bafgh desert area. After drilling 7 profiles and sampling from 0-150 cm depth of sediments, concentration of 14 heavy metals in 35 sediment samples were measured by ICP-OES. To determine the background of heavy metals in soil of control site, 25 samples from the profile with a depth of 2.5 meters (one sample per 10 centimeter) was prepared and the concentration was determined by ICP-OES. After testing data normality, PI, IPI and MC_d indices were calculated for determining the amount of pollution and changes in the measured parameters. The results showed that PI amount for As, Co, Fe and V were 4.365, 9.254, 4.57 and 9.249. Also the results about IPI and Mc_d showed that 100 percentages of samples were in moderate class of pollution. Overall As, Co, Fe and V are as important pollutant parameters in the waste sediment caused by iron ore processing in Bafgh desert area. In case of lack of appropriate modifying or Precautionary proceedings, it will lead to contamination of soil and water resources in the region. Moreover, the findings of this study revealed the status of pollution and identified potential sources of water and soil pollutants in waste sediment, It is guidance for future research in order to examine the possibility of their removal by phytoremediation method.

Keywords: Contamination; Heavy metal; Sediment; Background amount; Bafgh.

تأثیر تنظیم کننده‌های رشد بر کیفیت میوه انار رقم رباب (*Punica granatum L.*) تحت شرایط تنش خشکی

۱- محمد هادی راد، دانشجوی دکتری گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

mohammadhadirad@gmail.com

۲- محمد رضا اصغری، دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- محمد حسن عصاره، استاد گروه زیست فناوری، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۱۳

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۱

چکیده

یکی از محدودیت‌های مهم برای رشد و عملکرد مطلوب گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک، دسترسی آن‌ها به آب قابل استفاده است. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای برای سازگار نمودن گیاهان به تنش‌های محیطی و از جمله تنش خشکی صورت گرفته است. در این تحقیق استفاده از دو تنظیم کننده رشد ۲۴- اپی‌براسینولید و جاسمونیک اسید برای بهبود مقاومت به تنش خشکی در انار رقم رباب (*Punica granatum L.*) مورد توجه قرار گرفت. سه سطح آبیاری شامل آبیاری کافی (شاهد)، تنش ملایم (۷۵٪ ظرفیت زراعی) و تنش متوسط (۵۰٪ ظرفیت زراعی) و همچنین نه سطح هورمونی شامل شاهد (آب)، ۲۴- اپی‌براسینولید (۱/۰ و ۲/۰ میلی‌گرم بر لیتر)، جاسمونیک اسید (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ترکیب آن‌ها در چهار سطح در دو مقطع زمانی قبل از گلدهی و قبل از رشد سریع میوه با روش محلول‌پاشی روی برگ‌های درختان بارده انار در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اعمال گردید. نتایج نشان داد که بسیاری از متغیرهای شیمیایی و بیوشیمیایی میوه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. کاربرد تنظیم کننده‌های رشد ۲۴- اپی‌براسینولید و جاسمونیک اسید موجب تغییر در میزان فنل کل آب و پوست میوه و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب و پوست میوه شد. کاربرد ترکیبی ۲/۰ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی‌براسینولید و ۲ میلی‌گرم بر لیتر جاسمونیک اسید در شرایط رطوبتی شاهد و تنش خشکی موجب بهبود عملکرد فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه شد. کاربرد ۲ میلی‌گرم بر لیتر جاسمونیک اسید در شرایط تنش شدید خشکی موجب بهبود فعالیت آنزیم پراکسیداز آب میوه شد. با این شرایط استفاده از جاسمونیک اسید به تنهایی و یا با ۲۴- اپی‌براسینولید در غلظت‌های ذکر شده می‌تواند اثر مثبتی بر عملکرد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه انار داشته باشد.

واژگان کلیدی: جاسمونیک اسید؛ تنش خشکی؛ کیفیت میوه؛ فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

فتوسنتزی، عملکرد و کیفیت میوه و همچنین فعالیت گونه‌های اکسیژن آزاد^۱ قابل توجه است [۲۶ و ۲۹]. آسیب‌های ناشی از فعالیت گونه‌های اکسیژن آزاد (تنش ناشی از اکسیداتیو) که ممکن است در پی مداخله طولانی مدت تنش‌های زیستی و غیر زیستی از جمله تنش خشکی در گیاه اتفاق افتد، از عوامل مهم و محدود کننده برای گیاه است [۲۶]. گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی با کارایی بالایی هستند که می‌توانند تولید و کارایی رادیکال‌های آزاد را محدود و یا خنثی کنند. این سیستم دفاعی شامل آنزیم‌های سوپر

کاهش رطوبت خاک و ایجاد محدودیت برای رشد و نمو گیاه که به عنوان تنش خشکی از آن یاد می‌شود، از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که در بیشتر مناطق کره زمین و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک اتفاق می‌افتد و رشد و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تاثیر تنش خشکی بر رشد، عملکرد، پایداری ساختار و عملکرد غشاء سلولی، تورژسانس سلولی، تطابق اسمزی و روابط آبی گیاه، محتوای رنگدانه‌ها و فعالیت

^۱. Reactive Oxygen Species (ROS)

اکسید دسموتاز، کاتالاز، پرواکسیداز، آسکوربات پرواکسیداز و گلوکاتینون ردوکتاز و همچنین سیستم دفاعی غیرآنزیمی شامل آسکوربات، توکوفرول، کارتنوئیدها و ترکیب‌های متفرقه از جمله فلاونوئیدها، مانیتول‌ها و پلی فنل‌ها است [۶]. تغییر در محتوای درونی مواد تنظیم‌کننده رشد، تسریع در انتقال علائم و به دنبال آن تولید مواد با وزن مولکولی کم و همچنین تولید پروتئین‌های خاص را به همراه خواهد داشت [۴]. نتیجه این تغییرات، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. کاربرد بیرونی مواد تنظیم‌کننده رشد، عامل موثری بر بهبود سطح تولید تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گیاه بوده و شرایط را برای افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاه فراهم می‌کند [۴]. از مهم‌ترین مواد تنظیم‌کننده رشد در این رابطه براسینواستروئیدها^۱ و جاسمونات‌ها^۲ هستند.

براسینواستروئیدها مقاومت گیاهان به تنش و پاتوژن‌های گیاهی را افزایش داده و می‌توانند جایگزین مناسب برای برخی آفت‌کش‌ها باشند. در کشاورزی استفاده از این هورمون‌ها برای کاشت گیاهان در شرایط نامطلوب و پرتنش محیطی مثل شرایط خشکی، شوری، گرما، کمبود مواد غذایی و بیماری‌زایی توصیه شده است. نقش براسینواستروئیدها در گیاهان در ایجاد مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی از جمله سرما، گرما، شوری، خشکی و آسیب‌های ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها تأکید شده است [۹ و ۱۶].

کاربرد بیرونی براسینواستروئیدها می‌تواند میزان آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی از قبیل سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز، گلوکاتینون ردوکتاز و اسکوربات پراکسیداز و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی از قبیل اسکوربیک اسید، توکوفرولوز^۳، کارتنوئید و گلوکاتینون را بهبود بخشیده و یا میزان آن‌ها را تعدیل کند [۲۷].

براسینواستروئیدها بهبود فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دسموتاز، آسکوربیت پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز و همچنین اسید آمینه پرولین را به همراه داشته‌اند [۳].

جاسمونیک اسید و متیل جاسمونات دو گروه مهم از جاسمونات‌ها هستند. نقش جاسمونات‌ها در انتقال علائم برای واکنش گیاهان به چندین تنش محیطی ثابت شده است [۱۲]. جاسمونات‌ها همچنین واکنش‌هایی که در گیاه منجر به ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد را تنظیم می‌کند [۱۸ و ۳۰]. جاسمونات‌ها نیز می‌توانند بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه که در اثر آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی، دچار اختلال می‌گردد را تعدیل کنند [۳۵]. استفاده بیرونی از جاسمونیک اسید میزان مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی را از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان بهبود می‌بخشد [۵ و ۱]. محلول‌پاشی برگ‌گی جاسمونیک اسید بر روی گیاه *Agropyron cristatum* که تحت شرایط تنش خشکی پرورش یافت، موجب تنظیم متابولیسم آسکوربات و گلوکاتینون شده و از این طریق، نقش مهمی را در افزایش مقاومت به خشکی ایفا کرد [۳۷]. کاربرد جاسمونیک اسید به صورت محلول‌پاشی روی برگ‌های گندم موجب افزایش مقاومت به شوری از طریق بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و همچنین کنترل فعالیت گونه‌های اکسیژن آزاد شد [۳۰].

مواد و روش‌ها

شرایط رشد و اعمال تیمارها

آزمایش روی درختان بارده چهار ساله انار رقم رباب که به فاصله ۳×۴ متر در ایستگاه باغبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد کشت و تحت شرایط سیستم بابلر آبیاری شدند، انجام شد. خاک محل آزمایش شنی - لومی و EC آن معادل ۴/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH آن ۷/۲۱ بود. سه سطح آبیاری شامل آبیاری کافی (شاهد)، تنش ملایم (۷۵٪ ظرفیت زراعی) و تنش متوسط (۵۰٪ ظرفیت زراعی) و همچنین نه سطح هورمونی شامل شاهد (آب)، ۲۴- اپی براسینولید^۴ (۱/۱) و ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، جاسمونیک اسید (۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ترکیب آن‌ها در چهار سطح در دو مقطع زمانی قبل از گلدهی و قبل از رشد سریع میوه به صورت

^۱. Brassinosteroid (Brs)

^۲. Jasmonat

^۳. Tocopherolos

^۴. 24-Epibrassinolide (BrL)

جامد قابل حل و همچنین اسیدیته آب میوه، نسبت این دو که شاخص مناسبی برای تعیین میزان رسیدگی میوه است، محاسبه شد.

pH: جهت تعیین pH نمونه‌ها از دستگاه pH متر (مدل متروم-۸۲۷)^۶ ساخت سوئیس استفاده شد.

استخراج آنزیم‌های آنتی اکسیدانی: برای استخراج آنزیم‌های آنتی اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز در آب میوه از روش مک آدام و همکاران [۲۲] استفاده شد. در این حالت از آب میوه تازه و محلول عصاره‌گیری آنزیم، استفاده شد. نمونه‌ها ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و بعد از ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند [۱۰].

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از بافر فسفات پراکسیداز، پیروگالل ۵٪ و پراکسید هیدروژن ۳۰٪ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل جنوی^۷ در طول موج ۴۲۰ نانومتر انجام شد [۸]. میزان فعالیت بر حسب گرم بر میلی‌لیتر گزارش شد.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش چانس و ماهلی [۸] و لوهووا و همکاران [۲۱] توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل جن وی در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه و برای هر ۲۰ ثانیه قرائت [۸ و ۲۱] و در پایان بالاترین میزان فعالیت گزارش شد. همچنین از بافر فسفات سدیم ۲۰ میلی‌مولار با pH معادل هفت و ۲۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید ۳۰ درصد، به عنوان پذیرنده الکترون مورد استفاده قرار گرفت. میزان فعالیت کاتالاز بر حسب فعالیت در دقیقه گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین کل: آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH بین دوسیستم بافری اندازه‌گیری شد [۱۳]. در این روش پس از آماده‌سازی عصاره آب میوه و رقیق نمودن آن (۱:۱۰)، در دو بافر با اسیدیته ۱ و ۴/۵، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. آنتوسیانین کل براساس سیانیدین ۸- گلوکوزاید به عنوان

محلول‌پاشی روی برگ‌های درختان بارده انار در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و لحاظ نمودن نه درخت در هر بلوک، بر روی ۱۰۸ درخت اعمال گردید. از توین^۱ ۲۰ به عنوان یک چسباننده آلی در تمامی تیمارها و شاهد به مقدار ۰/۰۱ گرم بر لیتر استفاده شد.

تیمارهای رطوبتی از طریق اندازه‌گیری رطوبت خاک به وسیله دستگاه رطوبت سنج (TDR مدل TRAM ساخت آلمان) تا عمق توسعه ریشه و در چهار عمق ۲۵-، ۵۰-، ۷۵-، ۱۰۰- و ۷۵ سانتی‌متری، اعمال شد. آبیاری تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بر اساس درصدی از میزان آب مورد نیاز در شرایط ظرفیت زراعی انجام شد. ورود آب به هر یک از بلوک‌ها، بوسیله کنتورهای نصب شده در هر بلوک اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مولفه‌های شیمیایی و بیوشیمیایی میوه

مواد جامد محلول کل^۲: با استخراج آب میوه، بلافاصله مجموع مواد جامد محلول به وسیله دستگاه رفراکتومتر^۳ مینی‌دیجیتال^۴ ساخت تایوان اندازه‌گیری شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون^۵: مقداری از آب میوه نیز جهت تعیین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون مورد استفاده قرار گرفت. برای این امر پس از رقیق‌سازی، نمونه با سود ۰/۱ نرمال تیتر شد که پس از رسیدن اسیدیته به ۸/۲، مقدار سود مصرفی برآورد شد. در ادامه به استناد فرمول ذیل، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون بر اساس اسید غالب میوه انار یعنی اسید سیتریک بیان شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون = (اسید غالب اکی والان وزن*نرمالیتة سود*سود مصرفی)/(۱۰۰۰*وزن نمونه تیتر شده)*۱۰۰

۶۴= وزن اکی والان اسید سیتریک

شاخص رسیدگی میوه (نسبت مواد جامد قابل حل به اسیدیته قابل تیتراسیون): با مشخص شدن میزان مواد

1. Tween

2. Total Soluble Solids

3. Refract meter

4. Mini Digital

5. Titrable Acidity

6. Metrohm-827

7. Jenway

دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل جن وی قرائت شد. هم‌زمان با این عمل جذب نمونه کنترل نیز (که به جای عصاره از ۰/۲ میلیلیتر متانول ۶۰٪ استفاده شد) اندازه‌گیری شد. از رابطه زیر فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها محاسبه شد.

(۴)

$$(\%) \text{ فعالیت آنتی اکسیدانی} = [AC - AS / AC] \times 100$$

که در آن: AC و AS به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه است.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ویژگی‌های شیمیایی میوه، اختلاف معنی‌داری را بین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد (جدول ۱). با افزایش سطح تنش خشکی، میزان مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه افزایش یافت و pH و شاخص رسیدگی آن کاهش پیدا نمود. بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به تیمار تنش متوسط خشکی با ۱۵/۹۰ درجه بریکس بود که با تیمار تنش ملایم خشکی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. افزایش قابل توجه در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار تنش متوسط خشکی (۵/۶۱ درصد) نشانگر تجمع بیشتر اسیدهای آلی در شرایط تنش خشکی در میوه است. کاهش pH و به دنبال آن کاهش شاخص رسیدگی میوه در شرایط تنش متوسط خشکی و وجود اختلاف معنی‌دار با سایر سطوح تیمار رطوبتی نشان داد که هرچند با تشدید تنش خشکی میزان مواد جامد محلول افزایش یافت، ولی به دلیل افزایش قابل توجه اسیدیته قابل تیتراسیون، شاخص رسیدگی میوه کاهش نشان داد. استفاده از تنظیم کننده‌های رشد تاثیری بر ویژگی‌های شیمیایی میوه نداشت و اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۱). سطوح مختلف تیمارهای رطوبتی و همچنین سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد، تاثیری بر میزان آنتوسیانین آب میوه نداشتند، بگونه‌ای که بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

در این شرایط مطلوب‌ترین پاسخ مربوط به تیمار تنش ملایم خشکی بود (جدول ۳).

آنتوسیانین غالب انار (میلی گرم بر لیتر) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

(۲)

$$= \text{آنتوسیانین کل (میلی گرم بر لیتر)} \\ [(A \times MW \times DF \times 100) / MA]$$

(۳)

$$A = (A510 - A700) \text{ pH}1.0 - (A510 - A700) \text{ pH}4.5$$

که در آن:

MW وزن مولکولی آنتوسیانین غالب، DF فاکتور رقت و MA ضریب جذب مولی سیانیدین-۳- گلوکوزاید است.

اندازه‌گیری محتوای فنل کل: محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیکالته اندازه‌گیری شد [۴۰]. مقدار ۰/۳ میلیلیتر آب میوه رقیق شده (۱:۱۰۰) با ۱/۵ میلیلیتر معرف فولین سیکالته رقیق شده (۱:۱۰۰)، ترکیب شد. پس از پنج دقیقه ۱/۲ میلیلیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد (Na₂CO₃) به آن اضافه شد و پس از ۱/۵ ساعت در دمای آزمایشگاه و در شرایط تاریکی، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت و با مقایسه با منحنی استاندارد گالیک اسید که براساس غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام رسم شد، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک بر لیتر آب میوه بیان شد. این امر برای عصاره متانولی پوست انار نیز انجام و محتوای فنل کل بر اساس گرم بر کیلو گرم پوست میوه گزارش شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی: فعالیت آنتی اکسیدانی پوست و آب میوه بر اساس روش ارائه شده توسط شیمادا و همکاران [۳۸] اندازه‌گیری شد.

از آب میوه رقیق شده با متانول ۸۵٪ به نسبت ۱:۱۰۰ و عصاره متانولی تهیه شده از پوست میوه به میزان ۰/۲ میلیلیتر استفاده شد. از هریک از نمونه‌ها ۵۰۰ میکرولیتر برداشته و با ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط و به مدت ۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای اتاق سانتریفیوژ شد. سپس ۷۵ میکرولیتر از فاز رویی به همراه ۲۹۲۵ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۰۰۲۴ گرم DPPH با متانول ۸۵٪ به حجم ۱۰۰ میلیلیتر رسانده شد) ورتکس شد. در آخر جذب نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از

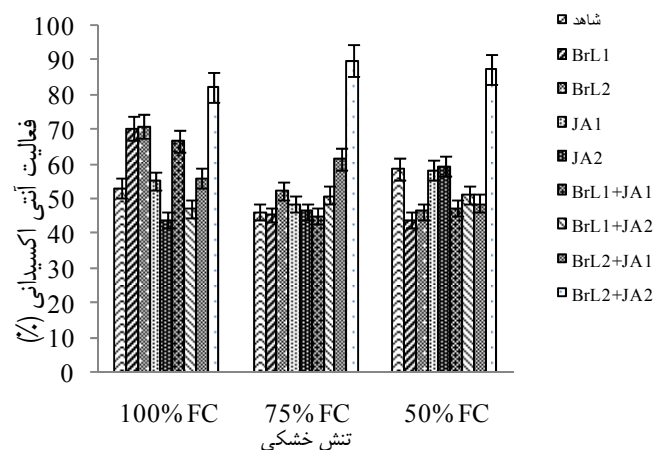
جدول ۱- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های شیمیایی میوه انار رقم رباب در شرایط تنش خشکی و کاربرد تنظیم کننده‌های رشد ۲۴- اپی براسینولید و جاسمونیک اسید

منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول (TSS)	اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)	pH	شاخص رسیدگی میوه (TSS/TA)
بلوک	۳	۲۵/۴۱**	۱/۰۷ns	۰/۰۵ns	۰/۱۸ns
تنش خشکی	۲	۲۳/۹۳**	۱۹/۴۱**	۰/۳۲*	۱۰/۹۲**
تنظیم کننده رشد	۸	۵/۳۸ns	۱/۷۶ns	۰/۰۹ns	۰/۴۹ns
تنظیم کننده رشد*تنش خشکی	۱۶	۲/۴۱ns	۰/۴۷ns	۰/۰۶ns	۰/۵۲ns
خطای آزمایش	۷۸	۳/۷	۱/۱۳	۰/۰۹	۰/۵۵
CV		۱۲/۶۶	۲۵/۸۳	۹/۰۱	۲۰/۱۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مقایسه میانگین سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد را در تغییر میزان فنل کل آب میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه، میزان فنل کل پوست میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه در جدول ۵ نشان داده شده است. بالاترین مقدار در هر یک از متغیرهای ذکر شده مربوط به ترکیب هورمونی ۲۴- اپی براسینولید همراه با جاسمونیک اسید در مقادیر ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر بود (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده همچنین نشان داد که سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد مستقل از سطوح مختلف تیمار رطوبتی عمل نموده‌اند، اگرچه در هر سه سطح تیمار رطوبتی، ترکیب هورمونی ۲۴- اپی براسینولید همراه با جاسمونیک اسید در مقادیر ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین مقدار را بویژه در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه به خود اختصاص و با سایرین اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با این وجود سایر سطوح هورمونی در سطوح مختلف تنش خشکی دارای رفتاری متفاوت بودند (شکل ۱).

تأثیر تیمار تنش متوسط خشکی بر افزایش فنل کل آب میوه، قابل توجه بود و اختلاف معنی‌داری را با سایر سطوح تنش خشکی نشان داد. بین سطوح مختلف تنش خشکی در میزان فنل کل پوست میوه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش فنل کل آب میوه ناشی از اعمال تنش متوسط خشکی، موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن شد (۳۴/۴۵٪). اگرچه میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه به مراتب بیشتر از آب میوه بود (۵۸/۶۴ درصد در تیمار رطوبتی شاهد)، با این وجود بین سطوح مختلف تنش خشکی به دلیل تغییرات ناچیز در فنل کل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۴). تأثیر سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد بر میزان آنتوسیانین آب میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲). فنل کل آب میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه، میزان فنل کل پوست میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه تحت تأثیر سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد قرار گرفت و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲).

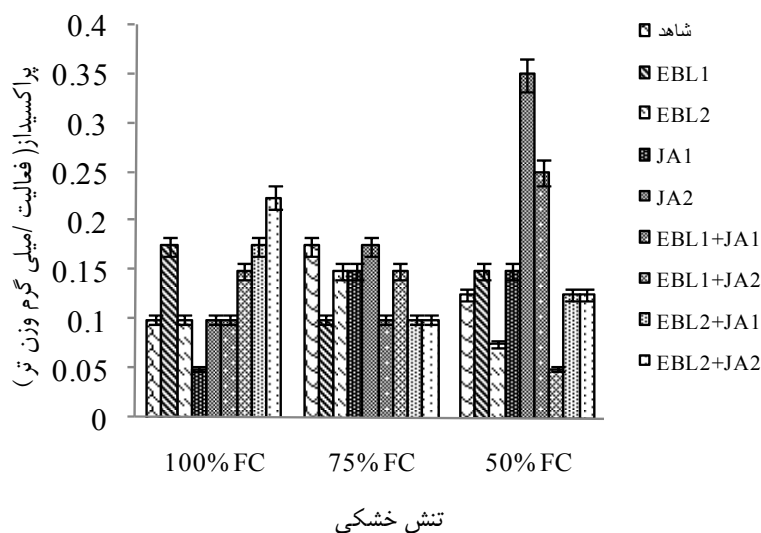


شکل ۱- تغییرات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه ناشی از اثر متقابل تنش خشکی و تنظیم کننده‌های رشد

معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). در شرایط بدون تنش رطوبتی، ترکیب هورمونی ۲۴- اپی‌براسینولید همراه با جاسمونیک اسید در مقادیر ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز را به خود اختصاص داد که با سطوح دیگر تنظیم کننده‌های رشد، اختلاف معنی‌داری داشت. در تیمارهای تنش ملایم و تنش شدید خشکی، بالاترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در اثر مصرف ۲ میلی‌گرم بر لیتر از جاسمونیک اسید مشاهده شد، هرچند در تیمار تنش ملایم، اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح نشان نداد. تاثیر جاسمونیک اسید در افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط تنش شدید خشکی در قابل توجه است (شکل ۲).

با بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز موجود در آب میوه، مشخص شد با افزایش میزان تنش خشکی، فعالیت این آنزیم افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که تیمار تنش متوسط خشکی باعث بیشترین فعالیت آن شد و اختلاف معنی‌داری را با دیگر سطوح تیمار رطوبتی نشان داد (جدول‌های ۲ و ۴). اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمار رطوبتی در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مشاهده نشد. با این وجود کمترین میزان فعالیت آنزیم مذکور مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۴).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز تحت تاثیر تنظیم کننده‌های رشد قرار نگرفت و بین سطوح مختلف، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز ناشی از به کارگیری سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد در سطوح مختلف تنش خشکی افزایش و اختلاف



شکل ۲- تغییرات میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز آب میوه ناشی از اثر متقابل تنش خشکی و تنظیم کننده‌های رشد

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه انار رقم رباب در شرایط تنش خشکی و کاربرد تنظیم کننده‌های رشد ۲۴- اپی‌براسینولید و جاسمونیک اسید

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
فعالیت آنزیم کاتالاز آب میوه	فعالیت آنزیم پراکسیداز آب میوه	فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه	فنل کل پوست میوه	فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه	فنل کل آب میوه	آنتوسیانین آب میوه		
۰/۰۰۱ ns	۶۵/۳۱ ns	۶۹۹/۶۵*	۶۲۷۴/۳۷ns	۱۴/۰۷ ns	۱۲۳۲۴۱/۹۷ ns	۰/۶۷۰ ns	۳	بلوک
۰/۰۰۹ **	۲/۵۰ ns	۴۱۶/۰۲ns	۹۰۴/۲۱ns	۵۱۲/۰۴**	۷۹۰۲۶۴۰/۹۱**	۰/۰۸۸ns	۲	تنش خشکی
ns	۷۶/۶۷ ns	۱۵۴۹/۰۲**	۴۰۱۱۹/۴۱**	۲۷۶/۰۸**	۲۱۰۵۴۱۲/۰۸**	۰/۶۳۴ns	۸	هورمون
۰/۰۰۱ns	۲۶۹/۴۶**	۳۰۵/۷۸*	۴۲۲۲/۹۱ns	۳۹/۸۱ns	۲۱۷۹۱۲/۳۸ns	۰/۶۲۶ns	۱۶	هورمون X تنش خشکی
۰/۰۰۰۹	۳۳/۸۴	۱۷۷/۴۵	۷۱۳۹/۳۷	۲۵/۹۱	۲۴۷۲۰۹/۹۱	۰/۴۰۳	۷۸	خطای آزمایش
۲۲/۰۸	۲۱/۶۱	۲۳/۴۵	۲۴/۰۸	۱۶/۸۵	۲۳/۲۳	۲۶/۴۶		CV

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای رطوبتی بر مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و شاخص رسیدگی میوه

متغیرها				تیمار رطوبتی
شاخص رسیدگی میوه	pH	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	
۳/۸۱a	۳/۵۱a	۳/۷۵b	۱۴/۳۲b	شاهد (FC ٪۱۰۰)
۳/۸۷a	۳/۵۰a	۳/۹۵b	۱۵/۳۰a	تنش ملایم (FC ٪۷۵)
۲/۸۳b	۳/۳۶b	۵/۶۱a	۱۵/۹۰a	تنش متوسط (FC ٪۵۰)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای رطوبتی بر فنل کل آب میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه، فنل کل پوست میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز آب میوه انار رقم رباب

متغیرها						
تیمار رطوبتی	فنل کل آب میوه (میلی‌گرم بر لیتر)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه	فنل کل پوست میوه (گرم بر کیلوگرم)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه (%)	فعالیت آنزیم پراکسیداز آب میوه (گرم بر میلی‌لیتر)	فعالیت آنزیم کاتالاز آب میوه (در دقیقه)
شاهد (FC ٪۱۰۰)	۱۸۵۲/۱۰b	۲۷/۲۵b	۱۶۱/۹۹a	۵۸/۶۴a	۰/۰۱۲۲a	۰/۱۲۳b
تنش ملایم (FC ٪۷۵)	۱۸۸۶/۲۱b	۲۸/۹۱b	۱۵۰/۶۸a	۵۲/۹۲a	۰/۰۱۳۶a	۰/۱۳۵b
تنش متوسط (FC ٪۵۰)	۲۶۸۰/۱۰a	۳۴/۴۵a	۱۷۰/۹۵a	۵۵/۱۹a	۰/۰۱۲۴a	۰/۱۵۵a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین سطوح مختلف تنظیم کننده‌های رشد ۲۴- اپی براسینولید و جاسمونیک اسید بر فنل کل آب میوه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه، فنل کل پوست میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پوست میوه

میانگین مربعات				تیمار هورمونی
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	فنل کل آب میوه	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	فنل کل آب میوه	
(پوست میوه /%)	(گرم بر کیلوگرم)	آب میوه (%)	(میلی گرم بر لیتر)	
۵۲/۷۲b	۱۶۵/۸۵bc	۲۴/۷۸c	۱۸۱۴/۲۰c	شاهد (آب)
۵۳/۲۱b	۱۷۲/۷۸bc	۲۴/۴۹bc	۱۸۲۵/۵۱c	BrL (۰/۱ میلی گرم بر لیتر)
۵۶/۶۶b	۱۸۳/۱۹bc	۳۰/۶۱b	۲۶۱۰/۰۰b	BrL (۰/۲ میلی گرم بر لیتر)
۵۳/۵۹b	۱۵۴/۶۴c	۲۹/۱۸bc	۱۹۶۴/۵۰bc	JA (۱ میلی گرم بر لیتر)
۴۹/۹۸b	۱۴۵/۱۵c	۲۹/۳۱bc	۲۳۶۷/۶۱b	JA (۲ میلی گرم بر لیتر)
۵۳/۰۲b	۱۸۶/۸۷bc	۳۰/۹۱b	۲۰۵۵/۳۰bc	JA+BrL (۱ + ۰/۱ میلی گرم بر لیتر)
۴۹/۷۴b	۲۳۵/۶۹b	۲۹/۸۷b	۲۳۵۱/۳۱b	JA+BrL (۲ + ۰/۱ میلی گرم بر لیتر)
۵۵/۳۵b	۱۵۲/۴۹c	۲۷/۷۲bc	۱۸۶۰/۴۱c	JA+BrL (۱ + ۰/۲ میلی گرم بر لیتر)
۸۶/۵۰a	۳۲۸/۱۳a	۴۱/۹۷a	۳۱۵۲/۶۲a	JA+BrL (۲ + ۰/۲ میلی گرم بر لیتر)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

بحث و نتیجه گیری

از سیستم‌های دفاعی بسیار کارآمد در گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، تولید ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی است. یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی که منجر به تولید طیف گسترده‌ای از رادیکال‌های آزاد در گیاهان و در نهایت تنش اکسیداتیو می‌شود، تنش خشکی است. استفاده از گیاهانی که از سازگاری بالایی به شرایط خشکی خاک برخوردار هستند و عملکرد کمی و کیفی آنها کمتر دستخوش تغییر می‌شود، در اولویت توسعه زراعت و باغبانی در مناطق خشک هستند. در کنار استفاده از گیاهان مقاوم و سازگار، استفاده از روش‌های مناسب و کارآمد از جمله اعمال تنش خشکی کنترل شده با هدف بهبود کیفیت و میوه صرفه‌جویی در مصرف آب و یا به کارگیری تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در افزایش کارایی گیاهان در مقابله با تنش خشکی دارای اهمیت است.

در این تحقیق ضمن بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر کیفیت میوه انار رقم رباب، با استفاده از دو تنظیم‌کننده رشد شامل ۲۴- اپی براسینولید و جاسمونیک اسید، تغییر ترکیب‌های موثر در بهبود کیفیت میوه در شرایط تنش خشکی نیز مورد بررسی قرار گرفت. انار از گونه‌های سازگار به خشکی معرفی و گزارش شده است که مهم‌ترین عامل مقاومت به خشکی، بهبود شرایط

اسمولیتی سلول‌ها از طریق انباشت ترکیب‌های مناسب و یا به عبارتی تطابق اسمزی است [۳۲].

تنش خشکی اگرچه ممکن است موجب کاهش اندازه میوه انار و در آخر کاهش عملکرد شود، با این وجود عواملی که باعث بهبود کیفیت میوه می‌شوند از قبیل مواد جامد محلول، میزان آنتوسیانین موجود در آب و پوست میوه افزایش پیدا می‌کنند [۲۸]. نتایج بدست آمده از این پژوهش نیز نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب افزایش میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و کاهش pH آب میوه شد. به دلیل افزایش زیاد اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار تنش متوسط خشکی، شاخص رسیدگی میوه در این تیمار کاهش یافت. به عبارتی، با افزایش شدت تنش خشکی به دلیل پایین بودن pH آب میوه، ممکن است کیفیت میوه برای برداشت نامناسب و یا با تاخیر مواجه شود. شاخص رسیدگی میوه در تنش ملایم خشکی وضعیت مطلوبی را نشان داد. در مجموع می‌توان بیان داشت که با اعمال تنش ملایم خشکی، شاخص‌های شیمیایی میوه بهبود یافتند که می‌تواند عاملی برای بهبود کیفیت میوه در زمان برداشت و افزایش طول دوره پس از برداشت و یا انبارداری باشد. مطالعه اثر تنش خشکی بر روی انار، نشان داد که میزان مواد جامد محلول در شرایط تنش ملایم خشکی افزایش می‌یابد [۲۴]. در تحقیق

پوست میوه شد، هر چند اختلاف معنی‌داری در میزان فنل موجود در پوست میوه، بین سطوح مختلف تنش خشکی مشاهده نشد. با افزایش سطح تنش خشکی، میزان فنل موجود در آب میوه افزایش قابل توجه‌ای یافت. به نظر می‌رسد، مهم‌ترین واکنش انار رقم رباب به تنش خشکی، افزایش میزان فنل در اجزای مختلف گیاه و از جمله میوه و به ویژه آب میوه باشد. میزان فنل موجود در آب میوه انار رقم رباب را در محل آزمایش ۷۸۶/۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم آب میوه گزارش شده است که در بین ارقام مورد بررسی، بالاترین مقدار را نشان می‌دهد [۴۴]. میزان فنل اندازه‌گیری شده در آب میوه تیمار رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ۱۸۵۲/۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که نسبت به آنچه زارعی و همکاران [۴۴] گزارش کرده‌اند مقدار کمتری را نشان داد. مقدار فنل موجود در آب میوه تیمار تنش متوسط خشکی ۲۶۸۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که افزایش ۷۰ درصدی را نشان داد. ترکیب‌های فنلی در گیاهان و سازگاری آن‌ها به تنش‌های محیطی و از جمله تنش خشکی به دلیل بالا بودن میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا-لیاز (PAL) است [۱۴]. بررسی تاثیر مقادیر مختلف آب بر روی کمیت و کیفیت میوه انگور، نشان داد که در این گیاه، تنش خشکی نیز موجب افزایش مقادیر آنتوسیانین و فنل میوه و به دنبال آن بهبود کیفیت میوه می‌شود، هرچند ممکن است کاهش عملکرد را به دنبال داشته باشد [۳۴].

در تمامی سطوح تنش خشکی، مقادیر فعالیت آنتی اکسیدانی اندازه‌گیری شده با آنچه در برخی گزارش‌ها به آن اشاره شده، پایین‌تر بود. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی برای آب میوه انار رقم رباب را به ترتیب ۵۱/۴۶ و ۷۰/۲۵ درصد گزارش شده است [۴۰ و ۴۴]. با این وجود تاثیر تنش خشکی را در این ارتباط را نباید نادیده گرفت. تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آب میوه شد. پایین بودن میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آب میوه در این پژوهش ممکن است به دلیل پایین بودن مقدار آنتوسیانین موجود در آب میوه باشد، هرچند گزارش شده است که میزان آنتوسیانین موجود در آب انار، ارتباطی با فعالیت آنتی اکسیدانی آن ندارد [۴۰]. آنتوسیانین و

مذکور تغییر قابل توجهی در میزان اسیدیتته قابل تیتراسیون و pH در سطوح مختلف تنش خشکی با شاهد مشاهده نشد. بهبود کیفیت میوه انار رقم مولار دلچه^۱ از طریق کم آبیاری کنترل شده (کاهش ۲۵ درصدی از تبخیر و تعرق پتانسیل) شامل افزایش آنتوسیانین آب میوه، افزایش مواد جامد محلول و بهبود رنگ میوه گزارش شده است [۲۸]. اثرات کم آبیاری به شدت تنش و دوره رشد میوه بستگی دارد و در صورت اعمال به موقع تنش خشکی ملایم، اثر آن بهبود کیفیت میوه در زمان برداشت و طولانی شدن دوره انبارداری خواهد بود [۲۸]. با اعمال سطوح مختلف تنش خشکی روی انار رقم مولار دلچه گزارش شد که تنش خشکی تاثیری بر مواد جامد محلول، اسیدیتته قابل تیتراسیون و شاخص رسیدگی میوه ندارد، با این وجود pH آب میوه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت [۲۳].

در این تحقیق، تنش خشکی بر میزان آنتوسیانین آب میوه تاثیر معنی‌داری نداشت. میزان آنتوسیانین اندازه‌گیری شده در تمامی تیمارها از آنچه زارعی و همکاران در رابطه با انار رقم رباب گزارش کرده‌اند [۴۴] مقدار پایین‌تری را نشان داد. با اعمال تنش ملایم خشکی در انار، دریافتند که میزان آنتوسیانین در مقایسه با شاهد افزایش یافت [۲۴]. افزایش قابل توجه‌ای در اثر اعمال تنش ملایم خشکی در میزان آنتوسیانین آب میوه در تحقیق یاد شده، مشاهده نشد. آن‌ها بیان داشتند که تنش شدید خشکی موجب کاهش میزان آنتوسیانین در آب میوه انار رقم مولار دلچه شده است [۲۳]. یکی از دلایل پایین بودن میزان آنتوسیانین میوه‌های مورد آزمایش در تمامی سطوح تیمارهای رطوبتی، تاخیر در زمان برداشت میوه‌ها بود، اگرچه برداشت میوه‌ها، همزمان با برداشت میوه‌های سایر ارقام کشت شده در مجموعه ذخائر توارثی انار یزد صورت گرفت. تفاوت در میزان داده‌های بدست آمده، می‌تواند ناشی از نوع رقم و روش استخراج ترکیب موثره نیز باشد [۴۴].

میزان فنل اندازه‌گیری شده در آب میوه و همچنین پوست میوه، مقادیر بالایی را نشان داد. تنش خشکی موجب افزایش میزان فنل موجود در آب میوه و همچنین

2. Phenylalanine ammonia-lyase

1. Mollar de Elche

ترکیب‌های فنلی مشابه، هیچیک در میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه انار نقشی ندارند [۲۴]. علی رغم عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه در اثر اعمال تنش خشکی، مقادیر اندازه‌گیری شده، مربوط به پوست میوه بیش از دو برابر آب میوه بود (به ترتیب برای آب و پوست میوه، ۲۷/۲۵ و ۵۸/۶۴٪). گزارش شده است که فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه انار در تمامی ارقام مورد بررسی و از جمله رقم رباب، بیش از آب میوه است [۲]. نتایج بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که با افزایش میزان فنل در پوست میوه، فعالیت آنتی اکسیدانی افزایش یافت، در حالی که افزایش میزان فنل در آب میوه تاثیر کمتری بر افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آن داشت. بیشتر بودن فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه نسبت به آب میوه را می‌توان به مقدار زیاد فنل کل در پوست میوه دانست. فعالیت آنتی اکسیدانی پوست میوه انار مربوط به فنل کل بوده در حالی که فعالیت آنتی اکسیدانی آب میوه به طور عمده مربوط به تانن‌های قابل هیدرولیز به همراه الاجیک اسید، پنی کالاجین و آنتوسیانین است [۲]. هر عاملی که موجب افزایش میزان فنل کل در پوست میوه گردد، فعالیت آنتی اکسیدانی آن را افزایش می‌دهد، در حالی که ساخت ترکیب‌هایی چون تانن‌های قابل هیدرولیز، الاجیک اسید، پنی کالاجین، آنتوسیانین و غیره. عامل افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه در انار هستند. به نظر می‌رسد تنش خشکی موجب تولید ترکیب‌های فنلی غیر کارآمد در آب میوه شده و از این طریق از تولید ترکیب‌های موثر در افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی آب میوه جلوگیری کرده باشد. آنتوسیانین‌ها عضوی از ترکیب‌های فنلی بوده و گزارش شده است که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان فنل کل با آنتوسیانین در میوه انار وجود دارد [۴۴]. افزایش ۸۲۸ میلی‌گرم بر لیتر فنل کل در آب میوه منجر به افزایش اندک (۰/۷/۲٪) در فعالیت آنتی اکسیدانی آن شد. اثر کاهش میزان الاجیک اسید و پنی کالاجین در آب میوه انار در اثر اعمال تنش خشکی، فعالیت آنتی اکسیدانی آن کاهش پیدا می‌کند. تنش خشکی شدید تاثیر بیشتری بر این کاهش دارد [۲۳].

بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز موجود در آب میوه، افزایش یافت. تنش شدید خشکی بالاترین مقدار فعالیت این آنزیم را نشان داد. تغییر محسوسی در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز آب میوه در اثر اعمال تنش خشکی مشاهده نشد. از سازوکارهای مهم گیاهان در مقابله با تنش‌های اکسیداتیو، بهبود فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دسموتاز، کاتالاز، پرواکسیداز، آسکوربات پرواکسیداز و گلوکاتایون ردوکتاز است [۶]. هرچند برخی گزارش‌ها به کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در اثر افزایش تنش خشکی اشاره دارند [۷]. به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در آب میوه، یکی از راه کارهای مقابله با تنش خشکی از طریق بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی در رختان انار است.

اگرچه در این پژوهش استفاده از تنظیم کننده‌های رشد، تاثیری بر عملکرد ویژگی‌های شیمیایی میوه نداشت، با این وجود گزارش‌هایی مبنی بر بهبود کیفیت میوه در اثر محلول‌پاشی با براسینواستروئیدها و متیل جاسمونات روی برگ‌های گیاهانی چون فلفل و گوجه فرنگی [۱۹] و [۲۱] و پس از برداشت روی میوه‌هایی چون انار، سیب و تمشک [۲۵، ۴۳ و ۳۳] گزارش شده است. بررسی تاثیر جاسمونیک اسید روی میوه‌های انار رقم ملس یزدی و ملس اشکذر قبل از انبارداری، نشان داد که غلظت ۰/۳ و ۰/۴ میلی‌مولار از این هورمون توانسته است موجب بهبود مواد جامد محلول گردد، هرچند تاثیری بر افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون و میزان فنل کل در طول دوره انبارداری نداشته است [۲۶]. با استفاده از سالسیلیک اسید، تغییر در میزان اسیدیته و مواد جامد محلول در انار گزارش شده است [۳۶]. به نظر می‌رسد زمان استفاده از تنظیم کننده‌های مورد اشاره برای بهبود ویژگی‌های شیمیایی میوه، نامناسب بوده است.

اگرچه تاثیر استفاده از تنظیم کننده‌های رشد ۲۴-اپی براسینولید و جاسمونیک اسید بر تجمع آنتوسیانین در برگ، میوه و ریشه گیاهان مختلف گزارش شده است [۱۵، ۲۰، ۲۳، ۳۱ و ۳۵]، با این وجود در این پژوهش تاثیری از کاربرد تنظیم کننده‌های رشد ذکر شده بر میزان آنتوسیانین آب میوه انار رقم رباب مشاهده نشد. استفاده از

غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر از جاسمونیک اسید بالاترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را به همراه داشت. تاثیر جاسمونیک اسید بر افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش و بدون تنش، اولویت کاربرد این تنظیم کننده رشد را در بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی انار نشان داد. پایین بودن میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش خشکی با کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید، می‌تواند به دلیل حذف عوامل تنش در اثر استفاده از این تنظیم کننده رشد به عنوان یک براسینواستروئید باشد [۴۱]. به عبارت دیگر، ترکیب‌هایی که ناشی از تنش‌ها اسمزی تولید و گیاه را وادار به تولید ترکیب‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدانی می‌کند، بوسیله براسینواستروئیدها کنترل می‌شوند. افزایش فعالیت آنزیم پروکسیداز را در ریشه نهال‌های نخل در شرایط وجود تنش از طریق آلودگی به قارچ فوزاریوم به وسیله استفاده از جاسمونیک اسید گزارش شده است [۱۷]. کاربرد براسینواستروئیدها در گیاه سورگوم، موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و کاهش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و اسکوربیک اکسیداز در شرایط تنش اسمزی شد [۴۱]. به نظر می‌رسد گیاهان مختلف رفتارهای متفاوتی را در مواجهه با تنظیم کننده‌های رشد در خصوص فعال نمودن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند.

تاثیر جاسمونیک اسید بر افزایش ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی بیشتر از ۲۴- اپی‌براسینولید بود. ترکیب جاسمونیک اسید با ۲۴- اپی‌براسینولید نیز موجب بهبود کارایی آن شد. افزایش تاثیر کاربرد جاسمونیک اسید به همراه تنظیم کننده‌های رشد دیگر در افزایش میزان آنتوسیانین ریشه گیاه کالانچو (*Kalanchoe blossfeldiana*) بررسی شده است [۱۴]. هرچند کاربرد توام جاسمونیک اسید و ۲۴- اپی‌براسینولید تاثیر معنی‌داری در میزان آنتوسیانین ریشه گیاه ذکر شده نداشته است. همان‌گونه که اشاره شد، جاسمونیک اسید از طریق تحریک تولید اتیلن، قندها و برخی آنزیم‌های موثر بر تولید ترکیب‌های فنلی در شرایط تنش خشکی موجب بهبود مقاومت گیاه به تنش می‌شود، در حالی که ۲۴- اپی‌براسینولید از طریق جلوگیری از

متیل جاسمونات، قبل از برداشت میوه دو گونه از تمشک، موجب بهبود کیفیت میوه از طریق افزایش آنتوسیانین، فنل کل و در نتیجه بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شده است [۴۳]. متیل جاسمونات می‌تواند از طریق تحریک ساخت اتیلن و فعال کردن آنزیم‌های موثر بر ساخت ترکیب‌های فنلی و همچنین افزایش میزان قندهای محلول، تجمع آنتوسیانین و سایر ترکیب‌های فنلی که در بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه نقش دارند را به دنبال داشته باشد. یکی از دلایل کاهش میزان آنتوسیانین آب میوه را در انار آفتاب سوختگی اعلام و گزارش شده است که با کاربرد جیبرلیک اسید، امکان کاهش آفتاب سوختگی و بهبود میزان آنتوسیانین میوه وجود دارد [۱۱]. افزایش ترکیب‌های فنلی ناشی از کاربرد تنظیم کننده‌های رشد ۲۴- اپی‌براسینولید و جاسمونیک اسید بویژه در شرایطی که از غلظت بالای آن‌ها در ترکیب با یکدیگر استفاده شد، بیانگر نقش آن‌ها در افزایش تولید ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی و به‌ویژه ترکیب‌های فنلی است. در بسیاری از منابع بر تاثیر کاربرد بیرونی براسینواستروئیدها و متیل جاسمونات‌ها بر افزایش تولید ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود شرایط گیاه در مقابله با تنش‌های محیطی، تاکید شده است [۴، ۲۶، ۴۳ و ۴۲]. به نظر می‌رسد بهبود تولید ترکیب‌های فنلی از طریق افزایش فعالیت اتیلن، افزایش میزان قندها و همچنین سایر ترکیب‌های آنزیمی و غیر آنزیمی از جمله فنیل‌آلانین آمونیا لیاژ که موثر بر تولید ترکیب‌های فنلی هستند، اتفاق افتاده است [۳۹].

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز آب میوه تحت تاثیر تنظیم کننده‌های رشد قرار نگرفت. با این وجود فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایطی که دسترسی گیاه به آب تغییر نمود، با به کارگیری تنظیم کننده‌های رشد، بهبود یافت. به عبارتی، فعالیت آنزیم پراکسیداز هنگامی که درختان تحت تاثیر تنظیم کننده‌های رشد قرار گرفتند رفتارهای متفاوتی را در برابر سطوح مختلف تنش خشکی از خود نشان دادند. در زمانی که درختان تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفتند، ترکیب هورمونی ۲۴- اپی‌براسینولید همراه با جاسمونیک اسید در مقادیر ۰/۲ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر و هنگامی که تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند،

تولید ترکیب‌های تنش‌زا موجب بهبود مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی می‌شود.

References

- [1]. Ai, L., Li, Z.H., Xie, Z.X., Tian, X.L., Eneji, A.E., & Duan, L.S. (2008). Coronatine alleviates polyethylene glycol-induced water stress in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal Agronomy Crop Science*, 194, 360-368.
- [2]. Akbarpour, V., Hemmati, K., Sharifani, M., & Bashiri Sadr, Z. (2010). Multivariate analysis of physical and chemical characteristics in some pomegranate (*Punica granatum*) cultivars of Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1), 244-248.
- [3]. Anuradha, S., & Rao, S.S.R. (2007). The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant and Soil Environment*, 53(11), 465-472.
- [4]. Bajguz, A., & Hayat, S. (2009). Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 1-8.
- [5]. Bandurska, H., Stroinski, A., & Kubis, J. (2003). The effect of jasmonic acid on the accumulation of ABA, proline and spermidine and its influence on membrane injury under water deficit in two barley genotypes. *Acta Physiology Plant*, 25, 279-285.
- [6]. Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K.V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review. *Annals of Botany*, 91, 149-179.
- [7]. Cevik, S., & Unyayar, S. (2015). The effects of exogenous application of ascorbate and glutathione on antioxidant system in cultivated *Cicer arietinum* and wild type *C. reticulatum* under drought stress. *Journal of Natural and Applied Science*, 19(1), 91-97.
- [8]. Chanes, B., & Mahely, A.C. (1996). Assay of catalase and peroxidase. In Colowick, S.P. and N.D. Kaplan (eds.), *Methods in enzymology*. Academic Press. New York, 2, 764-791.
- [9]. Dhaubhadel, S., Browning, K.S., Gallie, D.R., & Krishna, P. (2002). Brassinosteroid functions to protect the translational machinery and heat-shock protein synthesis following thermal stress. *The Plant Journal*, 29(6), 681-691.
- [10]. Ebermann, R., & Stich, K. (1982). Peroxidase and amylase isoenzymes in the sapwood and heartwood of trees. *Phytochemistry*, 21, 2401-2402.
- [11]. Ehteshami, S., Khani-Sari, H., & Ershadi, A. (2012). Effect of Kaolin and Gibberellic Acid Application on Some Qualitative Characteristics and Reducing the Sunburn in Pomegranate Fruits (*Punica granatum*) cv. 'Rabab Neiriz. *Plant production Technology*, 11(1), 15-23.
- [12]. Gill, S.S., & Tuteja, N. (2010). Polyamines and abiotic stress tolerance in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 5 (1), 26-33.
- [13]. Giusti, M.M., & Wrolstad, R.E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their application in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 217-225.
- [14]. Goraj, J., Wegrzynowicz-lesiak, E., & Saniewski, M. (2014). The effects of some plant growth regulator and their combination with methyl jasmonate on anthocyanin formation in roots of *Kalanchoe blossfeldiana*. *Journal of Horticultural Research*, 22(2), 31-40.
- [15]. Hura, T., Grzesiak, S., Hura, K., Thiemt, E., Tokarz, K., & Wedzony, M. (2007). Physiological and biochemical tools useful in drought-tolerance detection in genotypes of winter triticale: accumulation of ferulic acid correlates with drought tolerance. *Annual Botanic*, 100, 767-775.
- [16]. Ibn Maaouia-Houimli, S., Ben Mansour-Gueddes, S., Dridi-Mouhanded, B., & Denden, M. (2012). 24-epibrassinolide enhances flower and fruit production of pepper (*Capsicum annum* L.) under salt stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8 (3), 224-233.
- [17]. Jaiti, F., Verdeil, J.L., ElHadrami, I. (2009). Effect of jasmonic acid on the induction of polyphenoloxidase and peroxidase activities in relation to date palm resistance against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Physiological and Molecular Plant Pathology, 24, 84–90.

- [18]. Karami, A., Shahbazi, M., Niknam, V., Shobbar, Z., Tafreshi, R., Abedini, R., & Mabood, H. (2013). Expression analysis of dehydrin multigene family across tolerant and susceptible barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in response to terminal drought stress. *Acta Physiology Plant*, 35(7), 2289-2297.
- [19]. Kazemi, M. (2014). Effect of Foliar Application with Salicylic Acid and Methyl Jasmonate on Growth, Flowering, Yield and Fruit Quality of Tomato. *Bulletin of Environment. Pharmacology and Life Sciences*, 3(2), 154-158.
- [20]. Luan, L.Y., Zhang, Z.W., Xi, Z.M., Huo, S.S., & Ma, L.M. (2013). Brassinosteroids regulate anthocyanin biosynthesis in the ripening of grape berries. *South African Journal Enology and Viticulture*, 34(2), 196-203.
- [21]. Luhova, L., Lebeda, A., Hederorva, D., & Pec, P. (2003). Activities of oxidase, peroxidase and catalase in seedlings of *Pisum sativum* L. under different light conditions. *Plant Soil Environment*, 49(4), 151-157.
- [22]. Mac-Adam, J.W., Nelson, C.J., & Sharp, R.E. (1992). Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue. *Plant Physiology*, 99, 872-878.
- [23]. Mena, P., Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Ondono, S., Garcia-Viguera, C., Ferreres, F., Torrecillas, A., and Gil-Izquierdo, A. (2013). Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(8), 1922-1927.
- [24]. Mellishoa, C.D., Egeaa, I., Galindoa, A., Rodriguez, P., Rodriguez, J., Conejeroa, W., & Romojaroa, F. (2012). Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 114, 30–36.
- [25]. Mirdehghan, S.H., & Ghotbi, F. (2014). Effects of Salicylic Acid, Jasmonic Acid, and Calcium Chloride on Reducing Chilling Injury of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit. *Journal of Agricultural Science & Technology*, 16 (1), 163-173.
- [26]. Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11, 15–19.
- [27]. Nunez, M., Mazzafera, P., Mazorra, L.M., Siqueira, W.J., & Zullo, M.A.T. (2003). Influence of a brassinosteroid analogue on antioxidant enzymes in rice grown in culture medium with NaCl. *Biology Plant*, 47, 67–70.
- [28]. Larabi, A.L., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.S., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J., & Perez-Gago, M.B. (2013). Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. Mollar de Elche at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, 125, 61–70.
- [29]. Passioura, J. (2007). The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58, 113–117.
- [30]. Qiu, Z.B., Guo, J.L., Zhu, A.J., Zhang, L., & Zhang, M.M. (2014). Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104, 202-208.
- [31]. Rao, S.S.R., Vardhini, B.V.V., Sujatha, E., & Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids—A new class of phytohormones. *Current Science*, 82, 1239–1245.
- [32]. Rodriguez, P., Mellisho, C.D., Conejero, W., Cruz, Z.N., Ortuno, M.F., Galindo, A., & Torrecillas, A. (2012). Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. *Environmental*, 77: 19–24.
- [33]. Rudell, D.R., Mattheis, J.P., & Fellman, J.K. (2002). Methyl Jasmonate Enhances Anthocyanin Accumulation and Modifies Production of Phenolics and Pigments in ‘Fuji’ Apples. *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 127, 435–441.
- [34]. Santos, T.P.d., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., Souza, C.R.d., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., & Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*, 112(3), 321-330.
- [35]. Sasaki, Y., Asamizu, E., Shibata, D., Nakamura, Y., Kaneko, T., Awai, K., Amagai, M., Kuwata, C., Tsugane, T., Masuda, T., Shimada, H., Takamiya, K., Ohta, H., &

- Tabata, S. (2001). Monitoring of methyl jasmonate-responsive genes in Arabidopsis by cDNA macroarray: self-activation of jasmonic acid biosynthesis and cross-talk with other phytohormone signalling pathways. *DNA Reserch*, 8, 153-161.
- [36]. Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M., & Valero, D. (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53: 152-154.
- [37]. Shan, C., & Liang, Z. (2010). Jasmonic acid regulates ascorbate and glutathione metabolism in *Agropyron cristatum* leaves under water stress. *Plant Science*, 178, 130-139.
- [38]. Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., & Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthin on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Agricultural and Food Chemistry*, 40, 945-948.
- [39]. Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- [40]. Tatari, M., Fotouhi Gaazvini, R., Ghasemnejad, M., Mousavi, S.A., & Tabatabaai, S.Z. (2011). Morphological and biochemical characteristics of fruit in some pomegranate cultivars in climatical conditions of Saveh. *Journal of plant and Seed Breeding in Iran*, 27(1), 69-72, (in farsi).
- [41]. Vardhini, B.V., & Rao, S.S.R. (2003). Amelioration of water stress by brassinosteroids on seed germination and seedling growth of three varieties of sorghum. *Plant Growth Regulator*, 41, 25-31.
- [42]. Wang, S.Y., Bowman, L., & Ding, M. (2008). Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes nonproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry*, 107, 1261-1269.
- [43]. Wang, S.Y., & Zheng, W. (2005). Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 187-195.
- [44]. Zarei, M., Azizi, M., & Bashiri-Sadr, Z. (2010). Studies on physic-chemical properties and bioactive compounds of six pomegranate cultivars grown in Iran. *Journal of Food Technology*, 8(3), 112-117.

Effects of growth regulators on pomegranate (*Punica granatume* L. cv. Rabab) fruit quality under drought stress condition

1-M. H. Rad, PhD student of Department of Horticulture, College of Agriculture, University of Urmia
mohammadhadirad@gmail.com

2- M. R. Asghari, Associate Professor of Department of Horticulture, College of Agriculture, University of Urmia

3- M. H. Assareh, Professor, Forests and Rangelands Research Institute, Tehran

Received: 05 Oct 2015

Accepted: 09 Apr 2016

Abstract

Water availability, especially in arid regions, is one of the major constraints for achieving optimum growth yield. In recent years, several numbers of researches has been done with different methods on adapting plants to environmental stresses such as drought stress. In this experiment, two plant growth regulators named 24-epibrassinolide and Jasmonic acid was used to improve drought tolerance of pomegranates (*Punica granatume* L. cv. rabab). Treatments were three levels of irrigation included sufficient water (control), mild stress (75 % of field capacity) and moderate stress (50 % of field capacity) and 9 levels of hormones included control (water), 24-epibrassinolide (0.1 and 0.2 mg/l), jasmonic acid (1 and 2 mg/l) and their combinations. These treatments arranged in factorial experiment in the form of complete randomized block design with four replications. Plant growth regulators sprayed on the leave of fertile trees before flowering and after fruiting rapid growth. Results showed that many chemical and biochemical parameters of fruit affected by drought stress. Application of 24-epibrassinolide and Jasmunic acid growth regulators changed the amount of total phenols in peel and fruit juice. The amount of antioxidant activity in peel and fruit juice was also altered by the above mentioned plant regulators. Results also showed that application of 0.2 mg/lit of 24-epibrassinolide in combination with 2 mg/lit of jasmunic acid could ameliorate antioxidant activity in peel under control and drought stress conditions. Application of 2 mg/lit of Jasmunic acid ameliorated the activity of peroxidise enzyme in fruit juice severe drought stress. According to the results, application of Jasmunic acid, lonely, or in combination with 24-epibrassinolide could have a positive effect on antioxidant activity of pomegranate fruit under the mentioned concentrations.

Keywords: Pomegranate (*Punica granatume* L. cv. Rabab); 24-epibrassinolide; Jasmunic acid; Drought stress; Antioxidant activity.

اثر تنش خشکی بر خصوصیات بیوشیمیایی ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام مختلف یونجه (*Medicago Sativa L.*)

۱- مالک مقصودی، دانشجوی دکتری زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- جمشید رزمجو، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

krazmjoo@cc.iut.ac.ir

۳- مهدی قیصری، استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۵

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۵

چکیده

یونجه (*Medicago sativa L.*) مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای دنیاست که به طور گسترده در بیشتر مناطق اقلیمی بویژه نواحی خشک و نیمه‌خشک مورد کشت و کار قرار دارد. این گیاه از مکانیسم‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مختلفی در مواجهه با تنش‌های محیطی بویژه تنش خشکی برخوردار است. هدف از این پژوهش، تعیین نقش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در مقاومت به خشکی گیاهچه‌های یونجه در شرایط آزمایشگاهی بود. بدین منظور ده رقم یونجه شامل ارقام اصفهانی، همدانی، یزدی، اردوبادی، قره یونجه، بمی، نیکشهری، قمی، بغدادی و کودی و شش سطح پتانسیل آب شامل صفر، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱- مگاپاسکال ایجاد شده با ماده شیمیایی پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدئید ریشه‌چه و ساقه‌چه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام یونجه مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنش خشکی موجب افزایش محتوای پراکسید هیدروژن، مالون دی‌آلدئید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های یونجه گردید. بر اساس نتایج، می‌توان اظهار داشت که ارقام مقاوم به خشکی یونجه از سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی فعال‌تری برخوردارند. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی در انتخاب ارقام مقاوم به خشکی در یونجه مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: یونجه؛ تنش خشکی؛ ریشه‌چه؛ ساقه‌چه؛ آنتی‌اکسیدان؛ مالون دی‌آلدئید؛ پراکسید هیدروژن.

مقدمه

از دست دادن آب، گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل، یون‌های سوپراکسید و پراکسید هیدروژن در سلول‌ها و بافت‌های گیاهی افزایش یافته که نتیجه آن آسیب به غشاءهای سلولی و اندامک‌ها، اکسیداسیون پروتئین‌ها، بازدارندگی آنزیم‌ها و تخریب اسیدهای نوکلئیک است [۱۶، ۲۴، ۳۳ و ۴۰]. پراکسید هیدروژن یکی از گونه‌های فعال اکسیژن است که توانمندی بالایی برای آسیب‌رسانی به سلول‌ها و فرآیندهای حیاتی گیاه دارد [۷] و تعیین محتوای آن در اندام‌های مختلف گیاهان در معرض تنش خشکی از جمله روش‌های ارزیابی توان وقوع آسیب در گیاهان مختلف است [۱]. از بارزترین اثر مخرب گونه‌های فعال اکسیژن، آسیب به غشاءهای سلولی است که تحت عنوان

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل غیر زیستی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان در نقاط مختلف کره زمین بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است [۲۷]. تنش خشکی از طریق تاثیر بر فرآیندهای حیاتی گیاه مانند جوانه‌زنی و سبز شدن، استقرار بوته، فتوسنتز، جذب و متابولیسم عناصر غذایی و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی موجب کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود [۲۵]. از این رو شناسایی و تعیین مکانیسم‌های تحمل گیاهان به تنش خشکی یکی از مهمترین موضوعات مورد توجه پژوهشگران علوم گیاهی است [۷]. یکی از پیامدهای قرارگیری گیاهان در معرض تنش خشکی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن و به دنبال آن وقوع تنش اکسیداتیو است که تاثیر مخربی بر متابولیسم و ساختارهای سلولی دارد [۴۳]. در طی فرآیند

پراکسیداسیون چربی‌ها شناخته می‌شود [۴۳]. در این فرآیند گونه‌های فعال اکسیژن اقدام به دریافت الکترون از چربی‌های غشاء‌های سلولی نموده و بدین شکل به آن‌ها آسیب می‌رسانند [۴۱]. بر اثر وقوع پراکسیداسیون چربی‌ها، ماده‌ای به نام مالون دی‌آلدهید از تجزیه اسیدهای چرب غیر اشباع تولید می‌شود [۳]. پایداری غشاء‌های سلولی در مواجهه با تنش‌های محیطی بویژه خشکی به طور گسترده‌ای جهت تعیین مقاومت به تنش مورد استفاده قرار گرفته [۹] و در بیشتر موارد محتوای کمتر مالون دی‌آلدهید با تحمل به تنش خشکی رابطه داشته است [۳، ۱۷ و ۴۳]. گیاهان از مکانیسم‌های مختلفی برای مقاومت در برابر تنش اکسیداتیو برخوردارند که شامل سیستم دفاع آنزیمی و غیر آنزیمی هستند [۴]. در واقع، مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن از اولین پاسخ‌های دفاعی گیاه در برابر تنش خشکی است که به عنوان پیام رسان ثانویه برای فعال سازی دیگر مکانیسم‌های دفاعی گیاه عمل می‌کند [۱]. سیستم دفاع آنزیمی علیه گونه‌های فعال اکسیژن شامل گروهی از آنزیم‌هاست که توانایی جذب و خنثی سازی گونه‌های فعال اکسیژن را دارا هستند [۴]. آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های دخیل در فرآیند جمع آوری و خنثی سازی گونه‌های فعال اکسیژن هستند [۴۱]. آنزیم کاتالاز فرآیند تبدیل پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن را بدون نیاز به سوبسترای کمکی انجام می‌دهد. آنزیم پراکسیداز با کمک سوبستراهای مختلف به عنوان دهنده الکترون و آنزیم آسکوربات پراکسیداز با استفاده از مولکول آسکوربات به عنوان دهنده الکترون موجب احیاء پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن می‌شوند [۴۳]. به نظر می‌رسد با توجه به نقش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در کاهش اثر مخرب گونه‌های فعال اکسیژن، سطح حضور و فعالیت این دسته از آنزیم‌ها در گیاهان با توان تحمل به خشکی آن‌ها رابطه داشته باشد و حفظ سطوح بالاتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت شرایط تنش خشکی ممکن است از طریق افزایش توانایی سلول برای مقابله با اثرات سوء تنش اکسیداتیو در مقاومت به خشکی موثر باشد [۱].

یونجه (*Medicago sativa* L.) از قدیمی‌ترین، خوشخوراک‌ترین و مغذی‌ترین گیاه علوفه‌ای چند ساله است که در طول تاریخ بشر مورد کشت و کار قرار گرفته و به همین خاطر ملکه گیاهان علوفه‌ای نامیده شده است [۲۱]. این گیاه علوفه‌ای به طور گسترده در مناطق مختلف دنیا بویژه مناطق خشک و نیمه خشک که با محدودیت منابع آب مواجه‌اند کاشت می‌شود [۳۸]. یونجه قادر به رشد در نواحی استوایی تا عرض‌های جغرافیایی نزدیک به قطب می‌باشد [۳۱] و این امر نشان دهنده وجود مکانیسم‌های مختلف مقاومت در یونجه در برابر تنش‌های مختلف محیطی بویژه تنش خشکی است [۱۳]. مطالعات پیشین، مکانیسم‌های فیزیولوژیک [۵ و ۲۸] و مورفولوژیک [۲ و ۱۳] مقاومت به خشکی در یونجه را مورد بررسی قرار داده‌اند، هرچند مکانیسم‌های بیوشیمیایی مقاومت به خشکی در ارقام یونجه ایرانی در سطح گیاهچه و در هر دو اندام ریشه‌چه و ساقه‌چه به خوبی مورد ارزیابی قرار نگرفته است. وجود تنوع ژنتیکی بالا بین ارقام یونجه موجود در کشور می‌تواند ابزار توانمندی جهت دستیابی به مکانیسم‌های بیوشیمیایی درگیر در مقاومت یونجه به سطوح مختلف تنش خشکی در اختیار قرار دهد. از این رو، هدف از اجرای این مطالعه تعیین مکانیسم‌های آنزیمی دخالت کننده در مقاومت به خشکی یونجه و معرفی نشانگرهای بیوشیمیایی مناسب جهت انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است. بر این اساس تعداد ۱۰ رقم یونجه با منشاءهای مختلف (ارقام قره یونجه، اردوبادی و همدانی از مناطق سردسیر، اصفهانی، قمی و یزدی از مناطق معتدل، ارقام بمی، نیک‌شهری و بغدادی از مناطق گرمسیر و رقم کودی به عنوان رقم خارجی) تحت سطوح مختلف تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه‌های پژوهشی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. رقم‌های یونجه شامل ارقام همدانی، اصفهانی، قره یونجه، نیک‌شهری، بمی، بغدادی، یزدی، اردوبادی و کودی است. تعداد شش سطح پتانسیل

Triton x-۲، EDTA، ۲ میلی‌مولار، ۲ درصد، Dithiothreitol، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌مولار Tris-HCl و ۲ درصد Polyvinylpyrrolidone) به آن افزوده شده و با کمک هاون چینی در دمای 4°C یکنواخت شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۱۲۰۰۰ g در دمای 4°C سانتریفیوژ شد. محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده شد.

میزان پراکسیداسیون لیپدها در ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام یونجه به صورت غیرمستقیم و با اندازه‌گیری غلظت مالوندی‌آلدئید به روش تیوباربیتوریک اسید که توسط هیت و پارکر [۲۲] شرح داده شده انجام گرفت.

داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده، اثر پتانسیل آب بر محتوای پراکسید هیدروژن و مالوندی‌آلدئید و نیز فعالیت همه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی در ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های یونجه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

محتوای پراکسید هیدروژن

نتایج نشان داد با افزایش خشکی محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدئید ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام یونجه افزایش می‌یابد (جدول ۲). رقم همدانی در پتانسیل‌های صفر، $0/2$ ، $0/6$ و 1 ، رقم اصفهانی در پتانسیل $0/4$ و رقم اردوبادی در پتانسیل $0/8$ مگاپاسکال بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن ریشه‌چه را دارا بودند. همچنین رقم اصفهانی در پتانسیل صفر، رقم اردوبادی در پتانسیل‌های $0/2$ و 1 ، رقم کودی در پتانسیل $0/4$ ، رقم همدانی در پتانسیل $0/6$ و رقم قره یونجه در پتانسیل $0/8$ مگاپاسکال بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن ساقه‌چه را دارا بودند (جدول ۳). نتایج نشان داد افزایش محتوای پراکسید هیدروژن در ساقه‌چه به مراتب بیشتر از ریشه‌چه بود، به گونه‌ای که در

آب شامل صفر، $0/2$ ، $0/4$ ، $0/6$ ، $0/8$ و 1 مگاپاسکال که با استفاده از ماده شیمیایی پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ که بر اساس روش مایکل و کوفمن [۳۲] ایجاد شده بود در یک آزمایش فاکتوریل (شامل دو فاکتور رقم و تیمارهای پتانسیل آب) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. بذره‌های ارقام مختلف یونجه پس از ضد عفونی با استفاده از محلول ۱ درصد هیپوکلرید سدیم درون ژرمیناتور با دمای 25°C و تحت شرایط تاریکی نگهداری شد. پس از گذشت ۴ روز بذره‌های جوانه‌زده و هم‌اندازه انتخاب و به پتری‌دیش‌های استریل حاوی دو لایه کاغذ صافی و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل (تیمار شاهد) و یا محلول‌های با پتانسیل اسمزی مورد نظر منتقل شد. هر پتری‌دیش حاوی ۳۰ عدد بذر جوانه‌زده و هر تیمار شامل چهار تکرار بود. پتری‌دیش‌ها به مدت ۶ روز درون اتاقک رشد در شرایط 12 ساعت روشنایی و 12 ساعت تاریکی، دمای روشنایی 25°C و دمای تاریکی 18°C و رطوبت نسبی ۷۵٪ نگهداری شد. به منظور پیشگیری از نوسانات پتانسیل آب درون پتری‌دیش‌ها در روز سوم آزمایش، به هر پتری‌دیش میزان ۳ میلی‌لیتر آب مقطر استریل و یا محلول با پتانسیل اسمزی مورد نظر اضافه شد. در پایان روز ششم ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های یونجه از یکدیگر جدا و جهت سنجش صفات بیوشیمیایی شامل غلظت پراکسید هیدروژن، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکورات پراکسیداز و نیز پراکسیداسیون لیپدهای غشاء استفاده شد. تعیین محتوای پراکسید هیدروژن در ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام مورد مطالعه با استفاده از روش ولیکف [۴۲] انجام شد.

فعالیت سه آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و آسکورات پراکسیداز در ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام یونجه بر روی عصاره استخراج شده بر اساس روش هرزگ و فهیمی [۲۳]، برگ مائر [۸] و ناکانو واسدا [۳۵] و با اندکی تغییرات سنجش شد.

به منظور استخراج عصاره آنزیمی، $0/2$ گرم نمونه مورد نظر (ریشه‌چه یا ساقه‌چه) وزن شده، با آب مقطر استریل شستشو شده و سپس ۱ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار (pH 7) (حاوی ۲ میلی‌مولار α -

تنش اکسیداتیو با شدت کمتر در ریشه‌چه از یک سو [۴۳] و یا فعالیت بیشتر برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه از سوی دیگر باشد [۳۴]. در شرایط تنش خشکی به دلیل تغییرات ساختاری که در سطح سلولی در ریشه اتفاق می‌افتد هدایت هیدرولیکی ریشه برای آب به سمت اندام هوایی کاهش می‌یابد و این مورد نیز می‌تواند در کاهش بیشتر محتوای آب سلولی در ساقه‌چه و افزایش احتمال وقوع تنش اکسیداتیو در آن نسبت به ریشه‌چه نقش داشته باشد [۲۸].

پایین‌ترین سطح پتانسیل آب (۱- مگاپاسکال) محتوای پراکسید هیدروژن در ساقه‌چه ۲۴۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، در حالی که این میزان در ریشه‌چه تنها ۸۹ درصد بود. در مطالعه وانگ و همکاران [۴۳] نیز افزایش تنش خشکی باعث افزایش ۱۳۶ درصد در محتوای پراکسید هیدروژن ساقه‌چه و تنها ۶۴ درصد افزایش محتوای آن در ریشه‌چه یونجه گردید. محتوای کمتر پراکسید هیدروژن در ریشه‌چه یونجه در مقایسه با ساقه‌چه در مواجهه با تنش خشکی می‌تواند ناشی از وقوع

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پتانسیل‌های آبی مختلف بر محتوای پراکسید هیدروژن ریشه‌چه (rH_2O_2) و ساقه‌چه (sH_2O_2)، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز ریشه‌چه (rCAT) و ساقه‌چه (sCAT)، پراکسیداز ریشه‌چه (rPOX) و ساقه‌چه (sPOX)، آسکوربات پراکسیداز ریشه‌چه (rAPX) و ساقه‌چه (sAPX) و محتوای مالون دی‌آلدهید ریشه‌چه (rMDA) و ساقه‌چه (sMDA) ارقام یونجه در شرایط آزمایشگاهی

میانگین مربعات										درجه آزادی	منابع تغییرات
sMDA	rMDA	sAPX	rAPX	sPOX	rPOX	sCAT	rCAT	sH_2O_2	rH_2O_2		
۱۰۷۰۰/۸۱**	۱۳۵۹/۸۶**	۰/۳۵**	۰/۳۵**	۱/۶۶**	۱۵۳/۴۰**	۱۲/۰۱**	۰/۸۰**	۸۲۹۴۷۹/۷**	۱۴۵۳۰۴/۶۹**	۵	پتانسیل آب
۱۱۶۲/۷۳**	۸۷/۹۶**	۰/۱۳**	۰/۰۹**	۰/۱۴**	۰/۱۰**	۷/۱۸**	۰/۰۹۷**	۱۰۷۵۴۳/۳۵**	۶۲۴۳/۰۷**	۹	رقم
۱۴۸/۰۷**	۷/۹۷**	۰/۰۲**	۰/۰۲**	۰/۰۳۶**	۰/۰۶**	۰/۷۷**	۰/۰۱۰**	۱۳۹۳۸/۲۰**	۵۷۵/۰۶**	۴۵	پتانسیل آب × رقم
۱/۸۶	۱/۶۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۳۱۱/۷۶	۹۳/۵۷	۱۸۰	خطا

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف پتانسیل آب و رقم بر محتوای پراکسید هیدروژن ساقه‌چه (sH_2O_2) و ریشه‌چه (rH_2O_2) و مالون دی‌آلدهید ساقه‌چه (sMDA) و ریشه‌چه (rMDA) توده‌های یونجه در شرایط آزمایشگاهی

تیمار				
rMDA	sMDA	rH_2O_2	sH_2O_2	پتانسیل آب
(نانومول بر گرم وزن تر)	(نانومول بر گرم وزن تر)	(نانومول بر گرم وزن تر)	(نانومول بر گرم وزن تر)	(مگاپاسکال)
۵/۶f	۸/۹f	۱۶۸/۲f	۱۵۴/۱f	۰
۸/۳e	۱۷/۱e	۱۹۷/۲e	۲۲۶/۳e	-۰/۲
۱۰/۹d	۲۵/۲d	۲۳۰/۹d	۲۸۹/۵d	-۰/۴
۱۴/۸c	۳۵/۸c	۲۶۲/۸c	۳۷۱/۴c	-۰/۶
۱۸/۰b	۴۴/۶b	۲۹۴/۴b	۴۶۰/۶b	-۰/۸
۲۱/۲a	۵۲/۴a	۳۱۷/۰a	۵۲۷/۳a	-۱
رقم				
۱۱/۰e	۲۳/۶f	۲۴۴/۷c	۲۸۳/۸e	بمی
۱۴/۹b	۳۳/۳d	۲۵۸/۱b	۳۷۸/۸c	اصفهانی
۱۲/۲d	۲۲/۳g	۲۱۷/۰e	۲۹۱/۸e	نیکشهری
۹/۹f	۱۸/۵h	۲۲۲/۲e	۲۸۲/۴e	قمی
۱۲/۶cd	۳۰/۸e	۲۵۳/۰b	۳۸۸/۵c	قره یونجه
۱۳/۳c	۳۴/۶c	۲۵۲/۵b	۴۰۰/۶b	کودی
۱۳/۳c	۳۰/۹e	۲۴۵/۸c	۳۲۵/۸d	یزدی
۱۲/۴d	۲۱/۶g	۲۲۹/۸d	۲۴۲/۰f	بغدادی
۱۵/۸a	۴۰/۰a	۲۵۹/۸ab	۴۱۵/۲a	اردوبادی
۱۵/۶ab	۳۸/۸b	۲۶۴/۰a	۴۰۹/۸ab	همدانی

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل آب و رقم بر محتوای پراکسید هیدروژن ریشه‌چه (rH_2O_2) و ساقه‌چه (sH_2O_2) (نانومول بر گرم وزن تر) یونجه در شرایط آزمایشگاهی

رقم	پتانسیل آب (مگاپاسکال)											
	sH_2O_2					rH_2O_2					رقم	
	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴		-۰/۲
بی	۳۹۷/۵ h	۳۵۷/۵ i	۳۲۵/۰ k-m	۱۷۱/۳ rs	۱۶۷/۵ rs	۱۰۷/۵ v	۳۰۱/۷ g	۲۷۹/۹ h-k	۲۵۹/۷ m-o	۲۰۷/۳ u-w	۱۷۵/۰ z-c'	۱۷۴/۶ z-c'
اصفهانی	۵۹۵/۵ cd	۴۹۶/۵ f	۴۴۰/۰ g	۳۳۲/۵ j-l	۲۳۲/۴ o	۱۷۵/۰ rs	۳۴۱/۸ ab	۳۰۸/۱ e-g	۲۶۲/۴ mn	۲۶۱/۲ m-o	۱۹۹/۹ wx	۱۷۵/۰ z-c'
نیکشهری	۴۷۹/۵ f	۳۵۵/۰ ij	۲۵۰/۰ o	۲۰۲/۵ pq	۱۵۴/۰ st	۱۲۷/۵ uv	۲۴۸/۴ hi	۲۶۳/۷ l-n	۲۳۰/۲ st	۲۰۲/۴ vw	۱۶۸/۹ b'-d'	۱۵۲/۵ d'e'
قمی	۳۴۲/۵ i-k	۳۲۲/۰ k-m	۳۰۷/۵ m	۲۸۰/۰ n	۱۶۵/۰ rs	۱۳۲/۵ tu	۲۷۷/۱ h-k	۲۵۷/۶ m-p	۲۴۸/۰ o-q	۲۲۰/۷ tu	۱۷۲/۱ a'-c'	۱۵۷/۵ d'e'
قره یونجه	۶۱۷/۴ bc	۵۸۰/۰ d	۴۰۶/۰ h	۳۲۰/۰ k-m	۲۳۳/۷ o	۱۷۳/۸ rs	۳۳۶/۵ ab	۳۱۸/۰ d-f	۲۶۹/۷ j-n	۲۳۲/۸ r-t	۱۹۵/۸ w-y	۱۶۵/۰ b'-e'
کودی	۶۳۳/۹ ab	۵۷۵/۰ d	۴۴۲/۵ g	۴۰۳/۳ h	۱۸۰/۰ qr	۱۶۸/۸ rs	۳۲۹/۸ b-d	۳۱۵/۲ e-g	۲۶۷/۶ k-n	۲۵۶/۳ n-q	۱۸۳/۹ y-a'	۱۶۲/۵ c'-e'
یزدی	۵۹۱/۴ d	۴۸۲/۳ f	۳۲۵/۰ k-m	۲۰۷/۵ p	۱۷۷/۵ rs	۱۷۱/۳ rs	۳۳۹/۰ ab	۳۰۳/۴ g	۲۵۸/۱ m-p	۲۱۴/۰ uv	۱۸۷/۷ x-z	۱۷۲/۵ a'-c'
بغدادی	۳۲۴/۷ k-m	۳۱۷/۵ lm	۲۴۵/۰ o	۲۳۲/۵ o	۱۷۲/۵ rs	۱۵۹/۵ rs	۲۸۱/۵ h-j	۲۷۰/۹ i-m	۲۴۳/۴ q-s	۲۲۰/۴ tu	۱۸۷/۸ x-z	۱۷۵/۰ z-c'
اردوبادی	۶۵۰/۶ a	۵۷۷/۵ d	۴۷۷/۵ f	۳۸۵/۰ h	۲۳۷/۵ o	۱۶۳/۳ rs	۳۳۲/۹ a-c	۳۲۱/۰ c-e	۲۸۷/۴ h	۲۴۸/۷ o-q	۱۹۸/۸ wx	۱۷۰/۰ b'-d'
همدانی	۶۲۲/۵ b	۵۴۲/۵ e	۴۹۵/۰ f	۳۶۰/۰ i	۲۷۷/۵ n	۱۶۱/۵ rs	۳۴۵/۳ a	۳۰۶/۰ fg	۳۰۲/۱ g	۲۴۴/۹ p-t	۲۰۸/۰ u-w	۱۷۷/۵ z-b'
LSD (5%)	۲۴/۴					۱۳/۵						

غلظت مالوندی آلدئید

می‌رسد مقاومت ارقام مختلف یک گونه به خشکی با محتوای مالوندی آلدئید در ریشه‌چه و ساقه‌چه آن‌ها در ارتباط باشد [۱۷]. وجود مقادیر کمتر مالوندی آلدئید در یک رقم در مقایسه با دیگر ارقام نشان‌دهنده مقاومت بیشتر آن رقم به خشکی است [۳ و ۱۷]. در مطالعه وانگ و همکاران [۴۳] رقم یونجه مقاوم به خشکی به‌طور معنی‌داری غلظت مالوندی آلدئید ریشه‌چه و ساقه‌چه کمتری تحت شرایط تنش خشکی نسبت به رقم حساس داشت. در مطالعه ایشان غلظت مالوندی آلدئید در ریشه‌چه رقم حساس ۱/۲ برابر بیشتر از رقم مقاوم به خشکی بود. در ریشه‌چه رقم حساس به خشکی ۲۵۰ درصد در تیمار ۳۵ درصد پلی اتیلن گلیکول بیشتر از شاهد و در رقم مقاوم ۱۲۰ درصد بیشتر از شاهد گزارش شد. همچنین غلظت مالوندی آلدئید ساقه‌چه نیز در رقم حساس ۴۸۵ درصد و در رقم مقاوم به خشکی ۲۷۹ درصد افزایش یافت. در مطالعه نصر اصفهانی [۳۶] میزان پراکسید هیدروژن با افزایش شدت تنش خشکی در ارقام نخود افزایش یافت و میزان افزایش کاملاً تحت تاثیر رقم قرار داشت.

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، غلظت مالون دی آلدئید ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام یونجه افزایش یافته است (جدول ۲). رقم همدانی در پتانسیل‌های صفر و -۰/۸ و -۰/۶ در اردوبادی در پتانسیل‌های -۰/۲، -۰/۴، -۰/۶ و -۱ مگاپاسکال بیشترین غلظت مالوندی آلدئید ریشه‌چه را دارا هستند. همچنین رقم بی در پتانسیل صفر، رقم اردوبادی در پتانسیل‌های -۰/۲، -۰/۴ و -۱ و رقم همدانی در پتانسیل‌های -۰/۶ و -۰/۸ مگاپاسکال بیشترین غلظت مالوندی آلدئید ساقه‌چه را داشتند (جدول ۴). نتایج نشان داد افزایش غلظت مالوندی آلدئید در ساقه‌چه به مراتب بیشتر از ریشه‌چه بود به‌گونه‌ای که در ریشه‌چه ۲۷۹ درصد و در ساقه‌چه ۴۸۹ درصد افزایش یافت. این امر نشان‌دهنده وقوع آسیب بیشتر به غشاءهای سلولی در ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه است و ممکن است به فعالیت بیشتر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه‌چه و پتانسیل پایین‌تر وقوع تنش اکسیداتیو در ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه مربوط باشد [۴۳]. تفاوت ارقام مختلف از نظر غلظت مالوندی آلدئید ریشه‌چه و ساقه‌چه نشان‌دهنده تفاوت بین آن‌ها در مواجهه با تنش اکسیداتیو است. به‌نظر

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل آب و رقم بر محتوای مالون دی آلدئید ریشه چه (rMDA) و ساقه چه (sMDA)

(نانومول بر گرم وزن تر) یونجه در شرایط آزمایشگاهی

پتانسیل آب (مگاپاسکال)												
sMDA						rMDA						
-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	
۴۳/۵ f	۳۶/۷ j-l	۳۲/۰ n	۱۰/۳ tu	۹/۸ tu	۹/۴ u	۱۸/۷ e-g	۱۵/۰ j-m	۱۳/۰ n	۷/۶ t-x	۶/۳ w-a'	۵/۷ y-a'	رقم
۵۹/۴ b	۵۶/۴ cd	۴۱/۵ gh	۳۴/۴ m	۲۵/۵ p	۹/۰ u	۲۴/۵ a	۲۱/۰ b-d	۱۵/۹ h-k	۱۳/۰ n	۹/۶ o-s	۵/۵ y-a'	بمی
۴۱/۵ gh	۳۹/۸ hi	۲۸/۸ o	۲۲/۳ r	۱۱/۵ t	۹/۲ u	۱۹/۳ d-f	۱۷/۵ f-h	۱۳/۵ mn	۹/۱ p-t	۸/۲ r-v	۵/۸ x-a'	اصفهانی
۳۱/۵ n	۳۰/۵ no	۲۵/۰ pq	۱۸/۸ s	۹/۵ u	۸/۶ u	۱۶/۲ h-j	۱۳/۵ mn	۱۱/۱ o	۸/۶ q-u	۵/۴ y-a'	۴/۵ a'	نیکشهری
۵۵/۵ d	۴۲/۰ fg	۳۵/۱ lm	۲۲/۰ r	۲۱/۷ r	۸/۶ u	۲۰/۹ b-d	۱۶/۹ g-i	۱۴/۲ k-n	۱۰/۰ o-r	۸/۶ q-u	۵/۳ y-a'	قمی
۵۷/۵ c	۴۹/۵ e	۳۹/۴ i	۳۵/۰ lm	۱۷/۳ s	۸/۷ u	۲۰/۱ c-e	۱۷/۴ gh	۱۵/۳ i-m	۱۳/۱ n	۹/۱ p-t	۴/۸ za'	قره یونجه
۵۷/۵ c	۴۱/۰ g-i	۳۷/۵ j	۲۳/۵ qr	۱۷/۳ s	۸/۷ u	۲۲/۲ b	۱۷/۴ gh	۱۵/۴ i-l	۱۰/۸ op	۸/۰ s-w	۵/۸ x-a'	کودی
۳۷/۳ jk	۳۵/۵ k-m	۳۰/۵ m	۱۸/۷ s	۱۰/۸ tu	۸/۵ u	۱۸/۳ e-g	۱۷/۳ gh	۱۵/۴ i-l	۱۰/۳ o-q	۷/۰ u-y	۶/۳ w-a'	یزدی
۷۱/۳ a	۵۷/۳ cd	۴۱/۸ fg	۳۵/۲ lm	۲۵/۶ p	۹/۱ u	۲۶/۰ a	۲۱/۷ bc	۱۷/۰ ghi	۱۳/۹ l-n	۱۰/۲ o-q	۶/۳ w-a'	بغدادی
۶۹/۵ a	۵۷/۸ bc	۴۲/۰ fg	۳۱/۸ n	۲۲/۴ r	۹/۳ u	۲۵/۷ a	۲۱/۸ bc	۱۷/۰ ghi	۱۳/۱ n	۹/۵ o-s	۶/۶ v-z	اردوبادی
												LSD
												(5%)

فعالیت آنزیم کاتالاز

که نشان دهنده نقش کاتالاز در مقاومت به تنش اکسیداتیو ناشی از وقوع تنش خشکی است (جدول های ۴ و ۶).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

با افزایش خشکی فعالیت آنزیم پراکسیداز در ریشه چه و ساقه چه ارقام مورد مطالعه افزایش یافت (جدول ۵). افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در ارقام مقاوم گیاهچه های یونجه [۴۳]، گندم [۱۴]، برنج [۲۹] و کنجد [۲۶] گزارش شده است. رقم نیکشهری در پتانسیل صفر، رقم قمی در پتانسیل ۰/۲- و رقم بغدادی در پتانسیل های ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز ریشه چه را دارا بودند. همچنین رقم قمی در پتانسیل صفر و ۰/۸-، رقم نیکشهری در پتانسیل ۰/۲- و ۱-، رقم یزدی در پتانسیل ۰/۴- و رقم بمی در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز ساقه چه را دارند (جدول ۷). نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز در ساقه چه ارقام یونجه به طور قابل توجهی کمتر از فعالیت آن در ریشه چه بود، ولی میزان افزایش هر دو با کاهش پتانسیل آب تقریباً ۲۱۰ درصد بود که با مطالعه وانگ و همکاران [۴۳] در یونجه و دهشیری و همکاران [۱۲] در کلزا مطابقت دارد. فعالیت آنزیم پراکسیداز به ویژه در ریشه چه گیاهچه های ارقام بغدادی،

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی تا پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال فعالیت آنزیم کاتالاز در ریشه چه و ساقه چه یونجه افزایش می یابد (جدول ۵). رقم یزدی در تیمارهای صفر، ۰/۲- و ۰/۴- و رقم بغدادی در تیمارهای ۰/۶-، ۰/۸- و ۱- مگاپاسکال بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز ریشه چه را دارا هستند. همچنین رقم یزدی در تیمار صفر و رقم بغدادی در سایر تیمارهای آزمایشی بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز ساقه چه را دارا بودند (جدول ۶). افزایش فعالیت کاتالاز با افزایش تنش خشکی در گیاهچه های یونجه [۴۳]، گندم [۱۴]، برنج [۲۹] و کنجد [۲۶] گزارش شده است. نتایج نشان داد فعالیت آنزیم کاتالاز هم در ریشه چه و هم در ساقه چه یونجه با کاهش پتانسیل آب افزایش می یابد، ولی این افزایش در ساقه چه به طور قابل توجهی بیشتر از ریشه چه بود به گونه ای که فعالیت آنزیم کاتالاز در ساقه چه ۲۸۰ درصد و در ریشه چه تنها ۳۰ درصد افزایش پیدا کرد (جدول ۵) که با نتایج مطالعه وانگ و همکاران [۴۳] که افزایش ۲۲۵ درصدی فعالیت آنزیم کاتالاز در ساقه چه گیاهچه های یونجه نسبت به عدم تغییر فعالیت آن در ریشه چه را گزارش کردند مطابقت دارد. به طور کلی، ارقامی که فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتری در ریشه چه و ساقه چه خود داشتند از محتوای مالون دی آلدئید کمتری برخوردار بودند

ارقام یونجه افزایش یافت (جدول ۵). افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت شرایط تنش خشکی در گیاهچه‌های یونجه [۴۳]، گندم [۱۴]، برنج [۲۹] و کنجد [۲۶] گزارش شده است. رقم قمی در پتانسیل صفر و ۰/۸-، رقم بغدادی در پتانسیل ۰/۲- و ۰/۴-، رقم بمی در پتانسیل ۰/۶- و رقم نیک‌شهری در پتانسیل ۱- مگاپاسکال بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه‌چه را دارا بودند. همچنین رقم قمی در پتانسیل صفر، رقم بغدادی در پتانسیل ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱- و رقم بمی در پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال بیشترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ساقه‌چه را داشتند (جدول ۸). نتایج نشان داد ارقامی که محتوای پراکسیداز و مالوندی‌آلدئید کمتری در ریشه‌چه و ساقه‌چه خود دارند از فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بالاتری برخوردار هستند (جدول‌های ۳، ۴ و ۸). وانگ و همکاران [۴۳] نیز رابطه بین پراکسیداسیون کمتر چربی‌ها با فعالیت بیشتر آنزیم آسکوربات پراکسیداز را در یونجه گزارش کردند.

قمی، بمی و نیک‌شهری که از محتوای پراکسیدهیدروژن و مالوندی‌آلدئید کمتری برخوردار بودند، به‌طورمعنی‌داری بیشتر از ارقام دیگر بود. فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز در ریشه‌چه به چگونگی کارکرد آن در سلول‌ها و نیز محل تولید آن‌ها بستگی دارد. انواع مختلف آنزیم پراکسیداز (ایزوفرم‌های پراکسیداز) نه تنها از طریق جمع‌آوری پراکسیدهیدروژن در مقاومت به خشکی نقش دارد بلکه در رشد و نمو گیاه، چوب پنبه‌ای شدن، اتصالات سلولی، چوبی شدن، اکسیداسیون فنول‌ها و سمیت‌زدایی ترکیبات سمی که همگی در افزایش مقاومت به تنش خشکی نقش مهمی دارند، دخالت دارند [۱]. از دیگر دلایل فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز در ریشه‌چه یونجه می‌تواند نقش آن در تغییر الگوی هدایت هیدرولیکی ریشه برای انتقال آب و مواد غذایی باشد [۲۸].

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

با افزایش خشکی تا سطح پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ریشه‌چه و ساقه‌چه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف پتانسیل آب و رقم بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز ساقه‌چه (SCAT) و ریشه‌چه (rCAT)، پراکسیداز ساقه‌چه (sPOX) و ریشه‌چه (rPOX)، آسکوربات پراکسیداز ساقه‌چه (sAPX) و ریشه‌چه (rAPX) ($\text{nanomol H}_2\text{O}_2 \text{ mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$) توده‌های یونجه در شرایط آزمایشگاهی

تیمار						پتانسیل آب (مگاپاسکال)
rAPX	sAPX	rPOX	sPOX	rCAT	sCAT	
۰/۲۰۴c	۰/۱۶۴d	۱/۰۹۶e	۰/۲۲۲e	۰/۲۰۳d	۰/۴۸۰f	۰
۰/۲۳۷b	۰/۲۵۲b	۱/۹۸۶c	۰/۴۴۰c	۰/۲۳۶bc	۱/۱۵۹d	۰/۲
۰/۲۹۳a	۰/۳۱۷a	۲/۷۵۹b	۰/۶۷۸a	۰/۲۵۱ab	۱/۷۵۳b	۰/۴
۰/۲۹۹a	۰/۳۲۴a	۳/۴۵۸a	۰/۵۴۲b	۰/۲۶۵a	۱/۸۲۵a	۰/۶
۰/۱۶۳d	۰/۱۸۷c	۱/۸۰۷d	۰/۲۷۱d	۰/۲۲۲c	۱/۲۲۶c	۰/۸
۰/۰۹۲e	۰/۱۳۱e	۰/۹۱۹f	۰/۱۶۹f	۰/۱۸۰e	۰/۸۹۳e	۱
						رقم
۰/۲۹۸a	۰/۳۱۶c	۲/۵۶۸b	۰/۴۵۲b	۰/۲۶۱bc	۱/۵۸۷c	بمی
۰/۱۴۸	۰/۱۴۹f	۱/۳۸۹f	۰/۳۴۰e	۰/۱۸۸d	۰/۷۴۴g	اصفهانی
۰/۲۸۵a	۰/۳۴۸b	۲/۳۱۴c	۰/۴۸۱a	۰/۲۶۴bc	۱/۴۴۱d	نیک‌شهری
۰/۲۸۹a	۰/۳۷۷a	۲/۸۷۳a	۰/۴۹۸a	۰/۲۸۰b	۲/۰۲۱b	قمی
۰/۱۴۱c	۰/۱۶۶ef	۱/۷۱۱e	۰/۳۶۲d	۰/۱۷۶de	۰/۸۸۲f	قره یونجه
۰/۱۵۱c	۰/۱۷۹e	۱/۷۲۰e	۰/۳۷۸cd	۰/۱۷۸de	۰/۸۳۹f	کودی
۰/۲۲۹b	۰/۲۳۵d	۱/۸۶۳d	۰/۳۸۷c	۰/۲۵۲c	۱/۲۲۳e	یزدی
۰/۲۷۸a	۰/۳۴۶b	۲/۸۹۸a	۰/۴۵۲b	۰/۳۴۲a	۲/۶۱۹a	بغدادی
۰/۱۳۹c	۰/۱۵۳f	۱/۴۱۷f	۰/۲۹۱g	۰/۱۵۳f	۰/۴۴۱h	اردوبادی
۰/۱۴۰c	۰/۱۶۰ef	۱/۳۸۶f	۰/۳۱۳f	۰/۱۶۴ef	۰/۴۳۰h	همدانی

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل آب و رقم بر فعالیت آنزیم کاتالاز ریشه‌چه (rCAT) و ساقه‌چه (sCAT) (mg H₂O₂ nanomol protein⁻¹ min⁻¹) یونجه در شرایط آزمایشگاهی

پتانسیل آب (مگاپاسکال)												رقم
-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	
sCAT						rCAT						
۱/۱۳۵ st	۱/۴۹۷ m-o	۲/۷۰۱ d	۲/۳۸۴ gh	۱/۳۲۰ p-r	۰/۴۸۳ z- b'	۰/۱۹۲ l-u	۰/۲۳۶ f-l	۰/۳۵۸ bc	۰/۳۴۵ cd	۰/۲۴۴ f-l	۰/۱۹۲ l-u	بمی
۰/۲۳۰ d'	۰/۶۲۸ w-y	۱/۰۱۰ tu	۱/۱۲۷ st	۱/۰۳۳ tu	۰/۴۳۷ b'c'	۰/۱۵۵ r-v	۰/۱۵۶ r- v	۰/۱۷۵ n-v	۰/۱۹۶ k- t	۰/۲۵۰ e- j	۰/۲۰۰ j-s	اصفهانی
۱/۲۰۱ rs	۱/۵۳۸ mn	۲/۲۴۷ hi	۱/۹۳۴ k	۱/۳۹۰ op	۰/۳۳۶ c'd'	۰/۲۱۲ h-q	۰/۲۵۶ e- h	۰/۳۳۹ cd	۰/۳۰۲ de	۰/۲۵۳ e- i	۰/۲۲۱ g-n	نیکشهری
۲/۱۳۶ ij	۲/۴۴۵ fg	۳/۰۰۹ c	۲/۵۴۶ ef	۱/۳۹۵ op	۰/۵۹۶ x- a'	۰/۲۲۲ g-n	۰/۲۲۸ f- m	۰/۴۱۰ b cd	۰/۳۴۷ cd	۰/۲۷۰ e- g	۰/۲۰۷ h-r	قمی
۰/۴۰۸ b'c'	۰/۷۸۵ v	۱/۲۴۵ q- s	۱/۴۲۰ n- p	۰/۹۶۷ u	۰/۴۵۹ a' c'	۰/۱۴۳ uv	۰/۱۴۵ t- v	۰/۱۵۰ s- v	۰/۱۵۴ s- v	۰/۲۴۵ f- k	۰/۲۲۱ g-n	قره یونجه
۰/۲۱۲ d'	۰/۹۳۲ u	۱/۳۶۲ o- q	۱/۴۸۴ m-o	۰/۷۱۰ v- x	۰/۳۳۲ c'd'	۰/۱۶۵ o-v	۰/۱۶۷ o- v	۰/۲۱۶ h- o	۰/۱۷۱ n-v	۰/۱۸۲ m-u	۰/۱۶۸ o-v	کودی
۰/۷۵۳ vw	۱/۱۲۷ st	۱/۵۹۹ m	۱/۷۷۱ l	۱/۴۴۸ n- p	۰/۶۴۳ w- y	۰/۱۶۳ p-v	۰/۲۰۲ i- s	۰/۲۱۱ h-q	۰/۳۵۰ cd	۰/۳۴۹ cd	۰/۲۳۶ f-l	یزدی
۲/۴۲۷ fg	۲/۶۵۸ de	۴/۲۶۳ a	۳/۷۲۱ b	۲/۰۴۷ jk	۰/۶۰۰ x- z	۰/۲۷۵ ef	۰/۵۳۷ a	۰/۴۸۷ a	۰/۳۳۰ cd	۰/۲۴۶ f- k	۰/۲۰۷ h-r	بغدادی
۰/۲۱۰ d'	۰/۳۳۷ c'd'	۰/۴۰۴ b'c'	۰/۶۰۴ x- z	۰/۶۳۷ w- y	۰/۴۵۲ b'c'	۰/۱۲۹ v	۰/۱۴۷ s- v	۰/۱۵۲ s- v	۰/۱۵۸ r- v	۰/۱۶۲ p- v	۰/۱۶۶ o-v	اردوبادی
۰/۲۱۸ d'	۰/۳۱۹ c'd'	۰/۴۱۴ b'c'	۰/۵۲۶ y- b'	۰/۶۴۱ w- y	۰/۴۸۰ z- b'	۰/۱۴۳ uv	۰/۱۵۱ t- v	۰/۱۵۶ r- v	۰/۱۶۱ q- v	۰/۱۶۳ p- v	۰/۲۱۴ h-p	همدانی
				۰/۱۴۱					۰/۰۴۱			LSD (5%)

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل آب و رقم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز ریشه‌چه (rPOX) و ساقه‌چه (sPOX) (mg H₂O₂ nanomol protein⁻¹ min⁻¹) یونجه در شرایط آزمایشگاهی

پتانسیل آب (مگاپاسکال)												رقم
-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	
sPOX						rPOX						
۰/۱۵۶ s-u	۰/۳۳۸ k-n	۰/۸۱۲ a	۰/۷۵۰ b	۰/۴۲۳ e-h	۰/۲۲۵ qr	۰/۹۶۳ st	۲/۲۹۱ i	۵/۵۲۶ b	۳/۲۸۹ d	۲/۰۹۶ l	۱/۲۴۳ o	بمی
۰/۱۴۲ u	۰/۲۵۸ o-r	۰/۴۱۱ f-j	۰/۶۴۵ c	۰/۳۷۳ h-l	۰/۲۰۹ r-t	۰/۸۱۸ v	۱/۱۴۵ p-r	۱/۷۵۰ m	۲/۰۷۸ l	۱/۱۲۳ qr	۰/۸۴۷ uv	اصفهانی
۰/۲۵۵ o-r	۰/۲۸۸ m-p	۰/۷۴۵ b	۰/۷۳۱ b	۰/۶۴۷ c	۰/۲۲۲ qr	۱/۰۵۸ rs	۲/۲۶۶ i	۴/۵۲۶ c	۲/۹۵۰ e	۱/۸۳۱ m	۱/۲۵۱ o	نیکشهری
۰/۲۲۲ p-r	۰/۳۴۰ k-m	۰/۷۶۲ ab	۰/۷۰۶ bc	۰/۴۳۵ e-g	۰/۲۴۷ p-r	۱/۱۹۳ o-q	۲/۹۱۳ e	۶/۴۹۱ a	۳/۲۳۷ d	۲/۱۹۴ i-k	۱/۲۰۹ o-q	قمی
۰/۱۴۸ tu	۰/۲۷۷ n-q	۰/۴۲۳ e-i	۰/۶۶۰ c	۰/۴۴۵ ef	۰/۲۱۸ qr	۰/۸۵۳ uv	۱/۲۵۵ o	۲/۳۹۶ h	۲/۵۱۹ g	۲/۱۱۴ kl	۱/۱۲۶ qr	قره یونجه
۰/۱۳۶ u	۰/۱۵۱ tu	۰/۳۶۳ i-l	۰/۷۲۵ b	۰/۴۳۸ ef	۰/۲۱۴ rs	۰/۸۳۸ uv	۱/۲۵۷ o	۲/۲۴۰ i	۲/۶۸۰ f	۲/۰۸۸ l	۱/۲۱۶ o-q	کودی
۰/۱۵۴ s-u	۰/۲۵۶ o-r	۰/۵۱۹ d	۰/۷۶۰ ab	۰/۴۲۱ f-i	۰/۲۱۴ rs	۰/۸۴۶ uv	۱/۵۰۵ n	۲/۲۹۱ i	۳/۲۴۰ d	۲/۰۸۷ l	۱/۲۰۶ o-q	یزدی
۰/۲۴۸ p-r	۰/۳۱۴ l-o	۰/۷۳۴ b	۰/۷۲۷ b	۰/۴۸۳ de	۰/۲۱۹ r-t	۱/۲۷۸ o	۲/۹۹۳ e	۶/۵۱۷ a	۳/۲۴۱ d	۲/۱۲۳ kl	۱/۲۲۹ op	بغدادی
۰/۱۲۰ u	۰/۲۳۸ p-r	۰/۲۵۵ o-r	۰/۵۴۰ d	۰/۳۷۵ g-l	۰/۲۱۸ qr	۰/۶۷۵ w	۱/۲۳۷ op	۱/۵۷۷ n	۲/۲۲۳ ij	۲/۰۸۳ l	۰/۷۰۸ w	اردوبادی
۰/۱۰۲ u	۰/۲۵۰ p-r	۰/۳۹۱ f-k	۰/۵۳۷ d	۰/۳۵۴ j-l	۰/۲۴۶ p-r	۰/۶۶۲ w	۱/۲۰۹ o-q	۱/۲۶۷ o	۲/۱۳۱ j- l	۲/۱۲۰ kl	۰/۹۲۵ tu	همدانی
			۰/۰۵۱						۰/۰۲۳			LSD (5%)

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل آب و رقم بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ریشه چه (rAPX) و ساقه چه (sAPX) ($\text{nanomol H}_2\text{O}_2 \text{ mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$) یونجه در شرایط آزمایشگاهی

پتانسیل آب (مگاپاسکال)												رقم
sAPX						rAPX						
-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	-۱	-۰/۸	-۰/۶	-۰/۴	-۰/۲	۰	
۰/۱۴۳ p-r	۰/۲۵۲ h-k	۰/۵۶۳ a	۰/۳۸۷ bcd	۰/۲۳۵ i-l	۰/۱۹۲۱-p	۰/۲۱۰۹۲-v	۰/۲۵۰ j-l	۰/۴۹۱ a	۰/۳۶۸ d-f	۰/۲۳۸ j-m	۰/۱۴۵ p-t	بمی
۰/۱۲۵ r-t	۰/۱۳۰ q-s	۰/۱۴۰ p-r	۰/۱۴۸ o-r	۰/۲۰۹ k-m	۰/۱۴۰ p-r	۰/۰۸۲ t-v	۰/۱۳۰ q-v	۰/۱۵۰ p-s	۰/۱۵۱ p-s	۰/۲۱۷ l-n	۰/۰۹۰ s-v	اصفهانی
۰/۱۵۷ m-r	۰/۲۴۴ h-l	۰/۴۲۴ b	۰/۵۱۳ a	۰/۳۵۳ c-f	۰/۲۰۶ k-n	۰/۱۳۳ q-u	۰/۲۴۳ j-l	۰/۴۶۷ ab	۰/۳۰۱ g-j	۰/۲۶۶ i-l	۰/۱۴۹ p-s	نیکشهری
۰/۱۵۷ m-r	۰/۳۱۳ e-g	۰/۵۱۸ a	۰/۴۰۵ bc	۰/۲۷۴ g-j	۰/۲۴۱ h-l	۰/۱۱۲ q-v	۰/۲۸۵ h-k	۰/۴۴۸ a-c	۰/۳۹۴ c-e	۰/۲۰۷ l-p	۰/۱۷۴ m-q	قمی
۰/۰۶۶ st	۰/۱۰۸ r-t	۰/۲۳۰ j-l	۰/۲۹۴ gh	۰/۱۴۷ o-r	۰/۱۴۲ p-r	۰/۰۶۶ v	۰/۰۷۸ uv	۰/۳۳۲ k-m	۰/۲۶۰ i-l	۰/۱۲۴ q-v	۰/۰۸۹ s-v	قره یونجه
۰/۰۶۶ st	۰/۱۴۲ p-r	۰/۱۸۷ l-q	۰/۳۶۰ c-e	۰/۱۶۰ m-r	۰/۱۴۸ o-r	۰/۰۶۷ v	۰/۰۹۳ s-v	۰/۱۵۲ o-s	۰/۳۳۴ e-h	۰/۱۶۶ n-r	۰/۰۹۳ s-v	کودی
۰/۱۲۵ r-t	۰/۱۳۱ q-s	۰/۳۲۹ e-g	۰/۳۸۸ bc	۰/۲۰۲ k-o	۰/۱۳۵ p-r	۰/۰۸۲ t-v	۰/۱۳۰ q-v	۰/۳۶۴ d-g	۰/۳۵۳ d-g	۰/۲۱۶ l-o	۰/۰۹۶ s-v	یزدی
۰/۲۷۷ g-j	۰/۳۳۰ d-g	۰/۵۲۲ a	۰/۴۴۴ b	۰/۳۵۶ c-e	۰/۱۵۱ n-r	۰/۱۰۵ r-v	۰/۲۶۲ i-l	۰/۴۳۹ a-c	۰/۴۱۲ b-d	۰/۳۵۶ d-g	۰/۰۹۶ s-v	بغدادی
۰/۰۶۹ t	۰/۱۱۷ r-t	۰/۱۴۲ p-r	۰/۱۵۲ m-r	۰/۲۹۶ f-h	۰/۱۴۱ p-r	۰/۰۵۲ t-v	۰/۰۶۷ v	۰/۱۲۷ q-v	۰/۱۴۸ p-s	۰/۲۲۱ f-i	۰/۰۸۹ s-v	اردوبادی
۰/۱۰۶ r-t	۰/۱۰۸ r-t	۰/۱۱۲ r-t	۰/۱۵۰ n-r	۰/۲۸۸ g-i	۰/۱۴۴ p-r	۰/۰۷۸ uv	۰/۰۹۸ s-v	۰/۱۱۸ q-v	۰/۲۰۶ l-p	۰/۲۶۱ i-l	۰/۰۷۹ uv	همدانی
		۰/۰۳۰							۰/۰۳۰			LSD (5%)

هم‌بستگی بین صفات

در شرایط تنش خشکی هم‌بستگی منفی و معنی‌داری بین فعالیت همه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه چه و ساقه چه ارقام یونجه با محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید وجود داشت. هم‌چنین هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با یکدیگر وجود داشت که نقش این آنزیم‌ها در کاهش آسیب‌های ناشی از وقوع تنش اکسیداتیو را مشخص نمود (جدول ۹).

گروه‌بندی ارقام

در این آزمایش از تجزیه خوشه‌ای و روش واریانس حداقل وارد برای گروه‌بندی کلی ارقام استفاده شد. گروه‌بندی بر اساس میانگین صفات بیوشیمیایی مورد ارزیابی در شرایط تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش انجام شد. بر اساس این روش ارقام به چهار گروه شامل رقم متحمل به تنش خشکی (قمی)، ارقام نیمه مقاوم به تنش خشکی (شامل بغدادی، بمی و نیک‌شهری)، ارقام حساس به تنش خشکی (شامل یزدی و قره یونجه) و ارقام بسیار حساس به تنش خشکی (شامل اردوبادی، همدانی، کودی و اصفهانی تقسیم‌بندی شد.

نتیجه‌گیری

همه صفات بیوشیمیایی تحت تاثیر پتانسیل آب، رقم و اثر متقابل پتانسیل آب و رقم قرار گرفتند. با کاهش پتانسیل آب محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدهید و نیز فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ریشه چه و ساقه چه ارقام یونجه افزایش یافت که البته به رقم و سطح پتانسیل آب بستگی داشت. نتایج بررسی هم‌بستگی بین صفات، نقش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در کاهش محتوای پراکسید هیدروژن و به‌دنبال آن کاهش آسیب‌های وارد شده به غشاء سلولی را به خوبی مشخص نمود. همچنین مکانیسم آنزیمی مقاومت ارقام مورد مطالعه به تنش خشکی را مشخص ساخت. بر اساس میانگین صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش خشکی، رقم قمی به عنوان مقاوم‌ترین رقم به تنش خشکی تعیین شد و پس از آن به ترتیب ارقام بغدادی، بمی، نیک‌شهری، یزدی، قره یونجه، اردوبادی، همدانی، کودی و اصفهانی قرار دارند. نتایج نشان داد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش موثری در مقاومت به تنش خشکی در ارقام یونجه دارند و از این رو قابلیت استفاده به عنوان نشانگرهای بیوشیمیایی در تعیین مقاومت به تنش خشکی در ارقام یونجه را دارا هستند.

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در ۱۰ رقم منتخب یونجه در پتانسیل آب صفر (همبستگی‌های با فونت نازک) و میانگین پتانسیل آب‌های ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و -۱ مگاپاسکال (همبستگی‌های با فونت ضخیم) در شرایط آزمایشگاهی

sAPX	rAPX	sPOX	rPOX	sCAT	rCAT	sMDA	rMDA	sH ₂ O ₂	rH ₂ O ₂	صفات
-۰/۶۳	-۰/۶۱	-۰/۱۸	-۰/۴۱	۰/۳۹	-۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۳۱	۱	rH ₂ O ₂
-۰/۸۲**	-۰/۸۵**	-۰/۴۲	-۰/۴۵	۰/۰۴	۰/۰۱	-۰/۴۸	-۰/۱۱	۱	۰/۹۵**	sH ₂ O ₂
-۰/۴۸	-۰/۴۸	-۰/۱۰	-۰/۴۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۵۱	۱	۰/۸۲**	۰/۸۵**	rMDA
۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۲۵	-۰/۳۲	-۰/۴۰	-۰/۱۷	۱	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	sMDA
۰/۰۸	-۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۳۸	۰/۴۵	۱	-۰/۸۵**	-۰/۷۲*	-۰/۹۵**	-۰/۸۷**	rCAT
۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱۵	۱	۰/۹۸**	-۰/۸۹**	-۰/۷۹*	-۰/۹۳**	-۰/۸۶**	sCAT
۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۰۱	۱	۰/۹۵**	۰/۹۲**	-۰/۹۵**	-۰/۸۸**	-۰/۹۳**	-۰/۹۱**	rPOX
۰/۵۷	۰/۴۵	۱	۰/۸۹**	۰/۸۷**	۰/۸۸**	-۰/۹۵**	-۰/۸۷**	-۰/۹۷**	-۰/۹۷**	sPOX
۰/۱۸	۱	۰/۹۴**	۰/۹۵**	۰/۹۲**	۰/۹۵**	-۰/۹۲**	-۰/۸۱**	-۰/۹۸**	-۰/۹۵**	rAPX
۱	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۰/۹۴**	۰/۹۶**	-۰/۹۲**	-۰/۸۰*	-۰/۹۷**	-۰/۹۶**	sAPX

صفات به ترتیب شامل: محتوای پراکسید هیدروژن ریشه‌چه (rH₂O₂) و ساقه‌چه (sH₂O₂); فعالیت آنزیم‌های کاتالاز ریشه‌چه (rCAT) و ساقه‌چه (sCAT); پراکسیداز ریشه‌چه (rPOX) و ساقه‌چه (sPOX); آسکوربات پراکسیداز ریشه‌چه (rAPX) و ساقه‌چه (sAPX).
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

References

- [1]. Ahmad, P., & Parasad, M.N.V. (2012). Abiotic Stress Responses in Plants, Metabolism, Productivity and Sustainability (eds), Springer, New York.
- [2]. Ahkondi, M., Safarnejad, A., & Lahooti, M. (2004). Evaluation of morphological indexes in drought tolerant cultivar selection (*Medicago sativa* L.) under osmotic stress (PEG). *Research and Construction*, 17(1), 50-57, (in Farsi).
- [3]. Antolin, C.A., Muro, I., & Sánchez-Díaz, M. (2010). Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of nodulated alfalfa plants under drought conditions. *Environmental Experimental Botany*, 68, 75-82.
- [4]. Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373-399.
- [5]. Aranjuelo, I., Molero G., Gorra, E., Jean, C.A., & Salvador, No. (2011). Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 111-123.
- [6]. Azhdari, G.H., & Tavili, A. (2013). Comparing germination properties of Yazdi and Hamedani cultivars of *Medicago sativa* under drought and salinity stresses effects. *International Journal of Biology and Biological Sciences*, 2(8), 122-128.
- [7]. Bartels, D., & Sunkar, R. (2005). Drought and salt tolerance in plants. *Critical Review in Plant Science*, 51, 241-36.
- [8]. Bergmeyer, H.U. (1974). Method of enzymatic analysis, Second English edition. Academic Press, Inc, New York and London. 673-690.
- [9]. Blum, A., & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science*, 21, 43-47.
- [10]. Boyer, J.S. (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571), 443-448.
- [11]. Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- [12]. Dehshiri, A., Pakniat, H., & Mozafari, V. (2011). Effect of drought on antioxidant activity in canola. First National Conference in New Topics in Agriculture, Islamic Azad University, Sveh Unit.
- [13]. Erice, G., Louahli, S., Irigoyen, J.J, Sanchez-Diaz, M., & Avicé, J.C. (2010). Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Journal of Plant Physiology*, 167, 114-120.
- [14]. Esfandiari, A., Shakiba, M., Mahboobi, S., Alyari, H., & Baradaran-e- Firoozabadi, M. (2009). Effect of drought on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation of

- wheat. *Agricultural Science Journal*, 19(2), 129-138.
- [15]. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212.
- [16]. Foyer, C.H., Descourvières, P., & Kunert K.J. (1994). Protection against radicals: an important defense mechanism studied in transgenic plants. *Plant Cell & Environment*, 17, 507-523.
- [17]. Fu, J., & Huang, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 45, 105-114.
- [18]. Ghaderifar, F., Galeshi, S., & Ahmadi, A. (2010). Effects of drought on germination and growth of 9 clover (*Trifolium subterraneum* L.) cultivars. *Iranian Agricultural Research Journal*, 8(1), 61-68, (in Farsi).
- [19]. Gill, S.S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol Biochem*, 48, 909-930.
- [20]. Hamidi, H., & Safarnejad, A. (2010). Effect of drought stress on alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in germination stage. *American and Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8(6), 705-709.
- [21]. Hanson, C.H. (1972). Alfalfa science and technology. *American society of agronomy*, 13, 812-830.
- [22]. Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125, 189-198.
- [23]. Herzog, V., & Fahimi, H., (1973). Determination of the activity of peroxidase. *Analytical Biochemistry*, 55, 554-562.
- [24]. Imlay, J.A. (2003). Pathways of oxidative damage. *Annual Review of Microbiology*, 57, 395-418.
- [25]. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, J., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agronomy and Biology*, 11(1), 100-105.
- [26]. Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M., & Pessarakli, M. (2014). Selecting sesame genotypes for drought tolerance based on some physiochemical traits. *Agronomy Journal*, 106(1), 111-118.
- [27]. Kramer, P.J., & Boyer, J.S. (1997). Water relations of plants and soils. Academic Press, San Diego, California.
- [28]. Li, W.R., Zhang, S.Q., Ding, S.Y., & Shan, L. (2010). Root morphological variation and water use in alfalfa under drought stress. *Acta Ecologia Sinica*, 30(19) 5140-5150.
- [29]. Lum, M.S., Hanafi, M.M., Rafii, Y.M. & Akmar, A.S.N. (2014). Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. *The Journal of Animal and Plant Science*, 24(5), 1487-1493.
- [30]. Mahmoodi, A., Barani, H., Soltani, A., & Sepehri, A. (2008). Effect of drought on annual alfalfa (*Medicago scutellata* Mill) germination. *Grassland Scientific and Research Journal*, 2(2), 124-133, (in Farsi).
- [31]. Michaud, R., Lehman, W.F., & Rumbaugh, M.D. (1988). World distribution and historical development. In: Hanson, A.A., Barnes, D.K., & Hill, R.R., (eds), Alfalfa and alfalfa improvement, ASA, Madison/WI, 25-91.
- [32]. Michel, B.E., & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51, 914-916.
- [33]. Mittler, R, 2002, "Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance". *Trends in plant Science*, 7, 405-410.
- [34]. Moller, I.M., Jensen, P.E., & Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 459-481.
- [35]. Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant & Cell Physiology*, 22, 867-880.
- [36]. Nasr Esfahani, M. (2013). Effect of dry stress on growth and antioxidant system in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Journal of Plant Biology*, 5(15), 111-124.
- [37]. Okcu, G., Kaya, M.D., & Atak, M., (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea

- (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 29, 237-242.
- [38]. Orloff, S.B., & Carlson H.L. (1997). Intermountain alfalfa management, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3366.
- [39]. Safarnejad, A. (2008). Morphological and biochemical response to osmotic stress in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Pakistanian Journal of Bottany*, 40(2), 735-746.
- [40]. Smirnoff, N., & Colombe, S.V. (1988). Drought influences the activity of the chloroplast hydrogen peroxide scavenging system. *Journal of Experimental Botany*, 39, 1097-1108.
- [41]. Sunkar, R. (2010). Plant stress tolerance methods and protocols, Humana Press.
- [42]. Velikov, V., Yordanov, I., & Edrev, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science*, 151(1), 59-66.
- [43]. Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Kim, K.Y., Deng, X.P., & Kwak. S.S. (2009). Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 570-577.

Effect of drought on biochemical properties of root and shoot of alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.)

1-M. Maghsoodi, Ph.D Student, Department of Agriculture, Isfahan University of Technology

2-J. Razmjoo, Professor, Department of Agriculture, Isfahan University of Technology

krazmjoo@cc.iut.ac.ir

3-M. Gheysari, Assistant Professor, Department of Agriculture, Isfahan University of Technology

Received: 15 May 2015

Accepted: 13 Apr 2016

Abstract

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the most important forage crop in the world and is widely cultivated especially, in arid and semi-arid regions. Because of its widely distribution, alfalfa has developed different morphological, physiological, and biochemical mechanisms across environmental stresses, especially drought. Thus, this experiment was conducted to determine catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and peroxidase (POX) activities, hydrogen peroxide, and malondialdehyde (MDA) contents of roots and shoots of ten alfalfa cultivars (Qomi, Isfahani, Hamedani, Bami, Ordobadi, Gharayonje, Nikshahri, Yazdi, Baghdadi and Cody) under six water potential (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1MP) during germination. Drought stress increased CAT, APX and POX activities, hydrogen peroxide, and MDA contents, in both root and shoot, however such alterations were cultivar-drought level-specific. According to the correlation between measured traits at drought condition, antioxidant enzymes activity in roots and shoots had negative and significant correlation with hydrogen peroxide and MDA contents of both root and shoot. Cultivars with higher enzyme activities had lower hydrogen peroxide and MDA contents (Qomi, Baghdadi, Nikshahri and Bami), while cultivars with lower enzyme activities and higher hydrogen peroxide and MDA content (Isfahani, Ordobadi and Hamedani), suggesting that tolerant cultivars may have retained sufficient water and had active enzymatic defense systems against oxidative injury, moreover, antioxidant enzymes activity can be used as biochemical indicator for drought tolerance in alfalfa cultivars.

Keywords: Alfalfa; Drought; Antioxidant; Malondialdehyde; Hydrogen peroxide.

رابطه سرمایه اجتماعی در هر یک از شیوه‌های بهره‌برداری از مراتع و مشارکت در اجرای طرح‌های مرتعداری (مطالعه موردی: مراتع قشلاقی استان سمنان)

۱- علی اکبر کریمیان، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
 akarimian@yazd.ac.ir
 ۲- قدرت ا... حیدری، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ساری

دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۶

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۹

چکیده

سرمایه اجتماعی یکی از مفاهیم مهم در جامعه‌شناسی است که وجود آن برای همبستگی اجتماعی و رسیدن به اهداف توسعه پایدار ضروری است. هدف از این پژوهش، بررسی رابطه بین سرمایه اجتماعی و میزان مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری در هر یک از شیوه‌های بهره‌برداری از مراتع است. جامعه آماری تحقیق بر اساس پروانه چرای به سه گروه تک پروانه به نام بهره‌بردار (افراز)، پروانه به نام شخص به‌عنوان نماینده بیش از ۲ بهره‌بردار (مشاع) و پروانه به نام شورای روستا تقسیم‌بندی شد. نمونه‌گیری با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده تصادفی با تخصیص متناسب انجام شد. به‌منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز از پرسشنامه و مصاحبه (۹۳ نفر از بهره‌برداران مراتع) انجام شد. وجود رابطه معنی‌دار بین هر یک از مولفه‌های سرمایه اجتماعی با مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری دارد ($P < 0/05$). نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد بین سرمایه اجتماعی بر حسب شیوه بهره‌برداری از مراتع در منطقه مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0/05$). شاخص سرمایه اجتماعی در مراتع مورد بررسی نشان داد شیوه بهره‌برداری افرازی دارای بیشترین سرمایه اجتماعی برای اجرای طرح‌های مرتعداری است. به‌نظر می‌رسد تقویت مولفه‌های سرمایه اجتماعی در بین بهره‌برداران (به ویژه تقویت اعتماد در روابط فردی، اعتماد نهادی و امنیت اجتماعی) زمینه همکاری بهره‌برداران و مشارکت آن‌ها را در اجرای طرح‌های مرتعداری بیشتر خواهد کرد.

واژگان کلیدی: سرمایه اجتماعی؛ مشارکت؛ شیوه بهره‌برداری؛ طرح مرتع؛ سمنان.

مقدمه

مشارکت اجتماعی همان ایجاد سرمایه اجتماعی در جامعه است. بدون تحقق مشارکت اجتماعی، اعتماد فردی، روابط بین گروهی، روابط نهادی و امنیت سرمایه‌گذاری در بخش منابع طبیعی وجود نخواهد داشت [۴]. نبود سرمایه اجتماعی در افراد باعث عدم مشارکت آن‌ها در فعالیت‌های اجتماعی می‌شود [۶ و ۷]. جامعه یا یک نهاد اجتماعی که بتواند مشارکت اعضای خود را برای دستیابی به اهداف خاص یا حل مسئله‌ای جلب نماید، آن جامعه دارای سرمایه اجتماعی است. بدون داشتن سطحی از سرمایه اجتماعی، با سرمایه‌های دیگر از جمله طبیعی، فیزیکی و مالی نمی‌توان به پیشرفت اقتصادی دست یافت.

مدیریت و بهره‌برداری اصولی از مراتع در هر سامان عرفی دارای برخی مشکلات اقتصادی و اجتماعی است. کارشناسان برای مدیریت در نظام بهره‌برداری مراتع تهیه و اجرای طرح‌های مرتعداری را با هدف حفظ منابع پایه در سطح سامان‌های عرفی با مشارکت بهره‌برداران به‌عنوان راهکار اصولی پیشنهاد می‌نمایند. از نظر جامعه‌شناسی مشارکت نوعی فرآیند تعاملی چند سویه است که در برنامه‌های عمران اجتماعی، به ویژه در روستاها جایگاه ویژه‌ای دارد [۱]. در این راستا فراهم‌نساختن بسترهای لازم برای بهره‌گیری مناسب از مشارکت و گسترش آن، برنامه‌های توسعه اجتماعی را دچار مشکل می‌کند [۲].

سرمایه اجتماعی را می‌توان مجموعه‌ای از شبکه‌ها، هنجارها، ارزش‌ها و درکی دانست که همکاری درون گروه‌ها و بین گروه‌ها را جهت کسب منافع متقابل آسان‌سازی می‌کند، سرمایه اجتماعی، به‌طور ذاتی، مادی نیست. شکل و نمونه ملموسی از یک هنجار غیررسمی است که باعث ترویج همکاری و مشارکت بین افراد در یک جامعه می‌شود [۴].

این سرمایه را اغلب با نرخ مشارکت افراد در زندگی جمعی و وجود عامل اعتماد در بین آنان بیان می‌کنند که در کنار سرمایه‌های طبیعی، رسیدن به توسعه پایدار را تضمین می‌کند [۱۴]. اعتماد اجتماعی مهم‌ترین مولفه سرمایه اجتماعی است. وجود اعتماد در میان افراد یک تشکیلات اقتصادی به میزان بسیار زیادی می‌تواند هزینه‌ها را کاهش و کارایی و موفقیت را افزایش دهد. تأمین نکردن خواسته‌های مردم یکی از عوامل بی‌اعتمادی است [۱۲]. برخی رضایت سیاسی و اقتصادی را عامل موثر بر شکل‌گیری اعتماد اجتماعی می‌دانند [۱۳]. در سطح کلان یا نهادی، سرمایه اجتماعی به مفهوم وجود رابطه خوب میان دولت و جامعه است. این سطح سرمایه اجتماعی با ارتقاء کیفیت نظام حقوقی و آرام کردن محیط اجتماعی سیاسی هزینه مبادلاتی را کاهش، کارایی دولت و امکان مشارکت و حضور سرمایه‌گذاران را افزایش می‌دهد. برای ارزیابی سرمایه اجتماعی در سطح ملی سنجش میزان اعتماد به نهادهای اجتماعی ضرورت دارد، در حالی که اعتماد به افراد خاص می‌تواند در سطح خرد مهم باشد ولی ممکن است منجر به مشارکت اجتماعی نشود [۱۱]. اعتماد نهادی از مهم‌ترین شاخص‌های سرمایه اجتماعی است و زمینه مشارکت اجتماعی را فراهم می‌نماید. پیامدهای مثبت سرمایه اجتماعی در کشورهای در حال توسعه چنان گسترش یافته که عموم بر این نظرند که این پدیده می‌تواند بسیاری از مشکلات جامعه را درمان کند و در صورت پایبندی افراد منافع جمعی را تأمین نماید [۳].

در این پژوهش، عامل سرمایه اجتماعی در سامان‌های عرفی (که به‌عنوان واحدهای اقتصادی شناخته می‌شوند) و ارتباط آن با میزان مشارکت روستائیان برای اجرای طرح‌های مرتع‌داری از دیدگاه بهره‌برداران مراتع مورد

ارزیابی قرار می‌گیرد. سؤالات اساسی این پژوهش عبارتند از:

۱) آیا بین سرمایه اجتماعی با میزان مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتع‌داری رابطه‌ای وجود دارد؟

۲) آیا بین هر یک از مولفه‌های سرمایه اجتماعی با میزان مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتع‌داری رابطه‌ای وجود دارد؟

۳) آیا بین تعداد بهره‌بردار در هر سامان عرفی با سرمایه اجتماعی رابطه‌ای وجود دارد؟

۴) آیا بین شیوه بهره‌برداری در هر سامان عرفی (افزایی، مشاعی و شورایی) با میزان سرمایه اجتماعی بهره‌برداران رابطه معنی‌دار وجود دارد؟

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

استان سمنان با مساحتی بالغ بر ۹/۸ میلیون هکتار بین مختصات جغرافیایی ۴۸' ۵۱° تا ۳' ۵۷° طول شرقی و ۱۴' ۳۴° تا ۱۹' ۳۷° عرض شمالی واقع شده است. این استان به علت شرایط جغرافیایی خاص و مساحت زیاد دارای پوشش گیاهی متنوع شامل رویشگاه‌های جنگلی در شمال تا کویرهای بدون پوشش گیاهی در جنوب است. از کل مساحت ۹/۸ میلیون هکتاری استان، ۴/۳ میلیون هکتار آن را مراتع تشکیل داده است. مراتع زمستانه این استان در جنوب شرق شهرستان شاهرود و جنوب دامغان و سمنان قرار دارد که توسط روستائیان ساکن در منطقه و همچنین عشایر ایل سنگسری به عنوان مراتع قشلاقی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. شکل ۱ موقعیت مراتع مورد بررسی را در استان سمنان نشان می‌دهد.

روش تحقیق

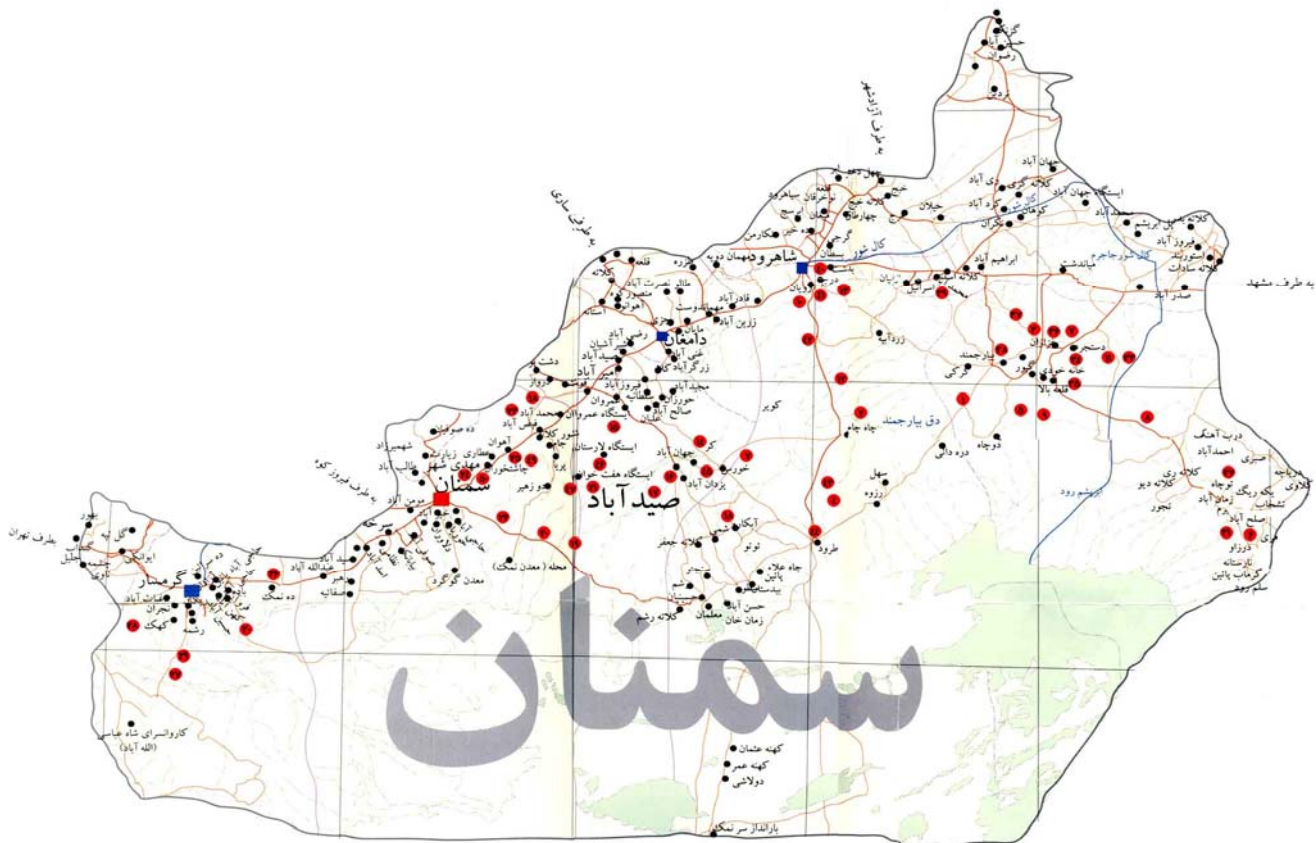
جامعه آماری تحقیق بر اساس پروانه چرای به سه گروه تک پروانه به نام بهره‌بردار (انفرادی)، پروانه بنام شخص به عنوان نماینده بیش از ۲ بهره‌بردار (مشاع) و پروانه بنام شورای روستا تقسیم‌بندی شد. نمونه‌گیری با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده تصادفی با تخصیص متناسب انجام شد [۱۰ و ۸]. با توجه به

مراتع مشاعی با دو نفر از اعضا و در مراتع شورایی حداقل با دو نفر از اعضای شورا، و در مجموع، با ۹۳ نفر مصاحبه شد.

طرح‌های تهیه شده در استان، در مجموع ۵۰ مرتع که طرح مرتع‌داری در آن‌ها انجام شده و ۱۰ سال از آن اجرای آن گذشته انتخاب شد (جدول ۱). برای تکمیل پرسشنامه‌ها در مراتع افزایشی با یک نفر صاحب پروانه، در

جدول ۱- تعداد اعضای جامعه آماری تحقیق

نوع بهره‌برداری	تعداد مرتع	تعداد بهره بردار مصاحبه شده
افزایشی	۷	۷
مشاعی	۳۳	۶۶
شورایی	۱۰	۲۰
جمع	۵۰	۹۳



شکل ۱- موقعیت و نام مراتع مورد بررسی در استان سمنان

اعتماد نهادی، امنیت اجتماعی و تمایل به کارگروهی است که به جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این پژوهش، به منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز از پرسشنامه پرسش‌های چند گزینه‌ای و همچنین برگه‌های مصاحبه استفاده شد. برای تأمین روایی پرسشنامه، پرسش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری توسط افرادی کارشناس در این حوزه و با پوشش کامل متغیرهای اصلی هر عامل، تدوین شد. سپس پرسش‌ها در اختیار تعدادی از

برای بررسی سازمان اجتماعی انواع نظام‌های بهره‌برداری در محدوده مورد بررسی، شاخصی به نام سرمایه اجتماعی در نظام‌های بهره‌برداری تعریف شد. سرمایه اجتماعی نظام‌های بهره‌برداری، شاخصی ترکیبی است به منظور اندازه‌گیری سرمایه اجتماعی، تعدادی شاخص تعریف شد. هر شاخص خود بر حسب یک یا چند متغیر تعریف شده است. شاخص‌های سرمایه اجتماعی استفاده شده در این پژوهش شامل اعتماد اجتماعی،

شیوه بهره‌برداری در سامان‌های عرفی

بر اساس نتایج، شیوه بهره‌برداری در سامان‌های عرفی در منطقه مورد مطالعه شامل ۱۴ درصد انفرادی، ۶۶ درصد مشاعی و ۲۰ درصد شورایی است (جدول ۴).

تعداد بهره‌بردار	تعداد سامان	درصد	درصد تجمعی
۱-۲ (افرازی)	۷	۱۴	۱۴
۳-۵ (مشاعی)	۳۳	۶۶	۸۰
۵ > (شورایی)	۱۰	۲۰	۱۰۰
جمع	۵۰	۱۰۰	-

ارزیابی مولفه‌های سرمایه اجتماعی

شاخص‌های سرمایه اجتماعی بکار گرفته در این پژوهش شامل اعتماد اجتماعی، اعتماد نهادی، امنیت اجتماعی و تمایل به کارگروهی است که جداگانه ارزیابی گردید.

الف) اعتماد اجتماعی

در بررسی این بعد از سرمایه اجتماعی، میزان اعتماد بهره‌برداران به یکدیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در بعد اعتماد اجتماعی بیشترین رتبه بعد از اعتماد به اعضای خانواده، اعتماد به معتمدین محلی و بهره‌برداران با تجربه و اعتماد به خویشاوندان می‌باشد. (جدول ۵). کم‌ترین رتبه اعتماد اجتماعی، در بین بهره‌برداران اعتماد به کارشناسان و اعتماد به همسایگان است. در مجموع، این بعد از سرمایه اجتماعی با میانگین ۳/۵۶ از ۵ در سامان‌های عرفی، بیشتر از میانگین است.

اعضای هیأت علمی متخصص در رشته (۳ نفر)، متخصصان بخش اجرا (۲ نفر) و متخصص در تحقیقات علوم اجتماعی (۱ نفر) قرار داده شد و برآیند نقطه نظرات آن‌ها در پرسشنامه گنجانیده شد. بدین ترتیب اعتبار محتوای پرسشنامه‌ها تایید گردید. برای محاسبه ضریب قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری از آلفای کرانباخ^۱ استفاده شد [۵]. در این رابطه تعداد ۲۰ پرسشنامه بین بهره‌برداران (خارج از منطقه مورد مطالعه) توزیع شد و ضریب آلفای کرانباخ به مقدار ۰/۸۶ برای پرسش‌ها بدست آمد. این ضریب در دامنه میزان اعتبار قابل قبول و مطلوب است [۹].

نتایج

ویژگی‌های فردی بهره‌برداران

بر اساس نتایج بدست آمده، میانگین سنی بهره‌برداران در منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰ سال است (جدول ۲). همچنین حدود ۲۴ درصد از بهره‌برداران در سامان‌های عرفی بی سواد و ۴۰ درصد نیز دارای سواد ابتدایی هستند (جدول ۳). همچنین حدود ۱۶ درصد از افراد مورد مطالعه در این منطقه دارای سواد دیپلم و بالاتر هستند که نشان می‌دهد که جوانان و افراد با سواد در این حرفه باقی نمانده و به مشاغل دیگر روی آورده‌اند.

جدول ۲- فراوانی پاسخ دهندگان بر حسب گروه‌های سنی

گروه‌های سنی (سال)	تعداد	درصد	درصد تجمعی
۳۰-۴۰	۱۹	۲۰/۶	۲۰/۶
۴۱-۵۰	۳۶	۳۹/۲	۵۹/۲
۵۱ >	۳۷	۴۰/۲	۱۰۰
جمع	۹۲	۱۰۰	--

جدول ۳- فراوانی پاسخ دهندگان بر حسب میزان سواد

درجه سواد	تعداد	درصد	درصد تجمعی
بی سواد	۲۲	۲۳/۹	۲۳/۹
ابتدایی	۳۸	۴۱/۳	۶۵/۲
سیکل	۱۷	۱۸/۴	۸۳/۶
دیپلم	۹	۹/۸	۹۳/۴
فوق دیپلم	۴	۴/۴	۹۷/۸
لیسانس	۲	۲/۲	۱۰۰
جمع	۹۲	۱۰۰	---

^۱- Cronach's Alpha

جدول ۵- فراوانی نسبی، میانگین شاخص‌ها و اولویت هر گویه در اعتماد اجتماعی

اعتماد اجتماعی	فراوانی نسبی (درصد)					میانگین رتبه‌ای
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	
اعتماد به اعضای خانواده	-	-	-	۱۶/۲	۸۳/۸	۴/۶۳
اعتماد به معتمدین	-	-	۶/۲	۳۳/۷	۶۰/۱	۴/۳۲
اعتماد به خویشاوندان	۰/۸	۱۲/۵	۴۰/۴	۲۳/۵	۲۲/۸	۳/۵
اعتماد به دوستان	۱/۲	۶/۵	۳۹/۶	۴۶/۸	۵/۹	۳/۶
اعتماد به افراد با تجربه	-	۱۵/۶	۳۶/۳	۲۵/۶	۲۲/۵	۳/۴
اعتماد به کارشناسان	۱/۵	۳۱/۳	۲۸/۶	۳۲/۲	۶/۴	۲/۹
اعتماد به همسایگان	۳/۲	۵۰/۹	۲۷/۵	۱۵/۲	۳/۲	۲/۶

ب) اعتماد نهادی

میزان اعتماد و رضایت بهره‌برداران در روبرو شدن با ماموران، مروجین و کارشناسان اداره‌ها، سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با منابع طبیعی با شش گویه ارزیابی گردید. در بعد اعتماد نهادی، بیشترین رتبه بعد از رسانه ملی، اعتماد به ناظران طرح‌های مرتع‌داری است

(جدول ۶). کمترین رتبه در شاخص‌های اعتماد نهادی مربوط به اعتماد در دریافت تسهیلات و اعتماد در تأمین به موقع نهاده‌ها توسط دولت است. مقدار این بعد از سرمایه اجتماعی با میانگین ۲/۶ در سامان‌های عرفی، کمتر از میانگین است.

جدول ۶- فراوانی نسبی، میانگین شاخص‌ها و اولویت هر گویه در اعتماد نهادی

اعتماد نهادی	فراوانی نسبی (درصد)					میانگین
	خیلی کم	کم	تاحدودی	زیاد	خیلی زیاد	
اعتماد به رادیو و تلویزیون	۱/۷	۱۴/۳	۵۸/۶	۲۴/۴	-	۳/۱۳
اعتماد به ناظران طرح‌های مرتعداری	۵/۵	۳۴/۶	۲۷/۸	۲۴/۵	-	۲/۸
اعتماد به شورای اسلامی روستای محل	۱۲/۴	۲۸/۲	۲۰/۰	۲۹/۶	۹/۸	۲/۷۵
اعتماد به مدیران سازمان‌های دولتی	۱/۵	۴۴/۰	۳۵/۷	۱۲/۶	۶/۲	۲/۴۷
اعتماد به سازمان‌های دولتی مرتبط	۱۱/۹	۳۳/۷	۳۵/۶	۲۸/۸	-	۲/۲۶
اعتماد در دریافت تسهیلات برای اجرای طرح	۷/۸	۶۱/۵	۲۳/۶	۷/۱	-	۲/۲۲

ج) امنیت اجتماعی

امنیت اجتماعی در بین بهره‌برداران طرح‌های مرتع‌داری با پنج گویه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در این بعد از سرمایه اجتماعی، بیشترین رتبه مربوط به افزایش احساس مالکیت در قالب طرح‌های مرتع‌داری است (جدول

۷) و کمترین رتبه مربوط به حل مشکل بهره‌برداران توسط دولت، نگرانی در سرمایه‌گذاری و رقابت در بهره‌برداری است. این بعد از سرمایه اجتماعی با میانگین ۲/۷۴ در مقیاس طیف لیکرت کمتر از متوسط است.

جدول ۷- فراوانی نسبی، میانگین شاخص‌ها و اولویت هر گویه در امنیت اجتماعی

امنیت اجتماعی	فراوانی نسبی (درصد)					میانگین رتبه‌ای
	خیلی کم	کم	تاحدودی	زیاد	خیلی زیاد	
میزان احساس مالکیت پس از اجرای طرح	۴/۶	۲۷/۳	۲۵/۸	۲۱/۲	۲۱/۱	۳/۳۷
میزان حمایت در برخورد با تخلف‌کنندگان	۱۳/۴	۲۸/۷	۲۹/۳	۲۳/۵	۵/۱	۳/۱۷
میزان رقابت در بهره‌برداری از مرتع	۲۴/۵	۳۰/۲	۷/۸	۱۸/۸	۱۸/۷	۲/۸۸
سرمایه‌گذاری بهره‌برداران بدون نگرانی	۲۵/۵	۳۰/۳	۷/۵	۳۳/۱	۳/۸	۲/۴
میزان رسیدگی در رفع مشکل از طرف دولت برای اجرای طرح	۱۹/۸	۴۵/۸	۲۵/۶	۸/۸	-	۱/۹

د) تمایل به کار گروهی

برای سنجش تمایل به کار گروهی پنج شاخص مورد اندازه گیری و پرسش قرار گرفت. میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در تمایل به کار گروهی بهره‌برداران طرح‌های مرتعداری بر اساس رتبه بین شاخص‌ها تفاوت زیادی مشاهده می‌شود. بیشترین نوع همکاری مربوط به احساس

وظیفه برای حل مشکلات و انجام کارهای داوطلبانه است (جدول ۸). هماهنگی بین بهره‌برداران با ناظر طرح‌های مرتعداری و همکاری در انجام طرح‌ها کمترین رتبه را دارند. این بعد از سرمایه اجتماعی با میانگین ۲/۸۸ در منطقه مورد مطالعه، کمتر از میانگین است.

جدول ۷- فراوانی نسبی، میانگین شاخص‌ها و اولویت هر گویه در همکاری متقابل

فراوانی نسبی (درصد)						همکاری و روابط متقابل
خیلی کم	کم	تاحدودی	زیاد	خیلی زیاد	میانگین رتبه ای	
۵/۸	۲۷/۵	۲۱/۰	۲۸/۲	۱۷/۵	۳/۲۳	کمک در حل مشکلات دیگران
۴/۵	۲۴/۶	۳۲/۴	۱۸/۸	۱۹/۷	۳/۱۰	مقدار انجام کار داوطلبانه در سال گذشته
۹/۸	۳۵/۷	۴۵/۵	۹/۰	-	۲/۹۲	میزان تمایل افراد برای کمک به دیگران
۲۴/۴	۱۷/۵	۲۷/۹	۱۵/۶	۱۴/۶	۲/۷۵	میزان همکاری بهره برداران در اجرای پروژه‌ها
۱۴/۸	۲۹/۵	۲۴/۴	۱۶/۸	۱۴/۵	۲/۴۴	میزان هماهنگی بین بهره برداران و ناظران در اجرای طرح

تعیین میزان مشارکت

نتایج نشان می‌دهد، مقدار مشارکت ۷۵ درصد از بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری کم و خیلی کم است (جدول ۹). بر اساس شاخص‌های مشارکت، بیشترین مشارکت مربوط به اجرای برنامه قرق، رعایت تعداد دام مجاز و زمان ورود دام به مرتع است و کمترین مشارکت بهره‌برداران مربوط به برنامه‌ها و طرح‌های به‌کارگیری

قربان، اجرای سیستم‌های چرایی، رعایت زمان خروج دام از مرتع، احداث تاسیسات و بذرپاشی است (جدول ۱۰). با استفاده از طیف لیکرت، میانگین مشارکت بهره برداران در سامان های عرفی، ۲/۷۹ یعنی کمتر از متوسط بدست آمد.

جدول ۹- درصد توزیع فراوانی نسبی میزان مشارکت

مشارکت	تعداد سامان	درصد	درصد تجمعی
خیلی کم	۷	۱۴	۱۴
کم	۱۹	۳۸	۵۲
متوسط	۱۳	۲۶	۷۸
زیاد	۸	۱۶	۹۴
خیلی زیاد	۳	۶	۱۰۰
جمع	۵۰	۱۰۰	-

جدول ۱۰- فراوانی نسبی، میانگین شاخص‌ها و اولویت هر گویه بر میزان مشارکت

فراوانی نسبی (درصد)						شاخص های مشارکت بهره برداران
خیلی کم	کم	تاحدودی	زیاد	خیلی زیاد	میانگین	
۲/۸	۱۷/۸	۲۲	۴۱/۴	۱۶/۰	۳/۳	رعایت قرق در مرتع
۸/۷	۱۷/۹	۲۵/۷	۳۱/۶	۱۶/۱	۳/۴	رعایت تعداد دام مجاز
۸/۵	۲۴/۲	۲۳/۲	۲۵/۴	۱۸/۷	۲/۷۸	رعایت زمان ورود دام به مرتع
۱۸/۵	۲۵/۲	۵/۵	۳۳/۶	۱۷/۲	۳/۲	حفاظت از طرح‌ها توسط بهره‌برداران
۱۶/۴	۲۷/۶	۲۳/۵	۱۹/۷	۱۲/۸	۲/۹	رعایت حریم دیگر بهره‌برداران
۵۷/۸	۱۶/۶	۶/۵	۱۴/۵	۲/۶	۱/۹	احداث تاسیسات در مرتع
۳۱/۳	۲۶/۴	۱۷/۵	۱۸/۳	۶/۵	۲/۸	رعایت زمان خروج دام از مرتع
۳۴/۳	۳۷/۲	۱۴/۵	۱۱/۸	۳/۲	۲/۱	رعایت سیستم‌های چرایی

رابطه بین سرمایه اجتماعی و مولفه‌های آن با میزان مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری بین سرمایه اجتماعی با میزان مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. همچنین هر یک از مولفه‌های سرمایه اجتماعی

به‌طور جداگانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتعداری نشان می‌دهند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- همبستگی بین مولفه‌های سرمایه

اجتماعی با میزان مشارکت بهره‌برداران	
سرمایه اجتماعی و مولفه‌ها	ضریب همبستگی اسپیرمن
اعتماد اجتماعی	۰/۵۶۸**
اعتماد نهادی	۰/۵۶۱**
امنیت اجتماعی	۰/۴۴۵
تمایل به کار گروهی	۰/۶۲۳
سرمایه اجتماعی کل	۰/۷۴۹

** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ است

رابطه بین میزان سرمایه اجتماعی و مولفه‌های آن با تعداد بهره‌بردار در هر سامان عرفی

بین تعداد بهره‌بردار هر سامان عرفی با مقدار سرمایه اجتماعی در اجرای طرح‌های مرتعداری رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد. با زیاد شدن تعداد بهره‌بردار در هر

سامان عرفی، مقدار امنیت اجتماعی و همکاری متقابل بهره‌برداران نیز به‌طور معنی‌داری، کاهش می‌یابد (جدول ۱۲).

جدول ۱۲- همبستگی بین تعداد بهره‌بردار با میزان سرمایه اجتماعی و مولفه‌های آن

متغیر مستقل	متغیروابسته	ضریب همبستگی اسپیرمن	سطح معنی‌داری
	سرمایه اجتماعی کل	-۰/۳۲۸	۰/۰۳۹
	اعتماد اجتماعی	-۰/۱۸۷	۰/۱۸۶
تعداد بهره‌بردار	اعتماد نهادی	-۰/۱۲۴	۰/۲۳۵
	امنیت اجتماعی	-۰/۲۳۶	۰/۰۴۵
	همکاری متقابل	-۰/۳۲۱	۰/۰۱۳

رابطه بین مقدار سرمایه اجتماعی با شیوه بهره‌برداری در سامان‌های عرفی

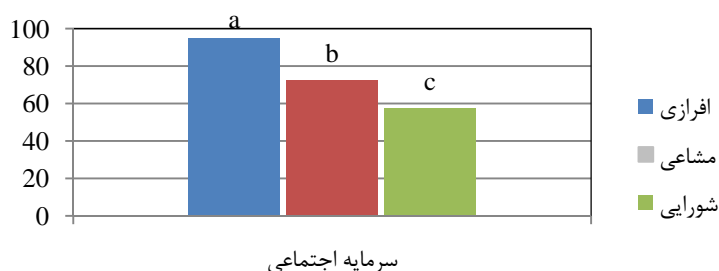
نتایج آزمون کروسکال والیس نشان می‌دهد شیوه بهره‌برداری بر میزان سرمایه اجتماعی بهره‌برداران اثر معنی‌داری داشته است ($P < 0/05$) (جدول ۱۳). مقایسه

میانگین سرمایه اجتماعی در انواع شیوه‌های بهره‌برداری نشان می‌دهد که مقدار سرمایه اجتماعی به‌طور معنی‌داری در شیوه بهره‌برداری افزای بیشتر از شیوه‌های بهره‌برداری مشاعی و شورایی است (شکل ۲).

جدول ۱۳- نتایج آزمون کروسکال والیس، بررسی اختلاف بین سرمایه اجتماعی بر اساس شیوه بهره‌برداری

شیوه بهره‌برداری	تعداد	میانگین رنک	χ^2	معنی‌داری
افزای	۷	۸۹/۹۴		
مشاعی	۶۶	۷۲/۵۸	۴۳۷۹	۰/۰۱۷*
شورایی	۲۰	۵۷/۵۲		

* معنی‌دار در سطح پنج درصد



شکل ۲- میانگین سرمایه اجتماعی در شیوه‌های مختلف بهره‌برداری

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که سن بیش از ۵۰ درصد مجریان و بهره‌برداران طرح‌های مرتع‌داری بالای ۵۰ سال است. حدود ۵۲ درصد از آن‌ها، حداکثر ۱۰۰ واحد دامی دارند. همچنین حدود ۸۶ درصد سامان‌های عرفی حداقل ۳ بهره‌بردار دارند و نوع مدیریت در بهره‌برداری ۸۲ درصد مرتع منطقه بصورت مشاعی و شورایی است. کهولت سن و کاهش توانایی جسمی، بهره‌بردار زیاد با دام کم و نوع مدیریت، ویژگی‌های ثابت در بیشتر سامان عرفی است که باعث محدودیت در به‌کارگیری طرح‌های پیشنهادی برای اجرای طرح‌های مرتع‌داری با مشارکت بهره‌برداران می‌گردد. در چنین شرایطی توجه به سرمایه اجتماعی و تقویت آن برای ترویج همکاری و مشارکت بهره‌برداران نقش اساسی دارد.

نتایج بیانگر همبستگی مثبت و معنی‌دار بین هر یک از مولفه‌های سرمایه اجتماعی با مقدار مشارکت بهره‌برداران در اجرای طرح‌های مرتع‌داری است. مقدار اعتماد اجتماعی با میانگین ۳/۵۶ از ۵ بالاتر از متوسط است. به نظر می‌رسد رقابت در بهره‌برداری از مراتع، مانع تحکیم روابط فردی بهره‌برداران با دیگران در هر سامان عرفی است که با نتایج حسینی نسب [۷] و حیدری و همکاران [۶] همسویی دارد.

بین شیوه‌های بهره‌برداری از مرتع و تعداد بهره‌بردار با مقدار اعتماد در روابط فردی رابطه معنی‌داری وجود ندارد، علت این امر، تغییر ناپذیر بودن ویژگی‌های فردی و اجتماعی در کوتاه مدت در این جوامع است. تقویت شاخص‌های موثر در این بعد از سرمایه اجتماعی از طریق اعتماد به معتمدان و اعتماد به افراد با تجربه می‌تواند همکاری میان دوستان، خویشاوندان، همکاران و

همسایگان را افزایش و منافع متقابل آن‌ها را تامین کند. مشارکت و اعتماد عمومی با ارتباط با نخبگان و طبقات مختلف جامعه تقویت می‌شود. هر چه مقدار سرمایه اجتماعی در این بعد بالاتر باشد، امکان سازش و حل اختلاف در سامان‌های عرفی برای اجرای بهتر طرح‌های مرتعداری بیشتر خواهد بود.

مقدار اعتماد نهادی بهره‌برداران با میانگین ۲/۶ از ۵ و کمتر از متوسط است. به نظر می‌رسد تامین به‌موقع نهاده‌ها، اعتماد به کارشناسان و ناظران فنی طرح‌ها، و اعتماد در دریافت تسهیلات، شاخص‌های موثر این بعد از سرمایه اجتماعی در افزایش مشارکت بهره‌برداران باشد. یکی از موانع اصلی مشارکت بهره‌برداران، بی‌اعتمادی و داشتن پنداشت نامطلوب از عملکرد مدیران و سازمان‌های دولتی است. بین مقدار اعتماد نهادی با شیوه بهره‌برداری و تعداد بهره‌بردار هر سامان عرفی رابطه معنی‌داری وجود ندارد. نتایج اعتماد نهادی پایین را در بین بیشتر بهره‌برداران طرح‌ها تأیید می‌کند. کیفیت کارکرد نهادها تعیین‌کننده سرمایه اجتماعی جوامع هستند [۴]. در طرح‌های مرتع‌داری هر چه مقدار اعتماد بهره‌برداران به نهادهای دولتی بیشتر باشد، مقدار مشارکت و همکاری متقابل آن‌ها بالاتر است. نتایج این پژوهش با بررسی ساباتینی [۱۴] و حیدری و همکاران [۶] که در اعتماد نهادی تلاش مسئولان باید برای بالا بردن کارایی دستگاه‌ها و برنامه‌ریزی در جلب مشارکت بیشتر افراد باشد هماهنگی دارد.

نتایج نشان می‌دهد بین امنیت اجتماعی و شاخص‌های آن با مقدار مشارکت رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. مقدار امنیت اجتماعی بهره‌برداران با میانگین ۲/۷۴ از ۵ و

بهره‌برداران دارد و یکی از عوامل تقویت کننده مشارکت بهره‌برداران و اعتماد بین اعضای جامعه است.

به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که بین سرمایه اجتماعی با میزان مشارکت رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. همچنین بین نوع مدیریت در بهره‌برداری از مراتع منطقه با میزان سرمایه اجتماعی بر حسب شیوه بهره‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. شیوه بهره‌برداری افزایی به‌طور معنی‌داری دارای بیشترین سرمایه اجتماعی، و شیوه بهره‌برداری شورایی دارای کمترین سرمایه اجتماعی برای اجرای این طرح‌ها است (شکل ۲). به نظر می‌رسد بهره‌بردار زیاد با دام کم و رقابت در بهره‌برداری از مرتع و غیر اقتصادی بودن دامداری، عامل اصلی کاهش سرمایه اجتماعی بهره‌برداران در شیوه بهره‌برداری مشاعی باشد. در شیوه بهره‌برداری شورایی افزون بر موارد بالا متغیر بودن اعضای شوراهای اسلامی در هر دوره، نبود سابقه بهره‌برداری از مرتع، نوع نگاه سودگیری آن‌ها به مرتع، اجاره برای عمران روستا و دخالت در مدیریت مرتع از عوامل کاهش سرمایه اجتماعی بهره‌برداران باشد.

در این پژوهش رابطه مثبت و معنی‌داری بین سرمایه اجتماعی و شیوه‌های بهره‌برداری دیده شد که با نتایج ازکیا و فیروز آبادی [۲] در بررسی سرمایه اجتماعی در انواع نظام‌های بهره‌برداری از زمین هم‌خوانی دارد. نتایج همچنین نشان می‌دهد هر چه تعداد بهره‌بردار کمتر باشد، سرمایه اجتماعی بهره‌برداران برای اجرای طرح‌های مرتع‌داری بیشتر است. با زیاد شدن تعداد بهره‌بردار در هر سامان عرفی میزان امنیت اجتماعی و همکاری متقابل بهره‌برداران نیز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. بین مشخصات فردی بهره‌برداران مانند سن و سواد در هر سامان عرفی، با سرمایه اجتماعی و مولفه‌های آن رابطه‌ای معنی‌داری وجود ندارد [۶ و ۱۱]. در مجموع می‌توان گفت که تقویت مولفه‌های سرمایه اجتماعی در بین بهره‌برداران (به ویژه در زمینه تقویت اعتماد در روابط فردی، اعتماد نهادی و امنیت اجتماعی) زمینه همکاری بهره‌برداران و مشارکت آن‌ها را اجرای طرح‌های مرتع‌داری بیشتر خواهد کرد.

کمتر از متوسط است. در این بعد از سرمایه اجتماعی بیشترین رتبه مربوط به احساس مالکیت در قالب طرح‌های مرتع‌داری است. کمترین اولویت‌ها، مربوط به حل مشکل بهره‌برداران توسط دولت، نگرانی در سرمایه‌گذاری و رقابت در بهره‌برداری از مرتع است. نوع بهره‌برداری، از نظر حقوقی، در چگونگی مدیریت و کاهش امنیت اجتماعی در بین بهره‌برداران برای مشارکت و سرمایه‌گذاری در اجرای طرح‌های مرتع‌داری موثر است.

نتایج نشان داد با افزایش تعداد بهره‌بردار مقدار امنیت اجتماعی بهره‌برداران کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد راهکارهای رفع نگرانی و افزایش سرمایه‌گذاری در بعد امنیت اجتماعی برای مشارکت بیشتر بهره‌برداران در هر سامان عرفی، تجمع گله‌های کوچک در قالب تعاونی‌های جدید یا دامداری‌های واحد همراه با خرید حقوق عرفی سایر بهره‌برداران امکان‌پذیر باشد. تقویت امنیت اجتماعی بهره‌برداران در سطح سامان‌های عرفی از طرف دولت یکی از عوامل مهمی است که با حفظ اصل سرمایه و تقویت حس مالکیت موجب مدیریت بهتر مراتع و حفاظت بیشتر از آن می‌شود.

میزان همکاری و روابط متقابل با میانگین ۲/۸۸ از ۵، کمتر از متوسط است. نتایج نشان می‌دهد بین همکاری متقابل و شاخص‌های آن با میزان مشارکت رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بیشترین نوع همکاری مربوط به احساس وظیفه برای حل مشکلات و انجام کار داوطلبانه در محلاست که به خصوصیات فردی افراد مربوط می‌شود [۳]. هماهنگی بین بهره‌برداران با ناظر طرح و همکاری در انجام طرح‌ها، کمترین اولویت را در این بعد از سرمایه اجتماعی دارد. به نظر می‌رسد ضعف در نظارت به موقع، اتمام دوره اجرای طرح‌ها و عدم بازنگری آن‌ها از دلایل عمده آن باشد. بین همکاری متقابل با افزایش تعداد بهره‌بردار در سامان‌های عرفی رابطه معنی‌دار و منفی وجود دارد، به عبارت دیگر، با افزایش تعداد بهره‌بردار در هر سامان عرفی همکاری بین آنان کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد، همکاری متقابل همبستگی قوی‌تری نسبت به سایر مولفه‌های سرمایه اجتماعی با مقدار مشارکت

References

- [1]. Azkia, M., and Gaffari, G. (2001). Investigation of relationship between confidence and social participate in rural areas of Kashan. *Journal of social science Letter*, 23, 97-111.
- [2]. Azkia, M., and Firoozabadi, S.A. (2008). Investigation of Social capital in kinds exploitation systems of land and effective factors on conversion peasant exploitation to cooperation. *Journal of social science Letter*, 33(1), 97-111.
- [3]. Firoozabadi, S.A. (2006). Social Capital and economic development in Tehran. *Journal of Social Health*, 23, 197-214.
- [4]. Fukuyama, F. (1995). Social capital and the global economy. *Foreign affairs*, 74(5), 89-103.
- [5]. Gasemi, V. (2005). Treats Ceronach Alfa in social science, Journal of Esfahan university, No 2(19), 155-174.
- [6]. Heydari, G., Agili, S.M., Barani, H., Gorbani, G., Mahboobi, M.R., and Khosh Far G.R. (2009). Infraction of social capital on participatory in rangemanagement plan on exploitation view point in Baladeh rangelands Mazandaran Province. *Rangeland Journal*, 3(1), P 121-137.
- [7]. Hosseini Nasab, M., Barani, H., and Dianati, G. (2011). Investigation of relationship between kind of ownership and range condition (Arak rangelands). *Journal of Range and Desert Area Research*, 17(1), 166-179.
- [8]. Karimian, A.A. (2011). Investigation and comparison of range condition in different utilization methods (Case study research: winter rangelands in Semnan Province). *Journal of Rural Research*, 2(2), 95-110.
- [9]. Karimnya, M. (1990). Questioner design and Viewpoints evaluation, Samt publication, 221 P.
- [10]. Krebs, C.J. (1999) Ecological methodology, 2nd ed. Addison Wesley Longman, Menlo Park, California, USA.624 Pp.
- [11]. Nateg Poor, M.G., and Firoozabadi, S.A. (2006). Formation of social capital and effective factor on it. *Journal of social science*, 28(1), 160-190.
- [12]. Quinn, Ch., Huby, M., Kiwasilla, H.C., and Lovett, J. (2007). Design principle and common pool resource management: An institutional approach to evaluating community management in semi-arid 13-Tanzania. *Journal Environmental management*, 48, 100-113.
- [13]. Rafipoor, F. (2008). Reserch techniques in social sciences, SherkatsahamiEnteshar Publication, 224P.
- [14]. Sabatini, F. (2009). Social capital as social network: A new framework for measurement and an empirical analysis of its determinate and consequences. *Journal Social well-being*, 2, 5-18.

Relation of Social Capital in each exploitation systems and participation in range management plan Performance
(Case study: Semnan Province range management plan)

1-A.A. Karimian, Assistant Professor of Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University

akarimian@yazd.ac.ir

2-Gh. Heidari, Assistant Professor of Department of Watershed Management, Sari University of Agricultural and Natural Resources

Received: 05 Feb 2015

Accepted: 17 Apr 2016

Abstract

Social capital is one of the important concepts in sociology that it is necessary for social correlation and resistant development. The subject of this study is investigation of correlation between social capital factors and participation of exploitation in range management plans Performance in each exploitation systems. Reference population in this study according to the grazing license, was divided to private exploitation, collective exploitation and conciliar exploitation. Based on stratified random sampling method and Cochran formula, the sample volumes 50 of Ranches were estimated. For data collection was used questioner and interview. That interviewed with 93 people of exploitations. Descriptions result showed that in this area 66% of stockholders used rangeland as collective exploitation, 20% as conciliar exploitation and 14% as private exploitation do exploit from rangelands. Appreciation result showed that there is significant differences between social capital among and participation of exploitation in range management plan Performance ($P < 0.05$). Kruskal Wallis test showed that there is significant difference between social capital with rangeland exploitation systems in this area ($P < 0.05$). Finally index of social capital in this area showed that private exploitation has the highest social capital for range management plan Performance. It seems that Amplification of social capital items between exploitation, increase cooperation of exploitation in participation of range management plans performance.

Keywords: Social Capital; Participation; Rangeland exploitation systems; Range management plan; Semnan Province.

تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* L.) (مطالعه موردی: جنگل کاری شرق اصفهان)

۱- شادی گرجستانی‌زاده، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه شهرکرد

sh_gorgestanizade@yahoo.com

۲- علی سلطانی، استادیار جنگل‌داری، عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه شهرکرد

۳- حسین شریعتی نجف‌آبادی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه شهرکرد

دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۹

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۲

چکیده

خشکیدگی درختان سرونقره‌ای در جنگل کاری‌های شرق اصفهان در سال‌های اخیر در حال افزایش است. علت اصلی این خشکیدگی کمبود آب و خشکسالی‌های اخیر قلمداد می‌شود. با این حال عدم یکنواختی نرخ خشکیدگی در نواحی مختلف احتمال دخالت سایر عوامل را قوت می‌دهد. در این تحقیق تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر نرخ خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای بررسی می‌شود. منطقه جنگل کاری مورد مطالعه را می‌توان بر اساس تنش‌های محیطی مرتبط به چهار ناحیه جداگانه تفکیک کرد: (۱) مجاورت با مراکز جمعیتی؛ (۲) مجاورت با راه‌های ارتباطی؛ (۳) بیشترین فاصله از مناطق با توان بالای تنش‌زایی و (۴) مجاورت با منطقه صنعتی. در هر پلات تمام درختان شامل درختان سالم، در حال خشکیدن، خشکیده و حتی درختان اخیراً قطع شده شمارش شد. همچنین از هر پلات نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری برداشت و مورد تجزیه قرار گرفت. بافت خاک، اسیدیته، هدایت الکتریکی، غلظت سدیم در عصاره اشباع، غلظت کلسیم، نسبت جذب سدیم، ظرفیت تبادل کاتیون، درصد نیتروژن کل و فسفر و پتاسیم قابل جذب از پارامترهای مورد اندازه‌گیری بودند. با در نظر گرفتن نرخ خشکیدگی ظاهری، نتایج طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی نشان داد که خشکیدگی درختان در خاک‌های با مقادیر شوری و هدایت الکتریکی بیشتر افزایش می‌یابد. نتایج همچنین گویای اثرگذاری ساختمان خاک بر تنش خشکی بود. خاک‌های تشکیل شده از تمام اندازه ذرات (بافت خاک) مقاومت بیشتری نسبت به خشکی نشان دادند. نتایج همچنین نشان داد که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی باعث کاهش مقاومت درختان سرونقره‌ای به تنش خشکی می‌شود.

واژگان کلیدی: جنگل کاری؛ سرو نقره‌ای؛ خشکی؛ خصوصیات خاک؛ اصفهان.

مقدمه

اکولوژیکی اکوسیستم‌های جنگل کاری شده برای افزایش میزان موفقیت، به حداقل رساندن خسارت و بهینه نمودن مدیریت خاک، آب و منابع انرژی ضروری است [۱۱]. هر چند در شرایط آب و هوایی نظیر ایران، علت اصلی شکست طرح‌های جنگل کاری کم‌آبی است، ولی مشخص شده است که سایر عوامل محیطی نیز می‌توانند سرعت دهنده و یا به تاخیر اندازنده این مهم باشند. دو عامل سطح مقاومت گونه درختی و شرایط فیزیکی و شیمیایی از جمله مهم‌ترین این عوامل هستند [۳۳]. عوامل خاکی نقش سرنوشت‌ساز در اثرگذاری شوری دارند. در مناطق خشک و شور، مشکل سازگاری گونه‌های درختی دو

جنگل کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک روشی مناسب برای استقرار بادشکن سبز، کاهش آلودگی و افزایش ارزش‌های منظرگاهی است [۲۱]. درفلات مرکزی ایران بخش‌های وسیعی از اراضی اطراف شهرهای بزرگ زیر کشت انواع درختان جنگلی بومی و غیر بومی قرار گرفته است [۶]. این درختان به طور متوالی آبیاری می‌شوند، ولی کاهش منابع آبی و دوره‌های خشکسالی طولانی اخیر باعث شده است تا شاهد خشک شدن تدریجی برخی از این جنگل کاری‌ها باشیم [۲۳]. از سوی دیگر، به دلیل این که فشار بر روی منابع طبیعی به دلیل افزایش جمعیت در حال زیاد شدن است، درک ویژگی‌های

چندان می‌شود، زیرا بخش عمده‌ای از انرژی دریافتی گونه‌ها باید صرف مقابله با شرایط سخت و عدم جذب آب، به دلیل بالا بودن شوری آب و خاک گردد. بنابراین، نباید انتظار داشت که میزان رشد و تولید در این مناطق بالا باشد [۱۸]. به عنوان مثال، خاک‌های درشت دانه قدرت نگهداری آب پایین دارند، ولی در شرایط شوری آب آبیاری، ممکن است ماسه‌ای بودن مزیتی در برابر اثرگذاری شرایط خشکی محسوب شود [۱۶].

همچنین غنای مواد مغذی خاک ممکن است بدون وجود سطح کافی مواد هیدرولیز کننده (مهم‌ترین آن‌ها مقدار آب و خاک) تنها مانعی در جهت جذب آب بیشتر توسط گیاهان باشد [۴].

سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) از مدت‌ها قبل به عنوان گونه درختی غیر بومی مقاوم به گرد و غبار و آفت، بخش بزرگی از جنگل‌کاری‌های شهری ایران را به خود اختصاص داده است [۲۰ و ۳۶]. این گونه از نظر شرایط اقلیمی معتدل گرم، معتدل سرد، خنک و نیمه خنک تا سرمای 30°C مقاومت می‌کند و در تحمل سرما در بین گونه‌های سرو سرآمد است [۱۵]. از همین رو، در مناطق خشک و نیمه خشک جهان کاربرد وسیعی پیدا کرده است. در مناطق خشک و نیمه خشک با آبیاری بر سرعت رشد آن افزوده می‌شود [۲۳]. با وجود مقاومت بالای این درخت به فاصله زمانی زیاد آبیاری، مشکل خشکسالی گریبان‌گیر جنگل‌کاری‌های این گونه نیز شده است [۱]. جنگل‌های سرونقره‌ای در زیستگاه طبیعی، بر روی خاک‌های سیلت - لومی قهوه‌ای مشتق از سنگ آهک قرار دارد [۳۷]. همچنین در خاک‌های شنی، نابارور، خشک و اسیدی با زهکشی مناسب (به استثناء خاک رسی) رشد می‌کند [۱۴].

در سال‌های اخیر خشکیدگی درختان سرونقره‌ای بعد از یک دهه از کشت در جنگل‌کاری شرق اصفهان توجه کارشناسان را به خود جلب کرده است. در شرایط خشکسالی که نیاز به آب بیشتر می‌شود، آبیاری‌های معمول کافی نبوده و باعث آثار زیستی مخرب بر درختان می‌شود. بر اساس راهنمای شماره ۲۰۵ موسسه تحقیقات خاک و آب در صورتی که مقدار هدایت الکتریکی آب (EC) از ۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر باشد، تجمع املاح و

جذب بالای سدیم و کلر باعث توسعه خاک‌های قلیایی می‌شود. به این دلیل استفاده از چنین آب‌هایی محدودیت ایجاد می‌کند. همچنین خاک‌هایی که میانگین درصد رطوبت در گل اشباع (SP) ۱۰-۲ دارند خاک‌های آهکی و بسیار حساس شناخته می‌شوند. همچنین اگر اسیدیته خاک در محدوده $7/5$ تا $8/5$ باشد، خاک در طبقه خاک‌های آهکی و شور قرار دارد. جذب تعداد زیادی از عناصر معدنی در خاک‌های آهکی به کندی انجام می‌گیرد. در این خاک‌ها به علت وجود آهک و یون کلسیم فراوان، جذب عناصر کم مصرف با مشکلات فراوان انجام می‌شود.

در تحقیقی مهم‌ترین عامل خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای را نامناسب بودن خاک و شوری آب معرفی شده است [۳۴]. سرونقره‌ای به خاک سبک و با زهکشی مناسب نیاز دارد. از اثر شوری آب و خاک و تجمع املاح و جذب آن توسط درختان، اختلالات تغذیه‌ای و در آخر اختلالات فیزیولوژیکی بوجود آمده و درختان به تدریج ضعیف و پس از مدتی خشک شده‌اند. علت بروز مرگ و میر درختان جنگلی به ویژه کاج تهران در جنگل‌کاری فرودگاه شیراز [۳۵]، افزایش شوری خاک و صدمه رسیدن به ریشه درختان در اثر تجمع نمک در اطراف ریشه، نامناسب بودن وضعیت آبیاری و زهکشی ذکر شده است. در تحقیقی علت پژمردگی کاج الدار در پارک چیتگر تهران، کمبود آبیاری و ضعف مواد غذایی خاک بیان شده است [۳۳]. انجام هرس بر روی درختان تقریباً پژمرده، انجام آبیاری منظم درختان و اصلاح وضعیت خاک از طریق افزودن کود و خاک برگ می‌تواند در بهبود وضعیت توده موثر واقع شود. در پارک چیتگر تهران، مهم‌ترین عامل در درجه‌بندی شادابی درختان را وضعیت بافت و مواد آلی خاک بیان شده است [۲۷]. برای بهبود شرایط درختان، برخی اعمال مدیریتی اصلاح خاک و توده جنگلی پیشنهاد شده است.

در یک بررسی جهت اصلاح و بهبود خاک‌های فسفاته با استفاده از درخت سرو نقره‌ای نشان داده شد که این گونه در خاک‌های شنی - رسی، بالاترین درصد زنده‌مانی (حدود ۷۰٪) را دارا بوده و حداقل زنده‌مانی (حدود ۲۰٪) را در خاک‌های رسی دارا است [۱۲]. مقدار عناصر غذایی خاک در مراحل اولیه رشد توده به علت جذب کم به‌وسیله

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در منطقه جنگل کاری جنوب شرقی شهر اصفهان، بین عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ}07'$ تا $36^{\circ}13'$ شمالی و طول جغرافیایی $57^{\circ}21'$ تا $57^{\circ}29'$ شرقی و ارتفاع متوسط ۱۵۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. وسعت منطقه نزدیک به ۸۰۰ هکتار و تقریباً بدون شیب (۷ - ۰ درصد) است. تعداد ۴۰۰ هزار اصله انواع سوزنی برگان و پهن برگان در سال ۱۳۷۴ توسط سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرستان اصفهان، به صورت بخشی از کمربند سبز شهر به روش آمیخته در منطقه کشت شد. درصد زیادی این درختان را گونه سرونقره‌ای (*Cupressus arizonica*) تشکیل می‌دهد. منشا نهال‌های این گونه یکی بوده و از نهالستان سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تامین شده‌اند. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن و آمبرژه به ترتیب خشک و خشک سرد تعیین شد [۳]. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۱۴/۵ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه 15°C است. حداکثر دمای ثبت شده در تیرماه برابر ۴۲ و حداقل دما در دی ماه برابر 17°C - است. میزان تبخیر و تعرق در این منطقه برابر ۱۷۲۳ میلی‌متر در سال و جهت باد غالب از غرب به شرق است.

آب مورد نیاز در حال حاضر با استفاده از یک حلقه چاه حفر شده در منطقه و پساب تصفیه شده از تصفیه‌خانه آب جنوب اصفهان با دبی مجموع ۸۹ لیتر بر ثانیه تأمین و با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شود، ثابت بودن فشار و حجم آب خارج شده از کلیه نازل‌های موجود، توسط اندازه‌گیری آب خروجی نازل‌ها در زمان مشخص انجام شد که در تمامی پلات‌ها این میزان یکسان بود. هرچند در سال‌های اخیر به علت خشک‌سالی و خشک شدن رودخانه زاینده رود، مقدار آب به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است [۲].

قبل از درخت کاری، خاک منطقه به علت قرار گرفتن در اراضی حصار شده‌ی سایت انرژی اتمی یک دست بوده و سپس عملیات خاک‌ورزی یکسانی در تمام منطقه صورت گرفته‌است. بر اساس گزارش مجری طرح جنگل کاری [۲]، کوددهی سرک به این جنگل‌کاری‌ها صورت گرفته است. کوددهی به صورت گودالی و تنها در

گیاهان، معدنی شدن عناصر و تجمع کم در زری توده (بیومس) گیاهی، زیاد است [۸].

با ادامه رشد درختان، به علت جریان عناصر غذایی به توده چوبی و کاهش معدنی شدن، قابلیت جذب عناصر غذایی کاهش پیدا می‌کند [۲۸].

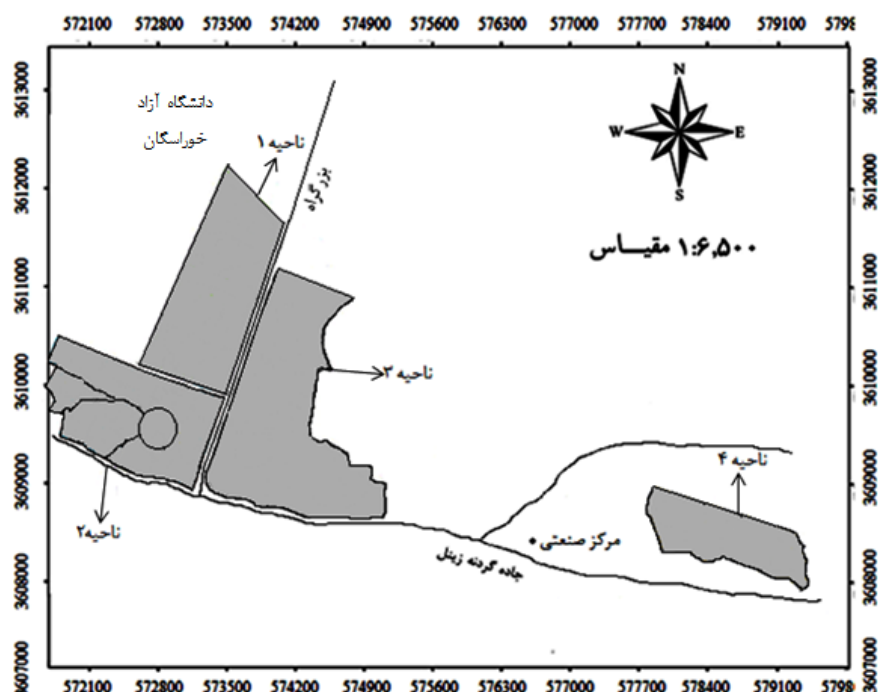
یکی از این طرح‌های جنگل کاری که هم‌اکنون دچار خشکی زیادی شده است، جنگل کاری‌های سرونقره‌ای در شرق اصفهان به وسعت ۸۰۰ هکتار است. این جنگل کاری‌ها را در شرایط مختلفی در حاشیه شهری می‌توان مشاهده کرد. این شرایط را بر اساس میزان نزدیکی با عوامل ایجادکننده تنش‌های انسانی تقسیم‌بندی می‌کنند. شرایطی که شامل هم‌جواری با مراکز جمعیتی، صنعتی، کشاورزی و غیره می‌شوند. قطعات این جنگل کاری‌ها توسط جاده بین شهری و مسیرهای ارتباطی جدا شده‌اند. نتایج منتشر نشده قبلی ما نشان می‌دهد که اگر تاثیر مقدار آبیاری، اندازه درخت و تراکم کشت را در نظر بگیریم، میزان خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای با محل قرارگیری جنگل کاری رابطه مستقیمی دارد. جنگل کاری‌های مجاور مناطق صنعتی، مراکز تمرکز جمعیت انسانی و قرار گرفته در مناطق با تراکم بالای خیابان، به ترتیب نزولی رابطه مستقیمی با درصد خشکیدگی درختان دارند.

روابط بین خاک و پوشش گیاهی همواره از موضوعاتی بوده که در علم مدیریت جنگل و علوم مربوط به خاک جنگل مورد توجه بوده است. در بعضی موارد اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک بر پوشش گیاهی بسیار جدی و مخرب است و زیان‌های زیست محیطی و اقتصادی زیادی را ایجاد می‌کند. این تحقیق قصد دارد به این پرسش پاسخ دهد که آیا می‌توان تفاوت در سرنوشت جنگل کاری‌ها در مناطق مختلف مجاور توسعه انسانی را به تغییر در شرایط فیزیکی - شیمیایی خاک نسبت داد؟ به دیگر سخن، آیا تغییر در شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک ممکن است توضیح دهنده تفاوت شرایط در مناطق با شرایط مختلف خشک‌شدگی درختان باشد؟

همچنین اراضی منطقه دارای نمک، گچ و آهک فراوان هستند [۲۱]. لازم به ذکر است که بروز خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای در این عرصه جنگل کاری به صورت پراکنده و در کل منطقه از سال ۱۳۸۸ رخ داده است. تنش خشکی به صورت یکسان در تمام درختان و بلوک‌های جنگل کاری عمل نکرده است، ضمن این که الگوی به ظاهر ثابتی نیز برای خشک شدن تک درختان نمی‌توان مشاهده کرد.

داخل گودال نهال‌ها به عمق یک متر انجام گرفته است. کودهای ازته به صورت کودهای آمونیاک و کودهای فسفاته، پتاسه و آهک (کلسیم) و کودهای مخلوط NPK و PK در این جنگل کاری استفاده شده است.

شکل‌گیری خاک‌های محدوده مورد مطالعه مربوط به دوره کرتاسه از دوران دوم زمین‌شناسی است. جنس ماده مادری خاک منطقه از نوع رسوبات آبرفتی است. منشا خاک‌های منطقه سنگ آهک، ماسه سنگ، کنگلومرا و شیل و کانی‌های ایلیت، کائولینیت، کلریت و کوارتز و



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه جنگل کاری با سرو نقره‌ای ناحیه ۱) مجاورت با مراکز جمعیتی؛ ناحیه ۲) مجاورت با راه‌های ارتباطی؛ ناحیه ۳) بیشترین فاصله از مناطق با توان بالای تنش‌زا و ناحیه ۴) مجاورت با منطقه صنعتی

چهار قطعه نمونه به صورت تصادفی - سیستماتیک برداشت شد [۲۶]. نمونه‌برداری به گونه‌ای انجام شد تا اندازه نمونه به دست آمده حداقل ۱۰٪ اندازه جامعه باشد. در هر پلات تمام درختان شامل از سالم، درحال خشکیدن، خشکیده و درختان اخیراً قطع شده شمارش شد. بر اساس یافته‌های سیسلا و دوناباور [۱۰] درختان از طریق روش مشاهده ای میزان خشکیدگی (طراوت تاج پوشش، طبیعی بودن رنگ برگ‌ها، میزان ریزش برگ‌ها، ابتلاء به بیماری و یا آفت) درختان به چهار درجه تقسیم‌بندی شدند (جدول ۱).

روش تحقیق

جنگل‌گردشی مقدماتی نشان داد که منطقه جنگل کاری مورد مطالعه را می‌توان بر اساس تنش‌های محیطی مرتبط به چهار ناحیه جداگانه (شکل ۱). شامل نواحی مجاورت با مراکز جمعیتی، مجاورت با راه‌های ارتباطی، بیشترین فاصله از مناطق با توان بالای تنش‌زا و مجاورت با منطقه صنعتی تقسیم نمود. به علت ناهمگنی شدید درخت‌کاری‌ها (چه به واسطه کشت اولیه و چه به علت خشکیدگی) امکان نمونه‌برداری خطی وجود نداشت. بنابراین، هر ناحیه در راستای تغییر تدریجی خشکیدگی درختان به چهار بلوک تقسیم و در هر بلوک

جدول ۱- دسته‌بندی نرخ خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای بکار رفته در این تحقیق

نرخ خشکیدگی	میزان آسیب درخت	آسیب درخت (%)
۱	کاملاً سالم	۰ - ۱۰
۲	پژمرده	۱۱ - ۲۵
۳	در حال خشک شدن	۲۶ - ۶۰
۴	خشکیده	> ۶۰

قابل جذب با استفاده از روش طیف سنجی اتمی و دستگاه طیف سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شد. پس از آزمون Kolmogorov-Smirnov، و مقایسه مقادیر میانگین با به کارگیری آزمون Tukey-HSD صورت پذیرفت [۳۸].

نتایج

اصلی‌ترین شاخص مرکزی، میانگین است که نشان‌دهنده نقطه تعادل و مرکز ثقل توزیع است و شاخص خوبی برای نشان دادن مرکزیت داده‌هاست. هم‌چنین از مهم‌ترین مولفه‌های پراکندگی، انحراف معیار است. بررسی این دو شاخص نشان دهنده این موضوع بود که میزان اسیدیته خاک و درصد رطوبت در گل اشباع خاک در ناحیه ۱؛ میانگین هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، ظرفیت تبادل کاتیون خاک، پتاسیم، کلسیم و اسیدیته آب در ناحیه ۴ و میانگین نیتروژن کل در ناحیه ۳ بیش‌ترین مقدار میانگین را نسبت به سه منطقه دیگر دارند (جدول ۲).

از هر پلات نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری برداشت شد. نمونه آب آبیاری نیز برداشت شد. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفتند. بافت خاک با استفاده از روش دانسیتمتری با یکاس که بر مبنای تئوری تغییرات وزن مخصوص (وزن در واحد حجم) مخلوط خاک و آب طی رسوب‌گذاری پایه‌گذاری شده؛ تعیین شد. مقدار pH (اسیدیته) خاک با دستگاه pH متر الکترونیکی در محلول ۲/۵:۱ خاک به آب مقطر، و هدایت الکتریکی خاک (EC) در محلول ۱:۵ خاک به آب مقطر با دستگاه EC سنج الکترونیکی اندازه‌گیری شد. غلظت سدیم در عصاره اشباع خاک توسط دستگاه فلیم فتومتر و غلظت کلسیم با روش تیتراسیون و با استفاده از EDTA تعیین شد. نسبت جذب سدیم با استفاده از رابطه $SAR = Na / (Ca + Mg)^{1/2}$ تعیین شد. اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیون خاک (C.E.C) بر حسب میلی‌اکی‌والان در یک صد گرم خاک خشک انجام گرفت [۳۱]. درصد نیتروژن کل به کل ماده خشک با استفاده از روش کج‌لدال تعیین شد. فسفر قابل جذب با استفاده از روش OLSEN (۱۷) و دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. پتاسیم

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار برخی از مشخصه‌های خاکی و درختی به تفکیک چهار ناحیه مورد بررسی

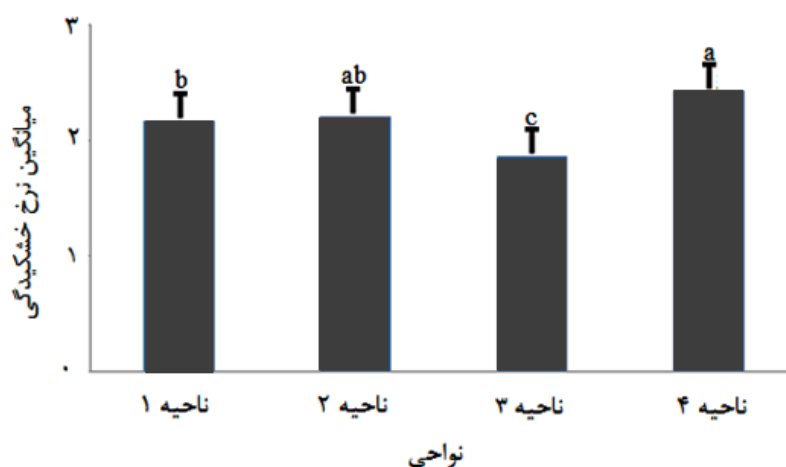
	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		ناحیه ۴	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
نرخ خشکیدگی	۲/۱۷	۰/۱۶	۲/۲۱	۰/۲۵	۱/۸۶	۰/۳۴	۲/۴۳	۰/۲۹
pH	۷/۹۳	۰/۲۲	۷/۷۳	۰/۱۶	۷/۷۴	۰/۲۲	۷/۵۸	۰/۲۰
EC (dS/m)	۶/۷۱	۵/۴۵	۲/۸۴	۱/۵۴	۴/۶۳	۵/۴۰	۹/۶۹	۹/۶۴
SAR	۱۸/۵۶	۱۶/۸۹	۴/۹۶	۲/۰۶	۱۲/۱۱	۱۵/۵۲	۱۹/۲۶	۲۲/۴۲
CEC (cmol/Kg)	۶/۳۰	۲/۳۱	۱۱/۶۹	۳/۰۵	۱۲/۳۳	۵/۰۲۶	۱۸/۶۰	۲/۱۳
SP (%)	۳۸/۰۲	۵/۳۶	۴۱/۰۲	۳/۴۴	۳۳/۹۰	۱۱/۱۹	۲۵/۹۷	۷/۷۰
نیتروژن کل (%)	۰/۰۳	۰/۰	۰/۷۵	۱/۹۶	۱/۱۲	۴/۳۶	۰/۰۲	۰/۰۶
پتاسیم (mg/kg)	۲۴۸/۵۰	۶۲/۲۳	۲۳۳/۶۲	۴۱/۷۸	۲۰۶/۷۶	۶۹/۹۸	۴۷۳/۷۴	۴۱۹/۴۱
کلسیم (mg/kg)	۰/۷۵	۱/۸۸	۸/۸۸	۴/۵۷	۸/۰۱	۳/۸۹	۳۱/۶۲	۳۲/۶۰
منیزیم (meq/l)	۷/۳۴	۴/۱۱	۶/۹۱	۳/۵۴	۶/۳۰	۳/۹۰	۲۸/۶۸	۲۹/۳۵
سدیم (meq/l)	۵۲/۰۷	۵۰/۶۶	۱۴/۸۳	۱۰/۳۰	۳۱/۵۱	۵۴/۸۰	۴۷۳/۷۴	۱۸۹/۳۶
فسفر (mg/kg)	۶/۸۸	۱/۶۰	۱۳/۸۱	۳/۵۸	۱۳/۹۱	۴/۰۳	۲۵/۱۱	۱۲/۳۶
pH آب	۱/۴۵	۱/۲۶	۱/۴۵	۱/۲۶	۳/۲۴	۲/۱۱	۶/۳۲	۷/۲۳
EC آب (dS/m)	۷/۵۷	۲/۴۳	۷/۵۷	۲/۴۳	۷/۳۷	۴/۷۸	۷/۱۴	۳/۹۲

نتایج مقایسه ضرائب خشکیدگی (متغیر مورد بررسی) در نواحی چهارگانه نشان داد که بیشترین میانگین نرخ خشکیدگی سرو سیمین در ناحیه ۴ برابر ۲/۴۳ (مجاور مراکز صنعتی) و کمترین آن در ناحیه ۳ برابر ۱/۸۶ (با بیشترین فاصله از مراکز تنش‌زا) دیده می‌شود. ضمن این‌که تفاوت معنی‌داری بین ضرایب خشکیدگی دو ناحیه ۱ و ۲ (به ترتیب برابر با ۲/۱۷ و ۲/۲۱) مشاهده نشد (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اندازه شاخص خشکیدگی مورد بررسی در بین چهار ناحیه کشت درختان سرو نقره‌ای

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
تیمار(ناحیه)	۳	۰/۸۶۵	۱۳/۲۳۹	۰/۰
بلوک در ناحیه	۳	۰/۲۶۴	۴/۰۴۴	۰/۰۱۱
تکرار (پلات)	۳	۰/۰۵۲	۰/۷۹۴	۰/۵۰۲
خطا	۵۴			
کل	۶۳			

R²= 0.501



شکل ۲- میانگین نرخ خشکیدگی براساس تیمارهای نواحی چهارگانه

منیزیم و سدیم در خاک ناحیه چهار (به ترتیب mg/kg ۳۱/۶۲، ۲۸/۶۸ meq/l و ۱۵۰/۱۵۱ meq) بیشتر از سایر نواحی است. لازم به ذکر است که میانگین درصد رطوبت در گل اشباع (SP) در ناحیه سه (۳/۲۵٪) بیشتر از سایر مناطق بوده است (جدول ۴).

با توجه به نتایج نسبت جذب سدیم و ظرفیت تبادل کاتیون خاک در ناحیه چهار (به ترتیب ۲/۵ و cmol/kg ۳/۶۸) بیشتر از سه ناحیه دیگر بوده است. همچنین میانگین مقادیر پتاسیم و فسفر موجود در خاک ناحیه چهار تقریباً دو برابر سایر نواحی است. مقدار کلسیم و

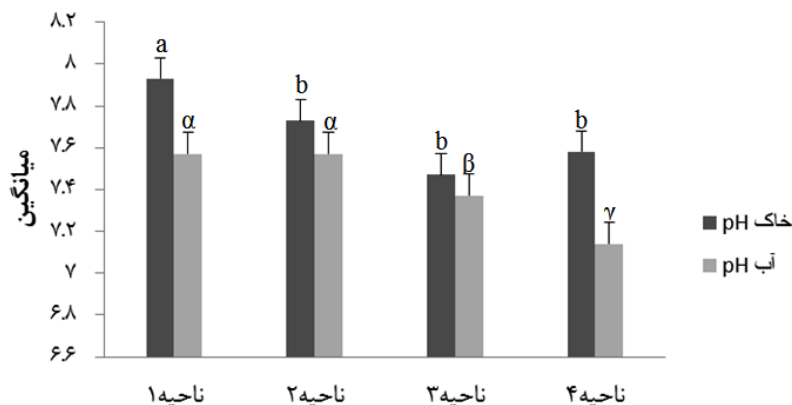
جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در چهار ناحیه مختلف تحت کشت گونه سرو نقره‌ای

خصوصیت	ناحیه (تیمار)			
	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴
SAR	۲/۱۲ab	۱/۱b	۱/۶۸ab	۲/۵a
CEC (cmol/kg)	۱/۱۸c	۲/۱b	۲/۳۱b	۳/۶۸a
SP (%)	۲/۷b	۲/۵ab	۳/۲۵a	۱/۷۵b
نیتروژن کل (%)	۱/۱a	۱/۱۲a	۱/۲۵a	۱/۱a
کلسیم (mg/kg)	۷/۵b	۸/۸۸b	۸/۰۱b	۳۱/۶۲a
منیزیم (meq/l)	۷/۳۴b	۶/۹۱b	۶/۲۰b	۲۸/۶۸a
سدیم (meq/l)	۵۲/۰۷b	۱۴/۸۳b	۳۱/۵۱b	۱۵۱/۵۰a
پتاسیم (mg/kg)	۲۸۴/۵b	۲۳۳/۶۲b	۲۰۶/۷۶b	۴۷۳/۷۴a
فسفر (mg/kg)	۶/۸۸c	۱۳/۸۱b	۱۳/۹۱b	۲۵/۱۱a

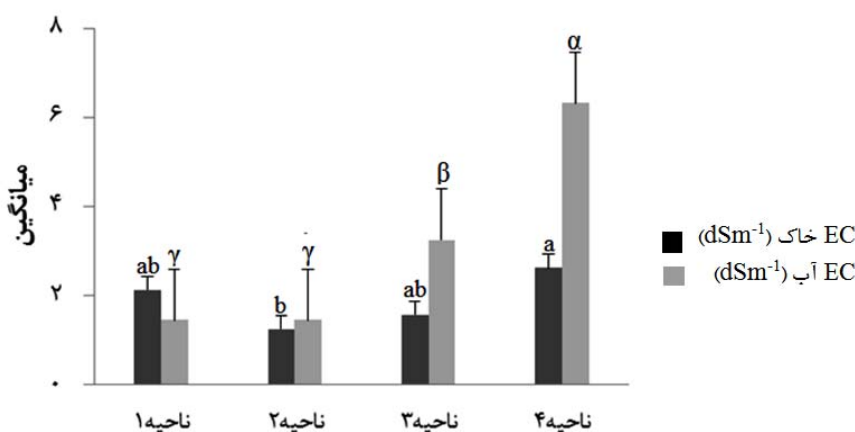
در هر سطر میانگین هایی که حروف لاتین مشترک دارند، براساس آزمون توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

همچنین مقدار هدایت الکتریکی آب در ناحیه ۳ و ۴ بیشتر از دو ناحیه دیگر بوده، لازم به ذکر است این مقدار در ناحیه ۴ روند صعودی قابل توجهی را نشان می‌دهد (شکل ۴).

نتایج نشان داد که مقدار اسیدیته خاک در ناحیه ۱ بیشتر از سایر نواحی است (شکل ۳). جذب تعداد زیادی از عناصر معدنی در خاک‌های آهکی به کندی انجام می‌گیرد. در این خاک‌ها به علت وجود آهک و یون کلسیم فراوان، جذب عناصر کم مصرف با مشکلات فراوان انجام می‌شود.



شکل ۳- نمودار میانگین pH خاک و آب در چهار ناحیه مورد آزمایش (حروف لاتین و یونانی مشترک به ترتیب نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰.۰۵٪ اطمینان در اسیدیته خاک و آب است)



شکل ۴- نمودار میانگین EC خاک و آب در چهار ناحیه مورد آزمایش (حروف لاتین و یونانی مشترک به ترتیب نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۰.۰۵٪ اطمینان در ضریب هدایت الکتریکی خاک و آب است)

یافته است. همچنین با افزایش میزان EC آب در نمونه مورد بررسی مشخص شد با افزایش شوری آب آبیاری، خشکیدگی در بین درختان سرو افزایش یافته است (جدول ۵).

همچنین با توجه به مقدار کم ضریب همبستگی و مثبت بودن این ضریب بین خشکیدگی درختان و مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم قابل جذب موجود در خاک می‌توان این مطلب را بیان کرد که با افزایش هر یک از این سه عنصر در خاک میزان خشکیدگی نیز افزایش

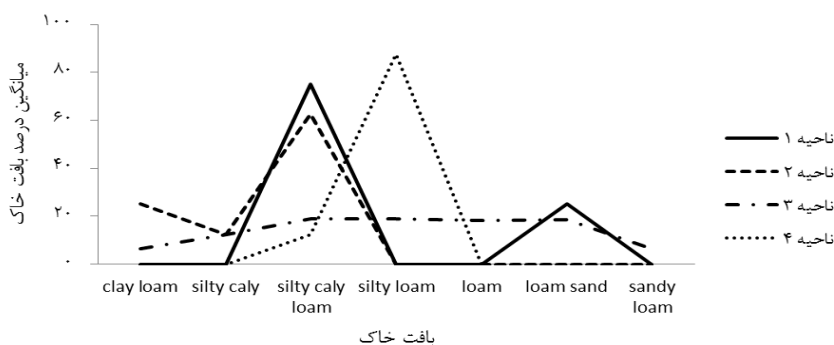
جدول ۵- مقادیر ضرایب همبستگی پیروسون بین ضرایب خشکیدگی و مقادیر متغیرهای آب و خاک

pH آب	EC آب (dSm ⁻¹)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	سدیم (meq/l)	منیزیم (meq/l)	کلسیم (mg/kg)	نیترژن کل (%)	SP (%)	CEC (emol/kg)	SAR	EC (dSm ⁻¹)	pH	خشکیدگی
۰/۲۱۸	۰/۳۷۵*	۰/۳۲۹**	۰/۳۷۹**	۰/۱۹۷	۰/۳۱۶*	۰/۳۰۳*	۰/۰۸۵	۰/۲۲۴	۰/۱۱۲	۰/۰۰۲	۰/۱۶۶	-۰/۱۷۸	-

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

سیلنتی لومی شنی و ۸۷/۵ درصد خاک در ناحیه ۴ از نوع سیلنتی لومی شنی است (شکل ۵).

خاک در ناحیه ۳ تنوع زیادی دارد، در حالی که به ترتیب ۷۵ و ۶۲/۵ درصد خاک در نواحی ۱ و ۲ از نوع



شکل ۵- نمودار توزیع فراوانی بافت خاک مناطق جنگل کاری شده سرورنقره ای در چهار ناحیه

بحث و نتیجه گیری

مناسبتی آبشویی می شود. فرض آبشویی فصلی در خاک چهار منطقه می تواند درست باشد [۷]، زیرا درصد یکی از محلول ترین یون های خاک (یعنی انواع یون های نیتروژن) در هر چهار ناحیه یکسان است، در صورتی که در ناحیه ۴ غلظت سایر عناصر اصلی غذایی به طور معنی داری بالا است، که می تواند به علت سطح بالای رسی بودن خاک در این ناحیه باشد. در یک بررسی جهت اصلاح و بهبود خاک های فسفات با استفاده از درخت سرورنقره ای [۱۲] نشان داده شد که این گونه حداقل زنده مانی (حدود ۲۰ درصد) را در خاک های رسی دارا است. همچنین این گونه در خاک های شنی، نابارور، خشک و اسیدی با زهکشی مناسب (به استثناء خاک رسی) رشد می کند [۴۶]. میانگین درصد رطوبت در گل اشباع و اسیدیته خاک منطقه مورد مطالعه در طبقه خاک های آهکی و شور قرار دارند. بالا بودن سطح شوری خاک در ناحیه ۴ به احتمال به واسطه بالا بودن شوری آب آبیاری است که با مخلوط شدن بیشتر آب باز یافت شده صنعتی باشد.

پژوهش ها نشان می دهد که فعالیت بیولوژیک در لاشبرگ سوزنی برگان خیلی ضعیف تر از پهن برگان است. به عبارت دیگر، توسعه میکروارگانیسم ها در خاک های اسیدی ضعیف تر از خاک های غنی از کلسیم است [۹]. آبیاری با آب شور و با مدیریت نادرست و پایین بودن رطوبت نسبی هوا در مقابل مقدار تبخیر بالا از جمله عواملی هستند که در محدوده مورد مطالعه وجود دارند. بدون توجه به نتایج می توان فرض کرد که هر چه شوری

نتیجه گیری نهایی در خصوص علت اصلی خشکیدگی درختان قریب ۲۰ ساله سرو سیمین کشت شده در حاشیه شرقی اصفهان کار آسانی نیست. به احتمال زیاد، خشکسالی های اخیر علت اصلی هستند، ولی تفاوت آشکار در درجه خشکیدگی مناطق مختلف عوامل دیگری را مورد توجه قرار می دهد. در این تحقیق، فرض بر این است که به جز تنش خشکی ممکن است عوامل آلوده کننده محیط سبب ایجاد تفاوت در واکنش های متفاوت به تنش باشند [۲۵]. به عنوان مثال آلودگی هوا به اکسید گوگرد اثرات خشکی را بیشتر می کند [۳۵]، و یا رابطه مستقیم بین اثرگذاری آلودگی هوا و خشکسالی گزارش شده است [۱۳]. پایین بودن درجه خشکیدگی ناحیه ۳ (دورترین ناحیه از مراکز صنعتی، جمعیتی و ترافیکی) تایید کننده این نظریه نخستین بود.

نتایج این تحقیق نشان داد که به جز دوری از منابع احتمالی ایجاد کننده تنش و از میان تمام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری شده، دو خصوصیت خاکی، این ناحیه را از سه ناحیه دیگر متمایز می سازد. یکی تنوع اندازه ذرات خاک در ناحیه ۳ و دیگری اسیدیته و شوری نسبی آب بینابینی در این منطقه بود. وجود انواع اندازه های ذرات خاک می تواند علت دست خوردگی کمتر خاک باشد. می توان فرض کرد چنین خاکی از یک سو قدرت بیشتری در نگهداری رطوبت خاک دارد و از سوی دیگر در شرایط بارندگی های فصلی و یا تغییرات شدید در مواد حل شده در خاک (معدنی و بیولوژیک)، به طور

جذب عناصر بازی در گیاه بیشتر بوده و در آخر در فعال کردن چرخه عناصر غذایی به طور کامل مؤثر است [۲۲]. نتایج نشان می‌دهند که برخلاف گزارش مجری طرح جنگل کاری، کوددهی سرک به این جنگل کاری‌ها یکنواخت نبوده و به احتمال در سال‌های اخیر در ناحیه مجاور مرکز صنعتی مقادیر بیشتری از کود شیمیایی به خاک اضافه شده است. همچنین جذب تعداد زیادی از عناصر معدنی در خاک‌های آهکی به کندی صورت می‌گیرد. در شرایط کمبود آب، مقادیر تا دوبرابری این مواد نسبت به نواحی دیگر، می‌تواند نه تنها باعث افزایش رشد گیاهی نشود، بلکه آن طور که نتایج این تحقیق نشان داد باعث افزایش تصاعدی خشکیدگی در این ناحیه شد. غنای مواد مغذی خاک ممکن است بدون وجود سطح کافی مواد هیدرولیز کننده، مانعی در جهت جذب آب بیشتر توسط گیاهان باشد [۴]، که این یافته با تحقیقات بینکلی [۸] همخوانی دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که هرچند کاهش سطح آبیاری عامل اصلی کاهش بنیه درختان سرو نقره‌ای می‌شود که پیامدهای مانند کاهش مقاومت گیاه در برابر انواع آفات و بیماری‌ها می‌شود، ولی شرایط خاکی که در آن جنگل کاری شده را نیز نباید نادیده گرفت. در این شرایط خاک‌های با ساختمان بلوغ یافته با ترکیبی از تمام اندازه‌های ذرات آثار خشکیدگی کمتری را به همراه دارند و افزایش افراطی کود شیمیایی به خاک نیز می‌تواند نه تنها سطح جذب اسمزیک را کاهش داده و شوری کاذب به وجود آورد، بلکه افزایش مواد معدنی مغذی می‌تواند به ازهم‌پاشیدگی ساختمان خاک کمک کند.

خاک بیشتر شود و در پی آن مقدار تبادل یونی و ضریب هدایت الکتریکی نیز افزایش یابد و یا از اسیدیت کاسته شود (جدول ۴ و شکل ۲)، بر شدت خشکیدگی افزوده می‌شود. ولی رابطه‌ای بین این متغیرهای خاک و خشکی یافت نشد. علت آن سطح خشکیدگی پایین درختان ناحیه ۳ با وجود بالا بودن شوری و سایر پیامدهای شوری در این ناحیه است. به احتمال خشکیدگی درختان را می‌توان از پیامد شوری دانست ولی به یقین، عامل اصلی خشکیدگی درختان نیست. محققان در قم مهم‌ترین عامل خشکیدگی درختان سرو نقره‌ای را نامناسب بودن خاک و شوری آب تعیین کردند [۳۴] که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد. در این خاک‌ها باید دسته‌ای از مواد شیمیایی اصلاح کننده به خاک اضافه نمود. مهم‌ترین و بهترین موادی را که می‌توان در خاک‌های کشور استفاده کرد گچ یا گوگرد است.

به جز تفاوت در ساختمان خاک ناحیه ۳ (شکل ۵)، نباید از ارتباط مستقیم بین خشکیدگی درختان و سطح بالای مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک صرف نظر کرد. به طور کلی، بین عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تجمع یافته در خاک و چرخه کم عناصر غذایی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. چرخه کم عناصر غذایی ناشی از پایین بودن اشباع بازی خاک‌های اسیدی است [۱۹] بنابراین، با توجه به کم بودن اسیدیت در خاک سوزنی برگان و پایین بودن اشباع بازی در این خاک‌ها [۵]، می‌توان گفت که چرخه عناصر غذایی در توده سوزنی برگ ضعیف‌تر است. همواره رابطه مثبتی بین اشباع بازی خاک و مقدار عناصر تغذیه‌ای وجود دارد [۳۰] به عبارت دیگر، هر قدر درصد اشباع بازی خاک بالاتر باشد، توان

References

- [1]. Ahmadloo, F., M. Tabari, & B. Behtari. (2011). Effect of drought stress on the germination parameters of Cupressus seeds. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 1, 11-17.
- [2]. Anonymous. (2012). Isfahan Organization of Parks and Green Space, (in Farsi).
- [3]. Anonymous. (2012). I.R of Iran meteorological organization, (in Farsi).
- [4]. Antunes, S.C., R. Pereira, J.P. Sousa, M.C. Santos, & Goncalves, F. (2008). Spatial and

- temporal distribution covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, 44, 45-56.
- [5]. Augusto, L., J. Ranger, D. Binkley, & A. Rothe. (2002). Impact of several common tree species of temperate forest on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59, 233-254.
- [6]. Azedoo, Z., Goodarzi, G.R., & Sardabi, H. (2003). Forest plantation trial with 14 almond genotypes under rainfed condition at Arak

- area of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 11, Pe203-Pe217, 323.
- [7]. Bambo, S.K., Nowak, J., Blount, A., Long, R., & Osiecka, A.J.A. (2009). Soil nitrate leaching in silvopastures compared with open pasture and pine plantation. *Journal of Environmental Quality*, 38, 1870-1877.
- [8]. Binkley, D. (1997). Bioassays of the influence of *Ecalyptus saligna* and *Albizia falcataria* on soil nutrient supply and limitation. *Forest Ecology and Management*, 91(2-3), 229-234.
- [9]. Braun, E.L. (1950). Deciduous forests of eastern North America. Hafner Publishing Company, New York.
- [10]. Ciesla, W.M., & E. Donaubauer. (1994). Decline and Dieback of Trees and Forests. A Global Overview: Food & Agriculture Org, 120: 92-5.
- [11]. Cuevas, E., & Lugo, A.E. (1998). Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. *Forest Ecology and Management*, 112, 263-279
- [12]. David, S. (2001). Conifers in the dry country. A report for the RIRDC/L8w Australia/FWPRDC joint venture Agroforestry program.
- [13]. Duan, L., Liu, J., Xin, Y., & Larssen, T. (2013). Air-pollution emission control in China: Impacts on soil acidification recovery and constraints due to drought. *The Science of the Total Environment*, 463-464C: 1031-1041.
- [14]. Edward, F. (1993). *Cupressus arizonica* var. *arizonica*; Arizona cypress. by Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.
- [15]. Fattahi, M., (1994). Check-compatible non-native softwoods in Kurdistan. Research Institute of Forests and Rangelands.
- [16]. Feng, Z. (1988). Erosion control: stay in tune, Proceedings of Conference XIX. *International Erosion Control Association*, 120, 235-251.
- [17]. Fisher R.F. & D. Binkley. (2000). Ecology and Management of Forest Soils. John Wiley & Sons, INC.
- [18]. Ghazanshahi, G., (1997). Soil and plant analysis. Homa Publications, (in Farsi).
- [19]. Hansen, K., Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Gundersen, P., & Sevel, L. (2009). Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management*, 257, 2133-2144.
- [20]. Hassanpouraghdam, M.B. (2011). α -Pinene- and β -myrcene-rich volatile fruit oil of *Cupressus arizonica* Greene from northwest Iran. *Natural Product Research*, 25, 634-639.
- [21]. Honarjoo, N., & Jalaliyan A., (2008). Soil development in the areas of Islamic Azad University Khorasgan. *Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 254-266, (in Farsi).
- [22]. Jafari, M., & Sarmadian, F. (2003). Soil Fundamental and Classification. University of Tehran Press (in Farsi).
- [23]. Jazirehi, M.H. (2002). Afforestation in arid environment. Tehran: Tehran University Press, (in Farsi).
- [24]. Joibary, S.S., Darvishsefat, A.A., & Kellenberger, T.W. (2007). Forest type mapping using incorporation of spatial models and ETM+ data. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 2292-2299.
- [25]. Kemp, D.D. (2004). Exploring environmental issues: an integrated approach. London, New York, Routledge.
- [26]. Klein, L., Cummings-Calson, J., & Martin, A.J. (1995). Plantation Establishment Series: Maintenance, Lake States Woodland bulletin.
- [27]. Mirbadian, A., (1994). Causes of Weakness Physiology Tehran pine (chitgar park). Publications of Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, (in Farsi).
- [28]. Montagnini, F. (2000). Accumulation In above-ground biomass and soil storage of mineral nutrients in pure and mixed plantations in a humid tropical lowland. *Forest Ecology and Management*, 134(1-3), 257-270.
- [29]. Negahdarsaber, M., Nejabat, M., & Sabbahi, G.H.A. (1999). Problems evaluation Forest Park Shiraz Airport. *Journal of Construction Research*, 40, 41, 42, 86-88, (in Farsi).
- [30]. Norden, U. (1994). Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements in deciduous tree species. Scandi. *Journal of Forest Research*, 16, 9-16.
- [31]. Richards, L.A. (Ed.)(1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils USDA Agriculture Handbook 60. Washington D. C.
- [32]. Sjöholm, H., Reynders, M.I., & Ffolliott, P. (1989). Arid Zone Forestry: A Guide for

- Field Technicians. Rome. *Food & Agriculture Organization of the UN*, 112, 241-252.
- [33]. Sheybani, H., Mirbadian, A., & Mohammadi, M., (1997). Eldar pine physiological causes of weakness (chitgar park). *Journal of Construction Research*, 20(4), 9-4, (in Farsi).
- [34]. Tavakoli Neko, H., Rahmani, A., Pourmeidani, A., & Adnani, S.M. (2008). Investigation on soil and water salinity effects on weakness and mortality of Arizona Cypress (*Cupressus arizonica* G.) in Qom. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(4), 543-555, (in Farsi).
- [35]. Warrington, S., & Whittaker, J.B. (1990). Interactions between sitka spruce, the green spruce aphid, sulphur dioxide pollution and drought. *Environmental Pollution*, 65, 363-370.
- [36]. Zad, S.J., & Koshnevice, M. (2001). Damping-off in conifer seedling nurseries in Noshahr and Kelardasht. *Mededelingen*, 66, 91-93.
- [37]. Zare, H., (2001). Soft wood species native in Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, (in Farsi).
- [38]. Zare Chahouki, M.A. (2013). Pilot projects in natural resource sciences. Tehran University Press, (in Farsi).

Impact of some soil physico-chemical properties on drought resistance Plantation of Arizona cypress in East of Isfahan

1- SH. Gorjestanizade, MSc. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Science, ShahreKord University, Iran
sh_gorjestanizade@yahoo.com

2- A. Soltani, Assistant Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Science, ShahreKord University, Iran

3- H. Shariati, MSc. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Science, ShahreKord University, Iran

Received: 10 Sep 2015

Accepted: 02 Jul 2016

Abstract

In recent years, Arizona cypress plantations located in East Isfahan are increasingly drying. Water deficit and frequent drought are allegedly considered as the main reasons. Nevertheless, the wilting trees are not evenly dispersed across the plantations, leading to existing associate factors. The present research Consider that the effect of soil chemo-physical characteristics on the wilting rate. Preliminary research work showed that the forest area studied can be classified on the basis of environmental stresses related to four separate regions. One area due to its proximity to population centers , the two , proximity to roads , the three, with a maximum distance from the areas with high stress potential and the due to the proximity to the industrial zone four were selected. In each plot, all trees, including health, are drying up, dried, and even recently cut trees were counted, as well as Soil samples were taken from each plot up to a depth of 30 cm and then analyzed in the laboratory. Soil texture, pH, electrical conductivity, sodium concentrations in treated, Concentrations of calcium, sodium adsorption ratio, cation exchange capacity, total nitrogen and phosphorus and Potassium absorbable parameters were measured. Wilting rate was increased significantly in more salty and more conductive soils. Soils made up of particles of all sizes were more resistant to drought. The results also showed that overuse chemical fertilizers decreased the trees' survival in severe drought conditions.

Keywords: Forest plantation; Arizona cypress; Drought, Physical and chemical properties of soil.

مکان‌یابی شوری خاک با استفاده از داده‌های محیطی و نمونه‌برداری هایپرکیوب در شهرستان میبد

- ۱- روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
rtaghizadeh@ardakan.ac.ir
- ۲- آرزو غزالی، دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زایی، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
- ۳- سعیده کلانتری، استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
- ۴- محمد حسن رحیمیان، مربی مرکز ملی تحقیقات شوری

دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱۲

چکیده

نقشه‌برداری رقومی روشی نوین و جایگزینی مناسب برای روش‌های سنتی است. در این روش شوری خاک با یک سری متغیرهای محیطی ارتباط داده شده و سپس شوری خاک در نقاط دیگر پیش‌بینی می‌شود. در این پژوهش بر اساس روش هایپرکیوب، مکان جغرافیایی ۷۳ نمونه خاک مشخص و نمونه‌برداری و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی رابطه بین داده‌های زمینی و متغیرهای محیطی (اجزاء سرزمین و داده‌های ماهواره لندست ۸) به دست آمد و در آخر شوری خاک در کل منطقه مورد مطالعه ارزیابی شد. نتایج تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد، که متغیر شاخص گیاهی نرمال شده (۰/۳۹/۵۱)، شاخص گیاهی تعدیل کننده اثر خاک (۰/۲۷/۶۰)، شاخص شوری (۰/۲۷/۰۷) و شیب اراضی (۰/۵/۸۰)، جهت بررسی شوری خاک از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. همچنین نتایج ارزیابی مدل ضریب تبیین ۰/۵۷ و میانگین ریشه مربعات $17/40 \text{ dS/m}$ کارآیی بالای آن را نشان می‌دهد. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مدل رقومی ارتفاع و مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت قابل قبولی است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده جهت تهیه نقشه رقومی خاک از روش مشابه استفاده شود.

واژگان کلیدی: نقشه‌برداری رقومی خاک؛ مدل رقومی ارتفاع؛ شبکه عصبی مصنوعی؛ میبد.

مقدمه

شوری خاک شده‌اند. این عوامل به طور کلی منجر به شکل‌گیری دو نوع شوری‌زایی به نام‌های شوری‌زایی اولیه (طبیعی) و شوری‌زایی ثانویه (ناشی از فعالیت‌های انسانی) می‌گردند.

بررسی شوری خاک به‌ویژه در مناطقی با وسعت زیاد گران و زمان‌بر است، از این رو نیاز به روش‌های نوینی است که بتوان سطح گسترده‌ای از مناطق را در مدت زمان کوتاه‌تر و با صرف هزینه کمتر از لحاظ شوری مورد بررسی قرار داد. امروزه مقابله و پیشگیری از خطر شوری خاک در کنار سایر بلاهای طبیعی چون سیل و زلزله از اهمیت بالایی برخوردار است و پژوهشگران را بر آن داشته که به کمک تهیه نقشه‌های شوری خاک به شناسایی مناطق شور و یا در معرض شوری اقدام کنند. تهیه نقشه‌های

شوری یکی از مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است. شور شدن خاک و پدیده‌ی بیابان‌زایی علت و معلول یکدیگر هستند، به طوری که شوری خاک یکی از فرآیندهای مخرب خاک است که باعث بیابان‌زایی می‌شود، و برعکس بیابان‌زایی نیز منجر به شور شدن خاک می‌شود. از آنجایی که حدود دو سوم از مساحت کشور در مناطق بیابانی واقع شده است، تنها از طریق شناخت ویژگی‌های این مناطق می‌توان نسبت به مهار معضلات غالب در این مناطق همچون رشد و گسترش مناطق تحت تاثیر نمک و شوری‌زایی و جلوگیری از سرایت این معضل به سایر مناطق اقدام کرد. عوامل مختلفی از جمله عوامل زمین‌شناختی، توپوگرافی، اقلیمی، هیدرولوژیکی و مدیریتی در نقاط مختلف کشور وجود دارند که منجر به بروز پدیده

روش‌های محاسباتی برای یادگیری ماشینی، نمایش دانش، و در انتها اعمال دانش به دست آمده در جهت پیش‌بینی پاسخ‌های خروجی از سامانه‌های پیچیده، در هوش مصنوعی سیستم‌ها هستند. در این روش داده‌های مشاهده‌ای به مدل آموزش داده می‌شود و پس از آموزش مدل با دقت مناسب کار پیش‌بینی و شبیه‌سازی را انجام می‌دهد [۱۲].

پیشرفت‌های اخیر در کاربرد فن‌آوری سنجش از دور به منظور تهیه نقشه و مدیریت زمین‌های شور، سبب افزایش سرعت و دقت مطالعات و کاهش هزینه‌های مربوطه شده است [۱۲]. روش دورسنجی که ماهیت آن در ارتباط دادن بین میزان شوری و بازتاب امواج، برای پهنه‌بندی مناطق شور است، روشی قابل اعتماد است. خاک‌های گوناگون خصوصیات طیفی متفاوتی دارند [۱]. وجود املاح در سطح خاک‌های شور باعث می‌شود که این خاک‌ها به راحتی از سایر خاک‌ها به دلیل داشتن بازتاب بالا بر روی تصاویر ماهواره‌ای قابل تشخیص باشند. کلاس‌های شوری در این روش بر اساس تفاوت در خصوصیات طیفی سطوح مختلف شوری بوجود می‌آید [۱۲].

پژوهش‌های بسیاری برای تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، شیوه‌های زمینی رادیومتری و بر اساس هم‌بستگی بین انعکاس‌های مربوط به حضور نمک و شاخص‌های شوری و سدیمی انجام شده است. جهت پهنه‌بندی شوری خاک به صورت سه‌بعدی در منطقه اردکان از تکنیک نقشه‌برداری رقومی استفاده و کارایی آن تایید شد [۱۵]. تلفیق داده‌های سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع به خوبی می‌تواند در برآورد هدایت الکتریکی خاک استفاده شود. کارایی بالای روش کوکریجینگ جهت برآورد شوری خاک در منطقه اردکان با استفاده از اطلاعات کمکی از قبیل سنجش از دور و مدل رقومی ارتفاع بررسی و تایید شد [۱۶]. برای نقشه‌برداری شوری خاک در حوالی تکسکوکو^۲ مکزیک از تصاویر ماهواره‌ای لندست و عکس‌های هوایی استفاده شد. با تعدیل شاخص پوشش گیاهی، شاخص طیفی جدیدی به نام شاخص ترکیب طیفی^۳ تهیه گردید. همبستگی بسیار

به‌هنگام از مهم‌ترین و در عین حال ضروری‌ترین عوامل مدیریتی است. در واقع تهیه نقشه دقیق از موقعیت مکانی خاک‌های شور اولین گام برای مدیریت بهینه این خاک‌ها است. نقشه‌برداری سنتی مشکلات زیادی دارد [۱۷]. از نظر مفهومی روش مرسوم خاک‌شناسی بر مدل منقطع یا مدل سطحی-کلاسی خاک‌ها استوار است که اساس و زیربنای مدل پلی‌گونی تغییرات متغیرهای طبیعت است. بر این اساس، توانایی پژوهشگران خاک‌شناس در ارائه توزیع مکانی حقیقی اطلاعات خاک‌ها، به واسطه‌ی ارائه چند وجهی پراکنش انواع خاک‌ها و انجام ذهنی و دستی تجزیه و تحلیل‌ها به صورت فاحشی کاهش می‌یابد. همچنین، نمایش پراکنش جغرافیایی خاک‌ها که بر مبنای جداسازی واحدهای نقشه بر روی عکس‌های هوایی و یا نقشه‌های توپوگرافی به همراه بررسی زمینی است، بدون خطا نیست، زیرا خطا در مشاهده و ترسیم واحدها با تکیه بر قابلیت‌های فردی و تجربی، اجتناب‌ناپذیر است [۸]. از دیگر مشکلات روش سنتی وابستگی حدود و مرزهای واحدهای خاک به قدرت درک و فهم کارشناس از روابط خاک و محیط، غیرممکن بودن به روز کردن نقشه‌ها و اطلاعات خاک در مناطق وسیع به علت نیاز به زمان زیادتر است [۸ و ۱۷]. راه حل مناسب برای نقشه‌برداری، استفاده از روش‌های تخمین مکانی خاک با تأکید بر منابع داده‌های قابل دسترس، به جای روش سنتی است [۱۱]. پایه و اساس نقشه‌برداری نوین مبتنی بر معادله اسکورپان^۱ است [۱۱]. در این معادله خصوصیات یا کلاس خاک با یک سری متغیرهای محیطی ارتباط داده می‌شود و بر این اساس خصوصیات خاک در نقاط دیگر پیش‌بینی می‌شود و نقشه رقومی خاک حاصل می‌شود. یکی از توابعی که برای پیش‌بینی خصوصیات خاک می‌توان استفاده کرد، شبکه‌های عصبی مصنوعی است [۶].

نقشه‌برداری رقومی خاک، بیان‌گر یک مجموعه یا بسته محاسبات رایانه‌ای برای پیش‌بینی پراکنش خاک‌ها در زمین‌نما است که به‌عنوان ابزاری برای ایجاد اطلاعات مکانی خاک و راه‌حل‌هایی برای نیاز رو به افزایش نقشه‌های خاک با تفکیک مکانی بالا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یکی از

^۲ Texcoco

^۳ Combined Spectral Response Index

^۱ SCORPAN

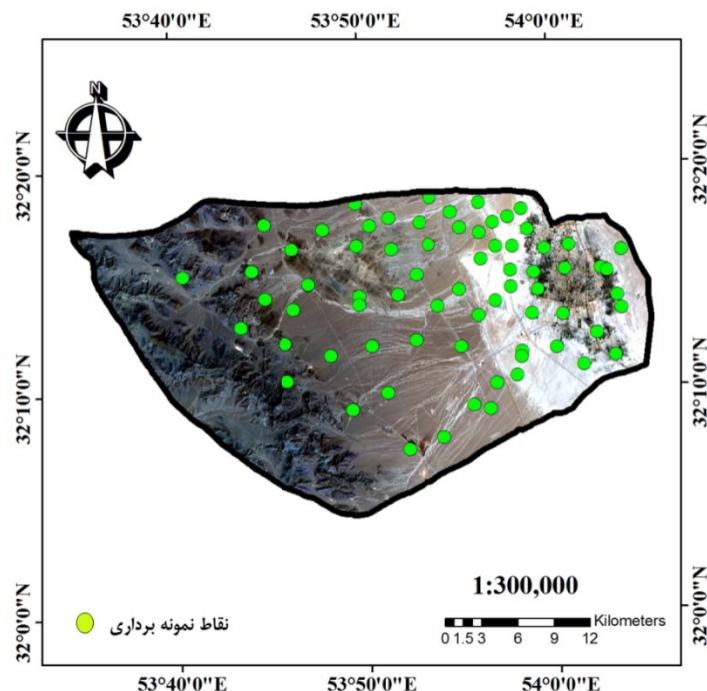
مناطق خشک، هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات مکانی شوری خاک با قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های کمکی در دسترس (مدل رقومی ارتفاع و سنجش از دور) است. همچنین با توجه به هزینه بالای نمونه‌برداری خاک، در مطالعه حاضر سعی شده است تا از تکنیک نمونه‌برداری هایپرکیوب جهت تعیین نقاط نمونه‌برداری استفاده شود تا محل جغرافیایی تعداد محدودی نمونه خاک با بالاترین دقت انتخاب شوند.

مواد و روش‌ها معرفی منطقه

شهرستان میبد بین طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۲ دقیقه و ۱۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵ دقیقه و ۱۲ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۱۴ دقیقه و ۴ ثانیه شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۰۳۴ متر است. شهر میبد در شمال غرب شهر یزد، و در حاشیه کویر مرکزی ایران قرار دارد. اراضی آن دشتی و هموار است و از سوی غرب به کوهپایه و ارتفاعات جنوبی عقدا منتهی می‌گردد. این شهر بر روی شیب طبیعی که از جنوب به شمال قرار دارد (شکل ۱).

بالا بین خصوصیات خاک (هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم) و ارزش طیفی این شاخص (به ترتیب ۰/۸۸۵ و ۰/۸۵۷)، به صورت یک مدل رگرسیونی برای تهیه نقشه شوری خاک ارائه شد [۳]. در تحقیقی با اندازه‌گیری انعکاس‌های طیفی خاک‌های تحت تأثیر نمک توسط تفکیک طیفی ۱۰ نانومتر بین ۴۹۵ تا ۲۳۹۵ نانومتر شانزده کلاس طیفی برای متغیرهای واکنش خاک، هدایت الکتریکی خاک، درصد سدیم تبادلی و نسبت سدیم جذبی تعریف شد [۵]. سپس با تجزیه آماری از طریق تجزیه مؤلفه‌های اصلی و به صورت گام به گام، محدوده‌های طیفی از طول موج مرئی دو، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی را مشخص و در آخر کلاس‌های مختلف خصوصیات خاک از یکدیگر تفکیک شد. در پژوهشی برای ارتباط دادن داده‌های EM و شوری خاک از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد و با به کارگیری داده‌های پیش‌بینی شده مدل، نقشه شوری خاک تهیه کردند [۴].

همان‌طور که بیان شد مطالعات فراوانی در زمینه شوری خاک انجام گرفته است. با این وجود، در بیشتر مطالعات تنها از داده‌های سنجش از دور جهت برآورد مکانی شوری خاک استفاده شده است. همچنین در کمتر مطالعه‌ای از روش‌های بهینه نمونه‌برداری خاک استفاده شده است. بنابراین با توجه به اهمیت پهنه‌بندی شوری در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهرستان میبد به همراه پراکنش نقاط نمونه‌برداری

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، جهت تعیین محل نمونه‌ها از روش هایپرکیوب بهره گرفته شده است. این روش، یک طرح تصادفی طبقه‌بندی شده است که باعث نمونه‌برداری مؤثر به کمک توزیع چند متغیر می‌شود. یک شبکه مربع حاوی موقعیت‌های نمونه، یک شبکه لاتین است اگر فقط یک واحد نمونه‌برداری در هر ردیف و هر ستون وجود داشته باشد. یک هایپرکیوب لاتین، تعمیم این مفهوم به تعداد اختیاری از ابعاد است. به طوری که هر واحد نمونه‌برداری فقط در یک صفحه آن قرار گرفته باشد. هایپرکیوب لاتین شامل نمونه‌برداری n مقدار از توزیع تشریح شده هر متغیر است. توزیع تجمعی هر متغیر به n فاصله با احتمال مساوی تقسیم می‌شود و یک مقدار از هر فاصله به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود. سپس، n مقدار به‌دست آمده برای هر متغیر با متغیرهای دیگر جفت می‌شود. این روش یک پوشش کامل از هر متغیر را ایجاد می‌کند [۱۳]. بر اساس این تکنیک ۷۲ نمونه انتخاب شد. در محل‌های تعیین شده، از عمق ۳۰-۰ cm خاک، نمونه‌ها برداشت شد. سپس هدایت الکتریکی نمونه‌ها در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد.

در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شد. پس از آماده کردن مدل رقومی ارتفاع، اطلاعات کمکی (ارتفاع بالای شبکه زهکشی، شاخص خیسی، شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا، ارتفاع و شیب اراضی) در محیط سامانه ساگا محاسبه و استخراج شد [۹].

در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست ۸ (باند ۲ تا ۵ و باند ۷) استفاده شد. مجموعه‌ای از شاخص‌ها شامل شاخص شوری، شاخص روشنایی (که بیانگر این واقعیت است که مناطقی که شوری در آن‌ها زیاد است بازتاب طیفی بالاتری دارند و به رنگ روشن‌تر دیده می‌شوند)، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، شاخص گیاهی تعدیل کننده اثر خاک، شاخص شوری استاندارد محاسبه شد. برای پهنه‌بندی شوری خاک، تمام لایه‌های کمکی یا اطلاعاتی به فرمت رستری با ابعاد ۹۰ × ۹۰ متر (مطابق با پروژه جهانی خاک) تهیه شد. تمامی اطلاعات (داده‌های خاک و متغیرهای محیطی) به فرمت نهایی متنی تبدیل و برای انجام فرآیند مدل‌سازی در نرم‌افزار شبکه عصبی مصنوعی آماده شد.

جدول ۱- متغیرهای محیطی مورد استفاده به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده در مدل‌سازی

تعریف	پارامتر	داده کمکی
باندهای تصویر	B1-B7	تصویر ماهواره‌ای
$\sqrt{G * R}$	SI	
$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	BI	
$\frac{NIR - R}{NIR + R}$	NDVI	
$\frac{NIR - R}{NIR + R} (L + 1)$	SAVI	
$\frac{R - NIR}{R + NIR}$	NDSI	
ارتفاع بالای شبکه زهکشی	AaCN	
شاخص خیسی	WI	
شاخص همواری دره با درجه تفکیک بالا	MrVBF	
مدل رقومی ارتفاع	DEM	
شیب	SLOP	

G: Green; R: Red; NIR: Near-infrared; SI: Salinity Index; NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; SAVI: Soil Adjusted Vegetation Index; NDSI: Normalized Difference Salinity Index; AaCN: Altitude above channel network; WI: Wetness Index; MrVBF: Multi-resolution valley bottom flatness index; DEM: Digital elevation model.

مدل‌سازی

شبکه عصبی مصنوعی یک سامانه پردازشی داده‌ها است که پردازش داده‌ها را به عهده پردازنده‌های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به‌صورت شبکه‌ای به هم پیوسته و

موازی با یکدیگر رفتار می‌کنند تا یک مسئله را حل کنند. این شبکه برای تخمین و تقریب کارایی بسیار بالایی از خود نشان داده است [۱۴].

نقشه‌برداری رقومی، اعتبارسنجی به روش حذف داده و پیش‌بینی آن است. پایگاه داده (n) به n-1 موقعیت برای واسنجی و یک موقعیت برای اعتبارسنجی تقسیم می‌شود. در هر تکرار، مدل برای موقعیت حذف شده اجرا و متغیر حذف شده پیش‌بینی و با مقدار واقعی مقایسه می‌گردد و خطای پیش‌بینی محاسبه می‌شود. این فرآیند برای همه موقعیت‌های نمونه‌برداری انجام می‌شود. پس از تعیین مدل مناسب، با استفاده از ضریب تبیین بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری و همچنین با استفاده از محاسبه شاخص‌های میانگین ریشه مربعات خطا و میانگین خطای مدل که واحد اندازه‌گیری‌شان ds/m است اعتبارسنجی شد.

نتایج و بحث

خلاصه آماره‌های توصیفی برای هدایت الکتریکی سطحی خاک در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، مقدار هدایت الکتریکی خاک در ۷۲ نمونه خاک از ۰/۶ تا ۱۰۲/۹۳ ds/m بر متر متغیر بوده و ضریب تغییرات آن ۱۳۴/۵ درصد است، که این مقدار ضریب تغییرات نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد شوری در منطقه است. هرچه از غرب منطقه به سمت شرق پیش می‌رویم بافت خاک ریز دانه‌تر، ارتفاع کمتر، شیب کمتر و تجمع املاح بیشتر است. شوری خاک همچنین از غرب به شرق روند افزایشی دارد. بیش‌ترین مقدار شوری در شمال شرق منطقه و کم‌ترین آن در غرب منطقه مشاهده شد. آنالیز حساسیت شبکه عصبی نشان می‌دهد که به ترتیب چهار داده کمکی شاخص گیاهی نرمال شده (NDVI)^۱، شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI)^۲، شاخص شوری استاندارد (NDSI)^۳ و شیب بیشترین ارتباط را با شوری خاک دارند (شکل ۲).

در این تحقیق با استفاده از داده‌های خاک و داده‌های محیطی، با به کارگیری شبکه عصبی مدل‌سازی و شوری خاک در منطقه مورد نظر پیش‌بینی شد. بدین منظور، پس از پیش‌پردازش‌های اولیه داده‌های خام ساختار بهینه شبکه تعیین شد. در شبکه عصبی ساختار شبکه شامل نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها، تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌ها در هر لایه مخفی، نوع تابع فعال‌سازی و نوع الگوریتم آموزشی است. در این تحقیق ورودی‌های شبکه برای پیش‌بینی هدایت الکتریکی خاک شامل داده‌های کمکی ارائه شده در جدول ۱ است.

در شبکه عصبی پرسپترون چند لایه یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک یا چند لایه مخفی وجود دارد، که تعداد نرون‌ها در لایه‌های ورودی و خروجی برابر با تعداد بردارهای ورودی و خروجی است. مسئله اصلی در این شبکه‌ها تعیین تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های آن‌ها است، که ثابت شده شبکه‌های عصبی با یک لایه مخفی با تابع سیگموئید در لایه میانی و تابع خطی در لایه خروجی قادر به تقریب تمامی توابع مورد نظر با هر درجه تقریب خواهد بود مشروط به این‌که به اندازه کافی نرون در لایه مخفی داشته باشیم. در این تحقیق شبکه‌ها با یک لایه مخفی که دارای تابع فعال‌سازی سیگموئید در لایه مخفی و تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی بوده، و تعداد نرون‌های آن از دو تا ۱۰ نرون متغیر بوده و بهترین تعداد نرون به صورت صحیح و خطا تعیین گردید مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به علت کارایی سادگی و سرعت بالا در این تحقیق الگوریتم آموزشی لوبنبرگ مارکوارت استفاده شد.

ارزیابی مدل

برای بررسی کارایی مدل به منظور پیش‌بینی شوری خاک، اعتبارسنجی به روش حذف یک داده و پیش‌بینی آن انجام گرفت. در شرایطی که زمان و بودجه کافی برای برداشت نمونه احتمالی وجود ندارد، بهترین گزینه اعتبارسنجی به روش حذف داده است [۲]. برخلاف روش تقسیم داده‌ها، در این روش تقسیم کردن به طور تکرارپذیری انجام می‌شود و این روش را مؤثرتر می‌کند. در چنین شرایطی بهترین گزینه برای اعتبارسنجی مدل

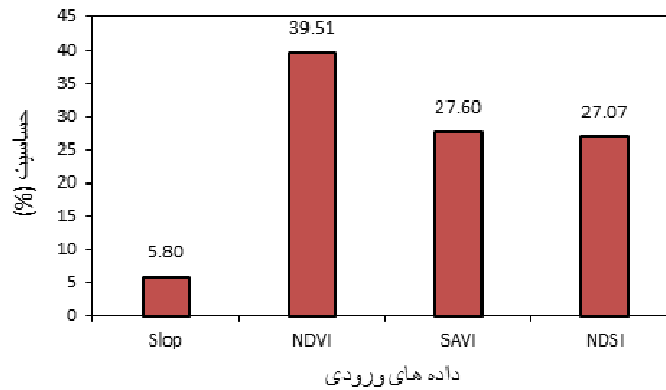
¹ Normalized Difference Vegetation Index

² Soil Adjusted Vegetation Index

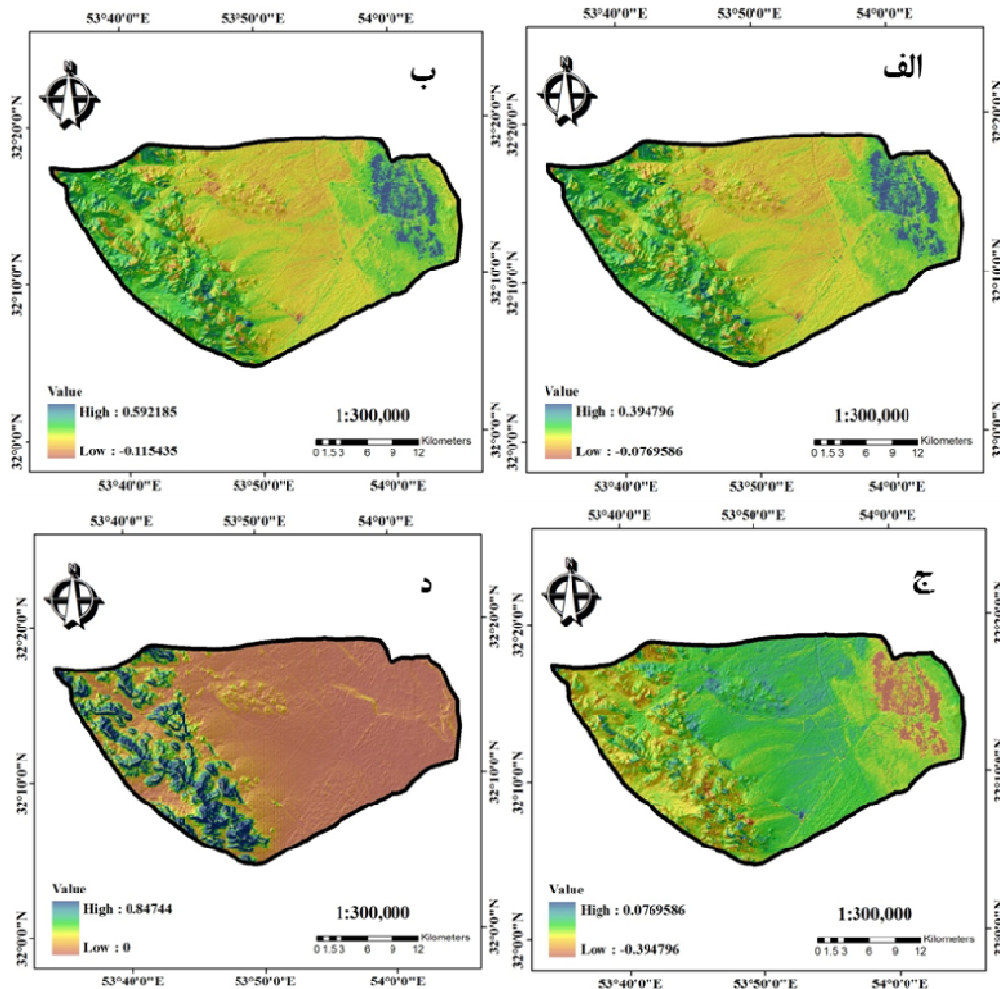
³ Normalized Difference Salinity Index

جدول ۲- توصیف آماری هدایت الکتریکی (EC) خاک سطحی در منطقه مورد مطالعه

خصوصیات آماری	میانگین	بیشینه	کمینه	میانه	انحراف معیار	ضریب تغییرات
هدایت الکتریکی (dS/m)	۱۹/۶۷	۱۰۲/۹۳	۰/۶۰	۶/۶۳	۲۶/۴۶	۱۳۴/۵۳



شکل ۲- نمودار آنالیز حساسیت داده‌های ورودی



شکل ۳- مهم‌ترین داده‌های کمکی مرتبط با شوری در منطقه مورد مطالعه: الف) نقشه شاخص گیاهی نرمال شده، ب) نقشه شاخص گیاهی تعدیل کننده اثر خاک، ج) نقشه شاخص شوری استاندارد، و د) نقشه شیب

به این صورت بیان کرد که پوشش گیاهی بهتر در بعضی از مناطق مطابق با خاک‌هایی با مقدار شوری کمتر است.

شاخص گیاهی نرمال شده به عنوان مهم‌ترین ورودی جهت مدل‌سازی شوری تعیین شد. این موضوع را می‌توان

شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک نیز به نوعی وضعیت پوشش گیاهی را در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۳ ب) مشاهده می‌شود حداکثر مقدار این شاخص (۰/۵۹) در نواحی غربی منطقه مورد مطالعه است که منطبق با اراضی پسته‌کاری شده است. ارتباط معنی‌داری بین شاخص شوری و مقدار هدایت الکتریکی خاک مشاهده شد. شاخص شوری کارایی خود را در مطالعات مختلف جهت پهنه‌بندی شوری خاک با ضریب تبیین نسبتاً بالا نشان داده است [۳ و ۱۵]. اجزا سرزمین از جمله شیب اراضی در توزیع مکانی خاک و خصوصیات آن بسیار مؤثر هستند. توزیع مکانی تابش خورشیدی، درجه حرارت، رطوبت و جریان مواد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مناطقی مرتفع‌تر که شیب بیشتری دارند نسبت به مناطقی که شیب پایین دارند یا بدون شیب هستند از مقدار شوری کمتری برخوردارند. علت این است که در مناطق کم شیب تر تجمع املاح بیشتر است (شکل ۳).

اهمیت پارامترهای اراضی در مدل‌سازی تغییرات مکانی شوری خاک تایید شده است. به طور کلی بر اساس یافته‌ها و نتایج این تحقیق و نتایج تحقیقات دیگر درمی‌یابیم که استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای برای بررسی شوری روشی مناسب و به صرفه است [۳، ۵، ۶ و ۱۵]. همچنین تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با مدل رقومی ارتفاع به منظور بررسی شوری خاک و پهنه‌بندی آن باعث کارآمدتر شدن نتایج و بالا رفتن صحت و دقت آن می‌شود که با نتایج تحقیقات [۱۵ و ۱۶] همخوانی دارد.

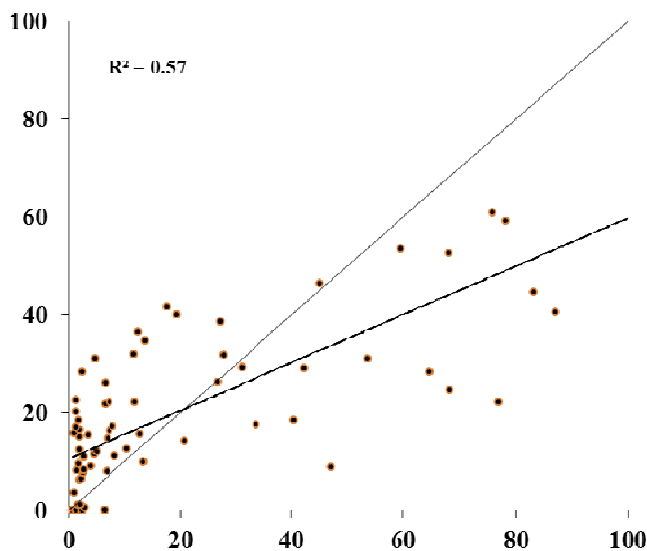
نتایج مدل‌سازی

مدل شبکه عصبی با یک لایه مخفی که تعداد نرون‌های آن بین ۲ تا ۲۰ نرون بود، طراحی و ساختار بهینه شبکه به روش سعی و خطا و بر اساس آماره میانگین ریشه مربعات خطا تعیین شد. نتایج نشان داد که کمینه مقدار میانگین ریشه مربعات خطا در زمانی به دست آمد که شبکه‌ای با ۱۰ نرون در لایه مخفی، ۶۸۰ تکرار (اپوک) و تابع سیگموئیدی و خطی در لایه مخفی و خروجی طراحی شد. بنابراین ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی جهت برآورد شوری خاک ۱-۱۰-۱۶ است. پس

از تعیین مدل مناسب، با استفاده از مقادیر میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل، ضریب تطابق لاین و ضریب تبیین بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری، مدل اعتبارسنجی شد (جدول ۳). یک تخمین‌گر خوب، باید به نتایجی منجر شود که دارای همبستگی قوی و مثبت با مقادیر واقعی باشد. میان مقادیر شوری واقعی و برآورد شده، ضریب تطابق لاین و ضریب تبیین به ترتیب ۰/۶۴ و ۰/۵۷ به دست آمده است. با توجه به نظر [۷ و ۱۰] که معتقد هستند در بحث نقشه‌برداری رقومی خاک ضریب تبیین بالاتر از ۰/۷۰ غیرمعمول است، در نتیجه مدل شبکه عصبی بدست آمده بر اساس اطلاعات ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاع در پژوهش حاضر، تخمین‌گر خوبی برای برآورد شوری سطحی خاک است. شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند پیش‌بینی‌هایی با خطاهای کمتر نسبت به روش‌های متداول رگرسیونی ارائه دهند [۱۴]. نمودار پراکنش مقادیر شوری واقعی و برآورد شده در شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس نظر [۱۵] در طراحی شبکه‌های عصبی نوع خاصی از معادلات لازم نیست و با ایجاد رابطه مناسب بین داده‌های ورودی و خروجی می‌توان به نتایج مناسب دست پیدا کرد. به علت وجود روابط غیر خطی میان متغیرهای وابسته و پیش‌بینی شونده شبکه عصبی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های رگرسیون داشته است. اما باید دقت شود شبکه عصبی مصنوعی دارای معایبی نیز است. شبکه عصبی به صورت جعبه سیاهی است که احتیاج به تعریف شدن دارد. یکی از معایب شبکه عصبی، قابلیت تفسیر ضعیف آن است. همچنین این شبکه برای مسائلی با پایگاه داده‌ای بزرگ مناسب بوده و دانش گذشته‌ی سیستم در طراحی شبکه، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. همچنین تعیین ساختار شبکه عصبی مصنوعی که با روش سعی و خطا صورت می‌گیرد، اغلب با مشکل همراه است. ا به عنوان مثال الگوریتم یادگیری شبکه عصبی مصنوعی ممکن در کمینه‌های محلی قرار گیرد و در نتیجه نتواند به حداقل خطای مورد نظر دست یابد.

جدول ۳- نتایج معیارهای ارزیابی برای پیش‌بینی قابلیت هدایت الکتریکی

ساختار شبکه	ضریب تبیین %	ضریب تطابق لاین	مجموع مربعات خطا	میانگین خطا	هدایت الکتریکی (ds/m)
۱۶-۱۰-۱	۰/۵۷	۰/۶۴	۱۷/۴۰	-۰/۶۳	

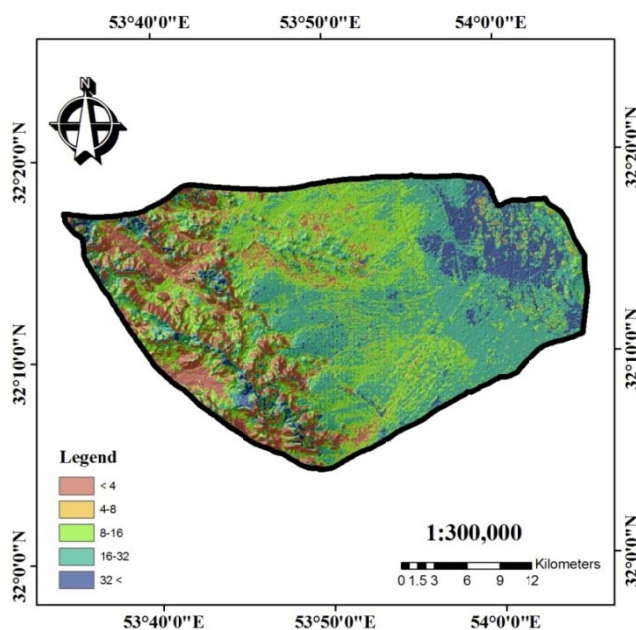


شکل ۴- نمودار پراکنش مقادیر واقعی و مقادیر برآورد شده شوری

پهنه‌بندی

نقاط دیگر منطقه مورد مطالعه تعیین و نقشه شوری خاک تهیه شد (شکل ۵).

با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و یافتن ارتباط بین شوری خاک و متغیرهای محیطی (داده‌های حاصل از تصویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاع)، شوری خاک در



شکل ۵- نقشه شوری خاک منطقه با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

قرار دارد. هرچند در این اراضی کشاورزی، قسمت‌هایی به صورت لکه با شوری کمتر نیز دیده می‌شود که علت آن نیز می‌تواند مربوط به پسته‌کاری و زمان آبیاری در هنگام نمونه‌برداری باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش از تابع شبکه عصبی مصنوعی جهت برآورد مقادیر شوری خاک در منطقه میبد استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتباط زیادی بین داده‌های خاک و متغیرهای محیطی وجود دارد که بر روی دقت مدل تأثیر گذار است. به طوری که نقشه نهایی شوری خاک را با ضریب تبیین ۰/۵۷ پیش‌بینی کرده است. در این پژوهش، به ترتیب چهار متغیر شاخص گیاهی نرمال شده، شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک، شاخص شوری استاندارد و شیب به عنوان مهم‌ترین متغیرهای کمی مشخص شد. در پایان مشخص شد فنون آماری از جمله شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند فرآیند نقشه‌برداری خاک‌ها را در سطح وسیع به یک‌باره انجام دهد و جایگزینی برای روش‌های سنتی باشد. با استفاده از این تکنیک می‌توان نقشه‌هایی به هنگام از چگونگی پراکنش خاک‌ها با درجات مختلف شوری، به منظور مدیریت بهینه و ارائه روش‌های اصلاح و احیاء آن‌ها در مدت زمان کم و صرف هزینه کمتر، تهیه کرد.

References

- [1]. Andronikov, V.L., & Dorbrolvskiy, G.V. (1991). Theory and methods for the use of remote sensing in the study of soils. *Remote Sensing*, 28, 92-101.
- [2]. Brus, D.J., Kempen B., & Heuvelink, G.B.M. (2011). Sampling for validation of digital soil maps. *European Journal of Soil Science*, 62, 394-407.
- [3]. Buces, F.N., Siebe, C., Cram, S., & Palacio, J.L. (2006). Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: (A case study in the former lake Texcoco, Mexico). *Journal of Arid Environments*, 65, 644-667.
- [4]. Cockx, L.M., Van Meirvenne, U.W.A., Vitharana, F.M.B., Vancoillie, L.P.C., Verbeke, Simpson, D., & Saey, T. (2010). A neural network approach to topsoil clay

بیش‌ترین مقادیر شوری در قسمت شرق منطقه که دارای ارتفاع و درجه شیب کمتر، بافت ریزدانه‌تر خاک، تجمع رسوب بیشتر و پوشش گیاهی کمتر است، دیده می‌شود. در این قسمت اراضی پلایا واقع شده‌اند. کمترین مقادیر شوری در غرب منطقه که ناحیه‌ای کوهستانی با ارتفاع و شیب بیشتر، بافت درشت دانه تر و سنگلاخی، مقدار رسوب و املاح ناچیز و رطوبت کمتر است، قرار دارد. مقادیر حد واسط، قسمت‌هایی از اراضی باهادا را پوشش می‌دهد. روند تغییرات شوری در منطقه از غرب به شرق افزایشی است که با روند تغییرات مهم‌ترین متغیرهای کمی تشخیص داده شده، هم‌خوانی دارد. با توجه شکل ۵، بیشترین مقادیر شوری مربوط به مناطق شرقی است. این مسئله احتمالاً به خاطر دریافت رسوبات بیشتر در این نواحی است. افزون بر این، شکل محدب منطقه می‌تواند به حرکت آب زیرزمینی در جهت غرب به شرق کمک کند. همچنین در شرق منطقه بافت خاک سنگین‌تری وجود دارد که حضور رس زیاد باعث حرکت کاپیلاری آب و تجمع نمک در سطح خاک می‌شود. از دلایل دیگر بالا بودن شوری در این نواحی، کاربری نامناسب و روش آبیاری نامناسب اراضی کشاورزی می‌تواند باشد. به طوری که هدایت الکتریکی خاک مربوط به اراضی کشاورزی تحت کشت پسته در میبد به علت آبیاری نامناسب در محدوده بیش از ۳۲ دسی‌زیمنس بر متر

- prediction using an EMI-Based soil sensor, *Proximal Soil Sensing*, Springer press, 444p.
- [5]. Csillag, F., Pasztor, L., & Beihl, L. (1993). Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils. *Remote Sensing of Environment*, 43, 231-242.
 - [6]. Du, C., Linker, R., & Shaviv, A. (2008). Identification of agricultural soils using mid-infrared photo acoustic spectroscopy. *Geoderma*, 143, 85-90.
 - [7]. Florinsky, I.V., Eilers, R.G., Manning, G.R., and Fuller, L.G. 2002. Prediction of soil properties by digital terrain modelling. *Environmental Modelling & Software*, 17, 295-311.
 - [8]. Grunwald, S. (2009). Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. *Geoderma*, 152, 195-207.

- [9]. Hengl, T., Huvelink, G.B.M., & Stein, A. (2004). A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma*, 120, 75-93.
- [10]. Malone, B. P., McBratney, A. B., Minasny, B., & Laslett G. M. 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. *Geoderma*, 154: 138-152.
- [11]. McBratney, A.B., Mendonca-Santos, M.L., & Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3-25.
- [12]. Metternicht, G.I., & Zinck, J.A. (2003). Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*, 85, 1-20.
- [13]. Minasny B., & McBratney, A.B. (2006). A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Geology*, 32, 1378-1388.
- [14]. Schap, M.G., Leij, F.J., & Van Genuchten, M.T. (1998). Neural network analysis for hierarchical prediction of soil hydraulic properties. *Journal of Soil science Society of America*, 62, 847-855.
- [15]. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Sarmadian, F., & Malone, P. B. (2014). Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. *Geoderma*, 213, 15-28.
- [16]. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Sarmadian, F., Omid, M., Savaghebi, G.H., Roustaei, M., & Rahimian, M.H. (2013). Mapping of soil salinity using geostatistic and EMI in Ardakan region. *Soil Research Journal*, 26, 369-380.
- [17]. Zhu, A.X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., & Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. *Soil Science Society of American Journal*, 65, 1463-1472.

Spatial distribution of soil salinity using auxiliary variables and hypercube sampling method in Meybod

- 1-R. Taghizadeh-Mehrjardi, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ardakan
rtaghizadeh@ardakan.ac.ir
- 2- A. Ghazali, MSc Student Dedesertification, Faculty of Natural Resources, Ardakan University
- 3- S. Kalantari, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ardakan
- 4- M.H. Rahimian, Research of National Salinity Research Center

Received: 11 Nov 2015

Accepted: 02 Jul 2016

Abstract

Digital mapping is a suitable alternative method to the traditional methods. In this method, soil salinity correlated to the environmental variables and then soil salinity predicts in the other locations. At present research, based on the hypercube method, the locations of 73 soil samples selected and then sampled. Electrical conductivity was measured in the saturation paste of soil samples. Then using artificial neural network (ANN) the relationship between ground point data and environmental variables (terrain attributes and Landsat 8 image data) was calculated and applied to the other parts of area. Sensitivity analysis indicated some environmental variables had more influence on prediction ANN model including normalized difference vegetation index (39.51%), soil-adjusted vegetation index (27.60%) and slope (5.80%), respectively. Moreover, the cross-validation implied high performance of ANN model to predict soil salinity ($R^2=0.57$ and $RMSE=17.40$ dS/m). Our results, overall, showed that remote sensing data and digital elevation model and ANN had acceptable performance to predict soil salinity and hence it is recommended the same methodology in the future.

Keywords: Digital soil mapping; digital elevation mode; Auxiliary data.

تأثیر تلقیح باکتری محرک رشد *Pseudomonas putida* بر تحمل به شوری نهال‌های استبرق (*Calotropis procera* Ait.)

۱- محمد بهمنی، دانش‌آموخته دانش آموخته کارشناسی ارشد اکولوژی، دانشگاه تربیت مدرس و عضو دانشگاه آزاد اسلامی، واحد

علوم و تحقیقات، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران

۲- غلامعلی جلالی، استاد اکولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

jalali_g@modares.ac.ir

۳- احمد اصغرزاده، استادیار بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، تهران

۴- مسعود طبری کوچکسرای، استاد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۲

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تحمل به شوری نهال‌های استبرق با استفاده از تلقیح باکتری *Pseudomonas putida* در شرایط گلخانه انجام گرفت. آزمایش، با شش سطح تیمار آبیاری در سطوح مختلف شوری (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح تیمار تلقیح (شاهد و باکتری) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کامل تصادفی با سه تکرار طراحی شد. نتایج این پژوهش نشان داد در شوری بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر، همه نهال‌های تلقیح نشده با باکتری خشک شدند. این در حالی است که در شرایط تلقیح با باکتری، بیش از نیمی از نهال‌ها در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر و حدود ۳۸ درصد نهال‌ها در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر زنده ماندند. در شرایط نبود شوری، ارتفاع، سطح ریشه، وزن تر و خشک نهال‌های تلقیح شده با باکتری نسبت به نهال‌های تلقیح نشده به ترتیب ۲/۶، ۴۰/۳، ۳۸ و ۳۱/۹ درصد افزایش داشتند. در نهال‌های تلقیح شده با باکتری در اغلب سطوح شوری تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نرخ فتوسنتز و کلروفیل از نظر آماری افزایش و میزان تعرق کاهش یافت؛ اما نشت الکترولیت تفاوتی نشان نداد. همچنین، غلظت نیترژن، پتاسیم، و پتاسیم به سدیم برگ افزایش و غلظت سدیم کاهش یافت. بر اساس نتایج این پژوهش، باکتری محرک رشد سودوموناس عملکرد و بازدهی مطلوبی را برای نهال‌های استبرق رشد یافته تا شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر فراهم کرده است. از این رو، استفاده از این باکتری به عنوان یک رهیافت نوین بیوتکنولوژیک می‌تواند برای تلقیح نهال این گونه جهت احیای اراضی شور و نیز تولید نهال آن در نهالستان‌های با خاک شور پیشنهاد شود.

واژگان کلیدی: استبرق؛ باکتری؛ زنده‌مانی؛ شوری؛ فتوسنتز و نشت الکترولیت.

مقدمه

گیاهان جدای از سیستم حفاظت طبیعی، قادر هستند با همزیستی تعدادی از ریز موجودات خاک، علائم تنش را کاهش دهند. این در حالی است که در سال‌های اخیر، رهیافت‌های جدید کنترل بیولوژیکی^۱ با استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهی^۲ جهت حفظ و نگهداشت گیاهان در برابر تنش محیطی از جمله شوری به شدت توسعه پیدا کرده است [۳۸]. همچنین، نقش باکتری‌ها در فعالیت بیولوژیکی، رشد و نمو و سلامتی گیاهان از مدت‌ها

شوری یک عامل محدودکننده برای رشد و تولید است؛ به طوری که گاهی اوقات رستنی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را از بین می‌برد. در سال‌های اخیر، روند شور شدن خاک‌ها روبه افزایش است و سطح وسیعی از زمین‌های قابل کشت به علت انباشت بیش از حد نمک به صورت غیرقابل کشت درآمده است. اراضی دارای خاک‌های با درجه‌های مختلف شوری مساحتی حدود ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ درصد مساحت کشور) را شامل می‌شوند که بیشتر آن‌ها در فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان قرار دارند [۲۸].

^۱. Bio Control

^۲. Plant Growth Promotion Bacteria

Bacillus arvensis مشخص شد که باکتری‌های *Halomonas desiderata* *pumilus* و *Exiguobacterium oxidotolerans* صفات رشد، وزن تر و خشک اندام هوایی، بازده گیاه و جذب عناصر غذایی را تحت شوری به طور چشمگیری افزایش داده است [۹].

اگرچه نقش مفید ریز موجودات خاکزاد^۱ به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد بر مقاومت به تنش‌های محیطی گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گرفته شد، ولی پژوهشی برای بررسی تحمل به شوری گونه‌های درختی و درختچه‌ای مناطق بیابانی کشور انجام نشده است. از جمله این گونه‌ها می‌توان به استبرق (*Calotropis procera* Ait.) اشاره کرد که درختچه‌ای دائمی و چندساله از تیره استبرقیان (*Asclepiadaceae*) و جزء گیاهان کائوچویی است که ارتفاع آن‌ها به ۳ تا ۴ متر می‌رسد. این گونه در بسیاری از مناطق گرم بیابانی جنوب غربی آسیا و منطقه مدیترانه تا سواحل آفریقا و هم‌چنین در جنوب ایران (خوزستان تا بلوچستان) پراکنش داشته و دارای ارزش اقتصادی و دارویی منحصربه‌فردی است. این گونه نقش اکولوژیک مهمی در مناطق خشک و بیابانی جنوب کشور ایفا می‌کند [۳۲]. هر چند درختچه‌های استبرق در شرایط طبیعی و رویشگاهی خود بذره‌های فراوانی تولید می‌کنند، با این وجود در طبیعت با پراکنش کمی مواجه هستند [۶]. نظر به اهمیت این گونه در احیای دشت‌های بیابانی کشور از جمله در نواحی جنوبی فلات مرکزی مانند خوزستان، کرمان، سیستان و بلوچستان و سواحل جنوبی، این پژوهش با هدف بررسی کارایی و نقش باکتری‌های ریزوسفری *Pseudomonas putida* سویه ۱۶۷ بر تحمل به شوری نهال‌های آن در شرایط گلخانه‌ای انجام شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و آزمایش بذر

گونه‌های تازه استبرق، در مردادماه سال ۱۳۹۰ از رویشگاه‌های طبیعی آن در شهرستان تنگستان، استان بوشهر با عرض جغرافیایی ۳۲۱۳۲۰۶ m N و طول جغرافیایی ۵۲۳۷۰۳ m E سیستم UTM^۲ و ارتفاع ۵۸

پیش مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. باکتری‌های محرک گیاه، اغلب باکتری‌های خاکزی هستند که به طور مستقیم و غیرمستقیم رشد گیاهان را آسان‌سازی می‌کنند به طوری که پژوهشگران مختلف استفاده از باکتری‌های سودوموناس، آزتوباکتر و آزوسپیریلوم را با توجه به توانایی تولید هورمون‌ها و مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن و مبارزه با پاتوژن‌های گیاهی و غیره توصیه کرده‌اند [۲۴]. سودوموناس‌ها به گروه بزرگی از باکتری‌های گرم منفی تعلق دارند که به فراوانی در محیط‌های آبی و خاکی یافت می‌شوند. از نظر مورفولوژی، این میکروارگانیسم‌ها بدون اسپور، میله‌ای خمیده و یا صاف، متحرک با یک یا چند فلاژل قطبی هستند. باکتری‌های جنس سودوموناس، کاتالاز مثبت بوده و نیازی به مولفه‌های رشد آلی ندارند و قادر هستند به راحتی در محیط کشت‌های پایه King B رشد کنند [۳۵].

از این‌رو، به برخی بررسی‌هایی که به نقش و کارایی باکتری‌ها بر رشد و فیزیولوژی نهال‌ها و گیاهان در شرایط شوری صورت گرفته است، پرداخته می‌شود. باکتری *Achromobacter piechaudii* دارای فعالیت ACC دامیناز، به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک و از طرف دیگر بازده مصرف آب نهال‌های گوجه‌فرنگی تحت شرایط شور را افزایش می‌دهد [۲۷]. در پژوهشی مرتبط با رشد نهال‌های کتان (*Gossypium hirsutum* L.) تلقیح شده با باکتری *Pseudomonas putida* سویه RS-198 در برابر تنش شوری مشخص شد که این باکتری می‌تواند باعث افزایش جذب عناصر منیزیم، پتاسیم و کلسیم و کاهش جذب سدیم از خاک شده و در نتیجه افزایش رشد نهال‌ها شود [۳۷]. در پژوهشی دیگر، باکتری‌های *Azospirillum brasilense* و *Pantoea dispersa* در شرایط شوری، باعث افزایش وزن خشک گیاه و همچنین بهبود نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نهال‌های فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L) شدند [۱۲]. در بررسی مرتبط با تلقیح باکتری‌های *Bacillus EY30*، *Staphylococcus EY37* و *Kocuria EY43* اثر زیان بار شوری بر کاهش شدید رشد، عملکرد و تغذیه نهال‌های توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) گزارش شده است [۲۳]. همچنین در پژوهشی بر روی وضعیت فیزیولوژی گیاه *Mentha*

^۱. Soil - Burn

^۲. Universal Transverse Mercator

بود که در بخش بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کشور شناسایی، تخلیص و تکثیر شد. جمعیت کل باکتری به روش شمارش پلیت^۳، سیدروفور تولیدی با استفاده از CAS-AGAR بر اساس روش اصلاح شده الکساندر و زوبرر [۲] و مقدار تولید ایندول استیک اسید نیز با استفاده از محیط^۴ DF^۴ اندازه‌گیری و به وسیله منحنی استاندارد محاسبه شد [۳۱]. بر اساس دستور کار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، جهت تلقیح بذور با ریزموجودات، ماده چسباننده و محافظ (صمغ عربی ۲۰٪) به گیاهچه‌ها اضافه شد. سپس در ظرف حاوی محلول باکتریایی قرار داده شد و نیم ساعت بعد از تلقیح، تعداد ۱۰ عدد گیاهچه در عمق ۰/۵ تا ۱ سانتیمتری بستر کشت قرار گرفت. همچنین در بستر کشت گلدان‌ها، در اطراف گیاهچه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر مایه تلقیح باکتریایی نیز اسپری شد [۲۴].

آزمایش گلخانه‌ای

آبیاری گیاهچه‌ها به مدت شش ماه در شرایط گلخانه با در نظر گرفتن ظرفیت زراعی وزنی خاک^۵ انجام شد. برای حفظ ظرفیت زراعی، گیاهچه‌ها با فاصله آبیاری سه روز به وزن مرجع ۴۲۴۲ گرم رسانده می‌شدند [۳۳]. پس از آن نهال‌های استبرق به مدت پنج ماه (از اردیبهشت تا شهریورماه ۹۲) با آب شور محتوی نمک کلرید سدیم مرک آلمان، خلوص ۹۹٪ در شش سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر) تحت تأثیر تنش واقع شدند. برای جلوگیری از وارد شدن تنش ناگهانی به نهال‌ها، آبیاری به تدریج در شش نوبت به فاصله زمانی سه روز با شوری ۲/۵ دسی زیمنس بر متر شروع و تا ۱۸ روز پس از آن، تمام سطوح شوری تا ۲۵ دسی زیمنس بر متر اعمال شد. همچنین با سوراخ کردن ته گلدان، از انباشت نمک جلوگیری شد [۳]. به منظور تقویت تغذیه‌ای نهال‌ها در طول مدت تنش، هفته‌ای دو بار نهال‌ها با محلول غذایی هوگلد به مقداری که خروج آب از انتهای گلدان مشاهده گردد، آبیاری شد [۳۴]. این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی پیشرفته دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس با

متر از سطح دریا جمع‌آوری شد. سپس بذره‌های هم‌سان و یکنواخت انتخاب و به منظور ضدعفونی سطحی، به مدت دو دقیقه در محلول قارچ‌کش کربوکسین تیرام ۲ درصد قرار گرفت. به منظور تلقیح باکتری، تعداد کافی بذره‌های هم‌سان، یکنواخت و استریل روی پتری دیش ریخته و در شرایط فیتوترون با متوسط دمای ۲۰°C و رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و ۱۰۰۰ لوکس نوری نگهداری شدند تا این‌که بذرها جوانه زده و پس از یک هفته به گیاهچه تبدیل شوند [۴].

مشخصات خاک

جهت تهیه خاک گلدان سعی شد خاکی که حد امکان شبیه به خاک رویشگاه استبرق باشد، تهیه شود. به این منظور، خاکی با بافت سبک لومی و با ماده آلی ناچیز تهیه و جهت سبک شدن و استریل اولیه به ترتیب کوکوپیت و قارچ‌کش کاربندازین اضافه و به طور کامل مخلوط شد. سپس جهت استریل کامل، خاک‌ها در دمای ۱۲۱/۵°C و فشار ۱/۵ مگاپاسکال اتوکلاو شد و درون گلدان‌های استریل شده ۴ کیلویی (۱۵×۱۵×۲۰ cm) قرار گرفت (جدول ۱). مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک نیز تعیین و اندازه‌گیری شد [۱۳].

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک استفاده

شده در این آزمایش					
هدایت الکتریکی ($\mu\text{S}/\text{m}$)	pH (گل اشباع)	شن (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	کربن آلی (٪)
۰/۳۲۸	۷/۷۱	۵۰	۲۰	۳۰	۱/۳۲
نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)
۱/۱۳	۰/۲	۹	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۰۸

مشخصات و تلقیح باکتری

جمعیت باکتری *Pseudomonas putida* strain 169 برابر با $۳/۶ \times ۱۰^۹$ سلول زنده در میلی‌لیتر (CFU^1)، سیدروفور تولیدی ۲۴ ساعته $۳/۶$ میلی‌لیتر و مقدار تولید ایندول استیک اسید^۲ IAA برابر با $۵/۷۷$ میلی‌گرم بر لیتر

³. Plate Count

⁴. DF Salt minimal Medium

⁵. Weighted field capacity

¹. Colony Forming Unit

². Indol Acetic Acid

انجام شد و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون توکی در سطح آماری ۱٪ انجام شد. به علت خشک شدن و از بین رفتن نهال‌های شاهد در سطوح بالاتر شوری (۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر)، همه اندازه‌گیری‌ها و تحلیل‌های آماری نهال‌های شاهد تا سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر انجام شد.

نتایج

رشد و مورفولوژی

تلقیح باکتری، تنش شوری و اثرات متقابل آن تأثیر معنی‌داری بر زنده‌مانی و ارتفاع نهال‌های استبرق داشت (جدول ۲). نهال‌های تلقیح شده استبرق زنده‌مانی قابل توجهی را تا شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر نشان دادند. بیشترین درصد زنده‌مانی در شرایط بدون تنش شوری و سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر نهال‌های شاهد و تلقیح یافته دیده شد. با افزایش سطح و میزان شوری، درصد زنده‌مانی نهال‌های استبرق کاهش یافت. درحالی‌که نهال‌های شاهد و یا بدون تلقیح در سطوح بالاتر شوری ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر از بین رفتند. نهال‌های آلوده به باکتری تا سطوح ۲۵ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۳۷/۵ درصد و نهال‌های شاهد تا شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۱۹ درصد زنده‌مانی نشان دادند (شکل ۱ الف). در نهال‌های شاهد، بیشترین میزان ارتفاع در شرایط بدون تنش با مقدار ۳۲ سانتیمتر دیده شد. با افزایش سطوح شوری، به میزان چشمگیری ارتفاع نهال‌های شاهد کاهش یافت که کم‌ترین آن در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۱۸/۶۶ سانتیمتر دیده شد. نهال‌های تلقیح شده استبرق تا شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بزرگ‌ترین اندازه ارتفاع را نشان دادند. در شرایط بدون تنش، و تنش‌های ۵ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر ارتفاع نهال‌ها به ترتیب ۳۲/۸، ۳۲/۷ و ۳۱ سانتیمتر بود. در کل، تلقیح باکتریایی نهال‌ها در سطوح مختلف شوری، منجر به افزایش ارتفاع در مقایسه با نهال‌های بدون تلقیح شد (شکل ۱ ب).

شرایط کمینه و بیشینه دما شب و روز به ترتیب؛ ۱۸ °C، ۳۰ و رطوبت نسبی به ترتیب ۳۲ و ۵۰ درصد انجام شد.

تجزیه گیاه

با پایان یافتن دوره تنش شوری در شهریورماه سال ۱۳۹۲، اندازه‌گیری و سنجش برخی صفات مورفولوژی و فیزیولوژی نهال‌های استبرق شد. زنده‌مانی نهال‌ها، یعنی نسبت تعداد نهال‌های باقی‌مانده در انتهای دوره به تعداد نهال‌های ابتدای دوره در هر تیمار به‌صورت درصد، محاسبه شد. ارتفاع نهال‌ها و طول ریشه با استفاده از خط کش مدرج با دقت میلی‌متر سنجیده شد. همچنین سطح ریشه نهال‌ها با استفاده از رابطه اتکینسیون برآورد شد [۱۰]. وزن تر و خشک نهال‌های استبرق با محاسبه مجموع وزن ریشه و ساقه گیاه بدست آمد. قرائت محتوی کلروفیل برگ استبرق با استفاده از دستگاه Model SPAD 502 Minolta, از برگ‌های قسمت یک‌پنجم بالایی نهال صورت گرفت [۲۶]. نرخ فتوسنتز خالص^۱ (A_i) و تعرق^۲ (ET) هر نهال، با دستگاه ADC Bio Scientific Ltd. مجهز به سامانه تجزیه‌کننده گاز فروسرخ و محفظه برگی تجهیز به حس‌گرهای دما و تراکم جریان فوتونی ۸۰۰ تا ۹۰۰ میکرو مول متر بر ثانیه با انتخاب سه برگ سالم و به طور کامل توسعه‌یافته نهال در شرایط هوای آزاد و تحت شرایط طبیعی از ساعت ۹ تا ۱۱ قبل از ظهر یادداشت شد [۳۶]. همچنین، به‌منظور تعیین پایداری غشاء سلولی برگ در نهال‌های تحت تنش، میزان نشت الکتروولیت^۳ (EL) به روش لاتس^۴ با استفاده از EC متر، دستگاه اتوکلاو و بن ماری یا حمام آب اندازه‌گیری شد. غلظت عنصر سدیم و پتاسیم با رسم خط استاندارد با استفاده از دستگاه جذب اتمی و غلظت نیتروژن نیز با دستگاه کج‌دال اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

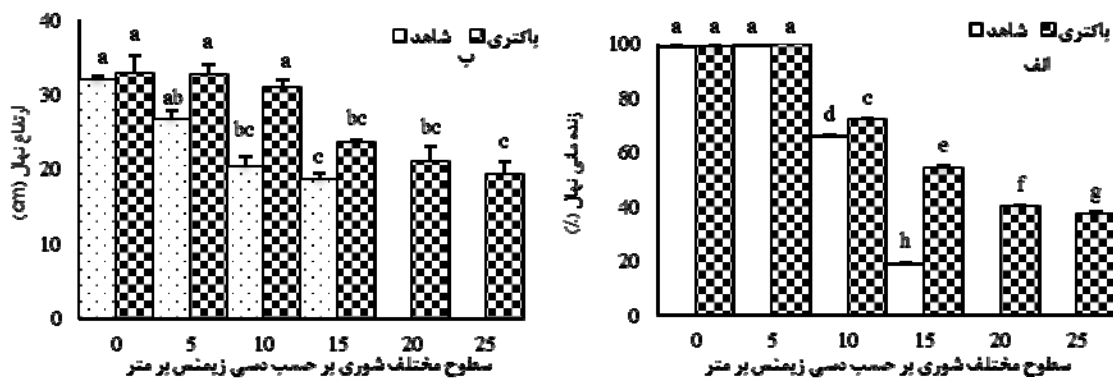
طرح آزمایشی این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی، با مجموع ۱۰۸ اصله نهال

1. Pure Photosynthesis

2. Evapor-Transpiration

3. Electrolyte Leakage

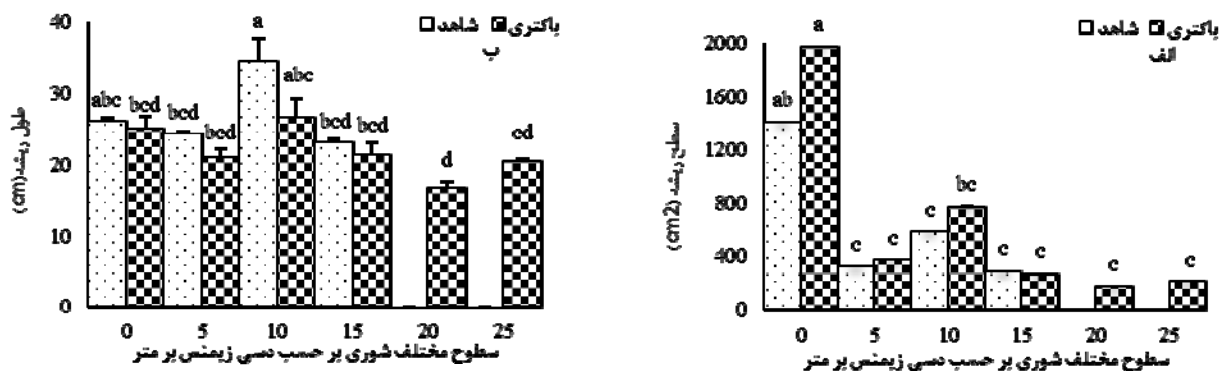
4. Letts



شکل ۱- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر زنده‌مانی (الف) و ارتفاع (ب) نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

طول ریشه نهال‌های استبرق در شرایط شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر بدون باکتری، بیشترین مقدار (۳۴/۵ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد. افزایش سطوح شوری منجر به کاهش و خشکیدگی کامل نهال‌های شاهد یا بدون تلقیح شد. به عبارتی، در سطوح شوری ۲۰ و ۲۵ دسی زیمنس بر متر نهال‌ها به طور کامل خشک‌شده و اندازه‌گیری طول ریشه امکان‌پذیر نبود. هرچند، نهال‌های تلقیح یافته باکتری تا سطوح شوری ۲۵ دسی زیمنس بر متر خشک نشده و طول ریشه نیز قابل اندازه‌گیری بود. در نهال‌های باکتریایی، بیشترین طول ریشه در شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۲۶/۷ سانتیمتر دیده شد که نسبت به نهال‌های شاهد در همان سطح شوری کمتر بود. در کل، با افزایش غلظت کلرید سدیم، از طول ریشه نهال‌ها کاسته شد (شکل ۲ ب).

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، طول و سطح ریشه نهال‌های استبرق پاسخ معنی‌داری را در سطح آماری ۱ درصد به تلقیح باکتری و تنش شوری نشان می‌دهد. در حالی که طول ریشه در سطح ۱ درصد به اثرات متقابل تلقیح و شوری پاسخ معنی‌داری نشان داد، ولی سطح ریشه پاسخ معنی‌داری را به اثرات متقابل نشان نداد. در شرایط بدون تلقیح، نهال‌های بدون تنش بیشترین سطح ریشه به مقدار ۱۴۰۲/۵ سانتیمتر مربع دیده شد. با افزایش سطوح شوری، روند کاهش سطح ریشه تا شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر شد. در نهال‌های تلقیح شده با باکتری نیز بیشترین سطح ریشه نهال به مقدار ۱۹۶۸/۵ سانتیمتر مربع در شرایط بدون تنش دیده شد. بنابراین، نهال‌های تلقیح شده در مقایسه با عدم تلقیح یا شاهد در تمام سطوح شوری، مقدار بالایی از سطح ریشه را نشان دادند، این در حالی است که با افزایش غلظت شوری، مقدار سطح ریشه به شدت کاهش یافت (شکل ۲ الف).



شکل ۲- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر سطح (الف) و طول (ب) ریشه نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

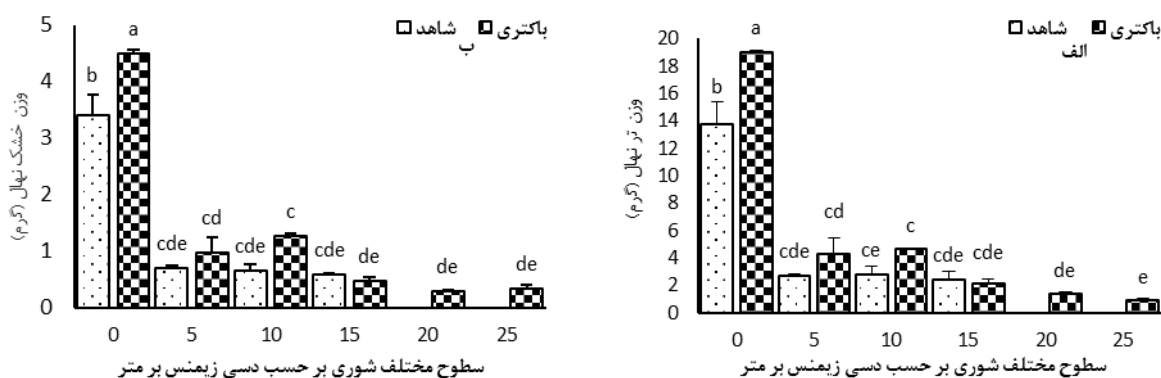
شوری به ترتیب ۱۹/۰۴ و ۴/۴۹ گرم به دست آمد، به طوری که با افزایش میزان شوری، مقدار متغیرهای وزن تر و خشک به صورت نزولی، کاهش یافت (شکل ۳).

وزن تر و خشک نهال‌های استبرق در تیمارهای باکتری، شوری و اثر متقابل آن، پاسخ معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد نشان دادند (جدول ۲). بیشترین وزن تر و خشک نهال‌ها در تیمار تلقیح باکتری در شرایط بدون

جدول ۲- میانگین مربع اثر تلقیح باکتری بر رشد و مورفولوژی نهال‌های استبرق تحت شرایط تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	زنده مانی	ارتفاع	طول ریشه	سطح ریشه	وزن تر نهال	وزن خشک نهال
باکتری	۱	۳۴۸۱/۰۱**	۹۸۷**	۱۳۸/۰۸**	۳۳۷۸۰۹/۷**	۲۸/۴۴**	۱/۵۳**
شوری	۵	۸۴۷۵/۱۵**	۵۵۷/۲۴**	۴۶۱/۹۶**	۲۱۹۹۲۸۲/۷**	۲۱۵/۳۷**	۱۲/۳۶**
باکتری×شوری	۵	۵۷۳/۵**	۹۹/۶۷**	۲۰۴/۷**	۶۱۸۹۱/۸۲ ^{NS}	۵/۱۶**	۰/۲۴**
خطا	۲۴	۳/۶۱۱	۶/۱۶۷	۹/۸۳۹	۴۷۷۵۷/۹۶	۱/۲۰	۰/۰۵۹
کل	۳۶						
ضریب تغییرات (/)	-	۶۴/۸۹۱۱	۳۴/۵۷۳۶	۲۱/۴۰۱۶	۹۵/۹۲۴۴	۲۷/۴۵	۲۴/۸۱

*** و ** و * به ترتیب معرف معنی‌داری در سطح آماری ۰/۱، ۰/۵ و ۱٪ و عدم معنی‌داری است.

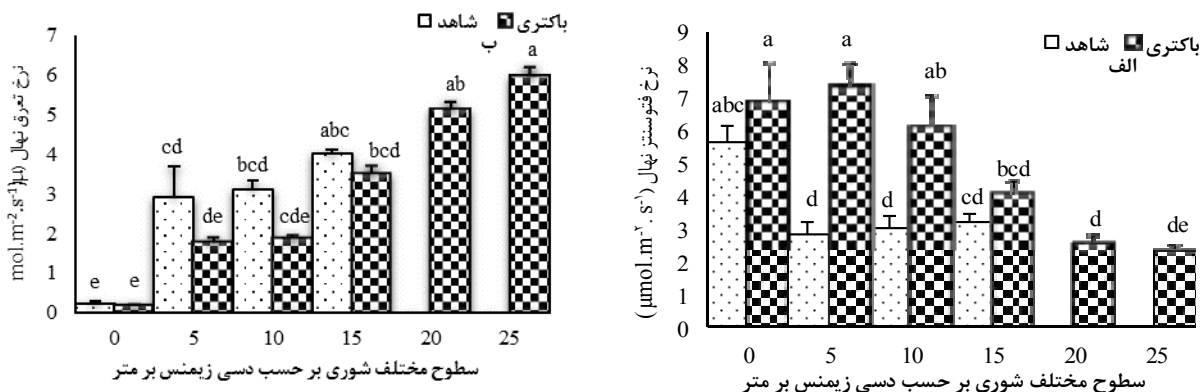


شکل ۳- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر الف) وزن تر، و ب) وزن خشک سطح نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

فیزیولوژی

تجزیه واریانس نتایج نشان داد که نرخ فتوسنتز و تعرق نهال‌های استبرق پاسخ معنی‌داری را در سطح آماری ۱ درصد به تیمارهای تلقیح، شوری و اثرات متقابل آن دارند (جدول ۳). در شرایط شوری نهال‌های شاهد، نرخ فتوسنتز خالص در سطح بدون شوری بالاترین مقدار (۵/۶۶ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) را نشان داد، به طوری که شوری با افزایش غلظت، تأثیر زیادی بر نرخ فتوسنتز داشت. این تأثیر بیشتر به صورت کاهش بود. تلقیح نهال‌ها در شرایط شوری منجر به بهبود و افزایش نرخ فتوسنتز خالص شد، به طوری که بالاترین نرخ را در سطح بدون شوری و ۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۶/۹۶ و ۷/۴۶ میکرومول بر مترمربع در ثانیه دیده شد. بنابراین، تلقیح با باکتری، نرخ فتوسنتز خالص را در مقایسه با نهال‌های عدم

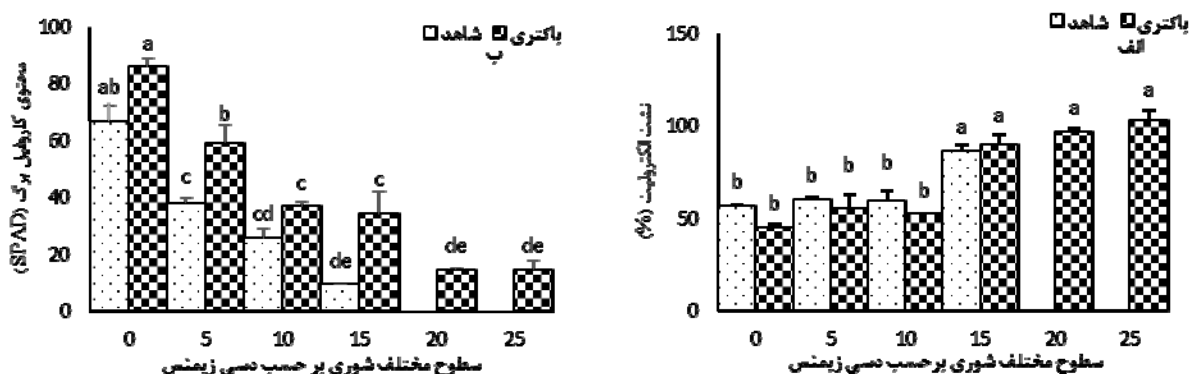
تلقیح ۲۷/۴ درصد افزایش داد. همچنین در تمام سطوح، شوری منجر به افزایش چشمگیر نرخ فتوسنتز نسبت به تیمار بدون تلقیح شد (شکل ۴ الف). نرخ تعرق در تیمار نهال‌های تلقیح نشده در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۴ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بیشترین را نشان داد. به طوری که نهال‌ها تا این حد شوری قابلیت فیزیولوژیکی تعرق را دارا بودند. با تلقیح نهال‌ها، وضعیت نرخ تعرقی برگ بهبود پیدا کرده و در قیاس با نهال‌های شاهد افزایش چشمگیری دیده شد، به طوری که بالاترین نرخ تعرق در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر با مقدار ۵/۹۶ میکرومول بر مترمربع و ثانیه ثبت شد (شکل ۴ ب).



شکل ۴- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر نرخ فتوسنتز و تعرق نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

شاهد و تلقیح شده باهم تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان ندادند (شکل ۵ الف). بیشترین میزان کلروفیل برگ در نهال‌های تلقیح شده باکتری تحت شرایط بدون تنش دیده شد. با افزایش سطح شوری در نهال‌های شاهد، کلروفیل برگ به شدت کاهش یافت. با تلقیح نهال‌ها، محتوی کلروفیلی برگ در مقایسه با نهال‌های تلقیح نشده در تمام سطوح شوری افزایش چشمگیری را نشان داد که بیشترین مقدار آن ۸۵ در نهال‌های بدون تنش یا شاهد رویت شد. بنابراین تیمارهای تلقیح شده با باکتری نسبت به تلقیح نشده در شرایط نبود شوری، محتوی کلروفیل برگ نهال‌های استبرق را ۲۸/۷ درصد افزایش داد (شکل ۵ ب).

تلقیح و تنش شوری روی نهال‌ها، تأثیر معنی‌داری را در سطح آماری ۱ درصد بر محتوی کلروفیل و نشت الکترولیت برگ نشان داد، به طوری که اثر متقابل تیمارها بر محتوی کلروفیل نهال‌ها معنی‌دار نشد؛ درحالی‌که در نشت الکترولیت در سطح ۱ درصد معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). نشت الکترولیت در تمام نهال‌های استبرق با افزایش شوری روند افزایشی نشان داد. در نهال‌های شاهد میزان نشت الکترولیت در شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۹۶/۹ درصد بیشترین بود که در مقایسه با نهال‌های تلقیح شده در همان سطح شوری ۴۱ درصد افزایش نشان داد. استفاده از تیمار تلقیح در مقایسه با تیمار بدون تلقیح، نشت الکترولیت را در تمام سطح شوری کاهش داد. درحالی‌که در سطوح مختلف شوری، تیمارهای



شکل ۵- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر الف) نشت الکترولیت و ب) محتوی کلروفیل نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

جدول ۳- میانگین مربعات اثر تلقیح باکتری بر فیزیولوژی نهال‌های استبرق تحت شرایط تنش شوری

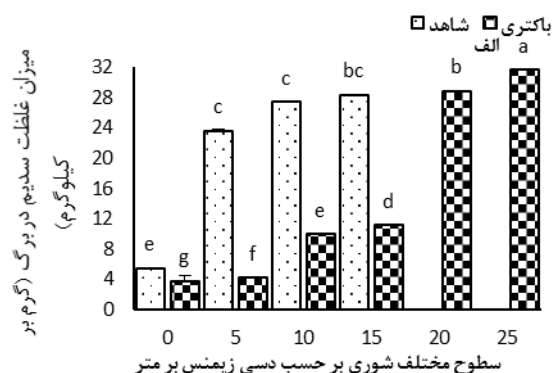
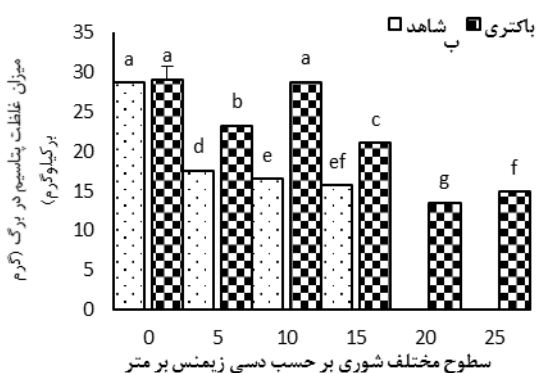
منابع تغییر	درجه آزادی	فتوسنتز	تعرق	کلروفیل	نشت الکترولیت
باکتری	۱	۵۸/۰۱**	۱۶/۸۳**	۲۷۶۸/۵۱**	۹۶۸۵/۸۴**
شوری	۵	۲۵/۷۶**	۱۰/۱۶**	۴۲۸۷/۴۴**	۱۳۵۲/۱۳**
باکتری × شوری	۵	۲/۷۰**	۱۴/۴۳**	۳۸/۰۳ ^{ns}	۴۱۰۰/۷۶**
خطا	۲۴	۰/۷۹۵	۰/۵۶۴	۴۳/۴۷	۴۱/۰۷
کل	۳۶				
ضریب تغییرات (%)		۳۱/۶	۴۲/۷۴	۴۱/۱۲	۲۸/۰۰

**، * و ^{ns} به ترتیب معرف معنی‌داری در سطح آماری ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری است.

عناصر تغذیه‌ای

بر متر با میزان ۲۸/۳ دیده شد که همواره در تمامی سطوح شوری در مقایسه با نهال‌های تلقیح شده با باکتری بیشتر بودند (شکل ۶ الف). غلظت پتاسیم در نهال‌های باکتری و شاهد در شرایط نبود شوری با مقدار ۲۹ و ۲۸/۷ بیشترین بود که افزایش شوری به صورت کاهش موجب کاهش پتاسیم شد (شکل ۶ ب).

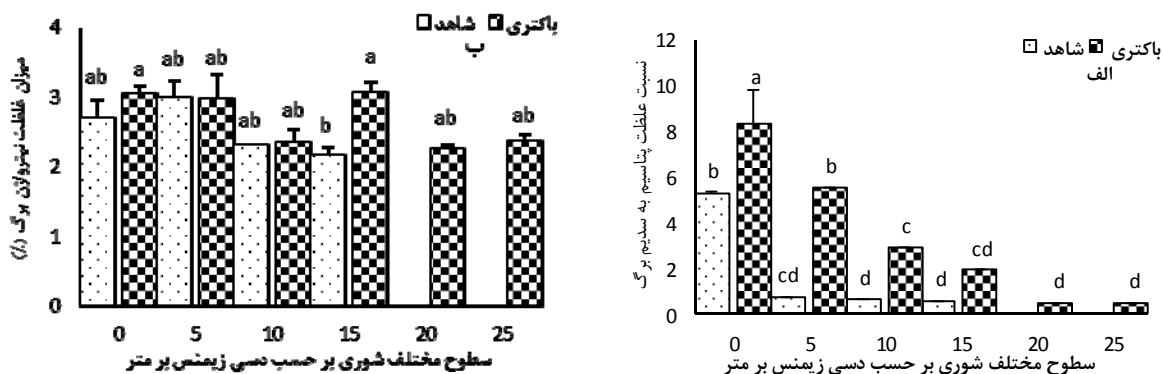
تیمارهای باکتری، شوری و اثر متقابل آن بر میزان جذب غلظت سدیم و پتاسیم برگ اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد (جدول ۴). در نهال‌های تلقیح شده با باکتری، غلظت سدیم در شوری ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر مقدار (۳۱/۴) بیشترین بود، به طوری که با افزایش سطح شوری به میزان سدیم برگ افزوده شد. در نهال‌های تلقیح نشده، بیشترین غلظت سدیم در شوری ۱۵ دسی‌زیمنس



شکل ۶- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر الف) غلظت سدیم و ب) غلظت پتاسیم نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

نسبت آن کاسته شد. (شکل ۷ الف). بیشترین غلظت نیتروژن در نهال‌های تیمار شده با باکتری تحت شوری ۵ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب مقادیر ۳/۰۵ و ۳/۰۸ درصد دیده شد. در حالی که سایر تیمارها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ۷ ب).

تلقیح باکتری، شوری و اثر متقابل بر نسبت پتاسیم به سدیم و نیتروژن برگ در سطح آماری ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). نسبت غلظت پتاسیم به سدیم در نهال‌های تلقیح شده با باکتری در سطح بدون شوری با میزان ۸/۳۲ بیشترین بود که با افزایش شوری، از



شکل ۷- مقایسه میانگین توکی تأثیر تلقیح باکتری بر الف) غلظت پتاسیم به سدیم و ب) غلظت نیتروژن برگ نهال‌های استبرق تحت تنش شوری (حروف مختلف روی هر نمودار معرف معنی‌داری میانگین‌ها در سطوح مختلف هستند).

جدول ۴- میانگین مربعات اثر تلقیح باکتری بر غلظت عناصر تغذیه‌ای نهال‌های استبرق تحت شرایط تنش شوری

منابع تغییر	درجه‌آزادی	سدیم	پتاسیم	پتاسیم به سدیم	نیتروژن
باکتری	۱	۵/۳۹۸**	۶۷۶/۴۳**	۳۸/۲۵**	۸/۷۹۶**
شوری	۵	۱۷۴/۲۸**	۴۵۶/۶**	۳۷/۰۵**	۴/۱۳۷**
باکتری*شوری	۵	۸۴۱/۹۲**	۴۸/۸۴**	۴/۱۷**	۱/۷۵۴**
خطا	۲۴	۰/۱۲۶	۰/۱۱۱	۰/۵۵۶	۰/۰۸۴
کل	۳۶				
ضریب‌تغییرات (/)		۴۲/۰۳	۴۱/۸	۴۱/۹۱	۲۴/۹۲

ns و * و ** به ترتیب معرف معنی‌داری در سطح آماری ۱٪، ۵٪ و عدم معنی‌داری است

بحث و نتیجه‌گیری

کاهش رویش گیاه را در طول دوره تنش شوری به اثر اسمزی و یونی مرتبط دانسته‌اند که منجر به ایجاد خشکی در گیاه می‌گردد.

پژوهشگران در بررسی تنش شوری، پاسخ گیاهان از جمله طول ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، نسبت ریشه به ساقه و فیزیولوژی آن را تحت تاثیر نمک دانسته‌اند. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که در این پژوهش، تلقیح نهال‌های استبرق با باکتری سودوموناس منجر به آسان‌سازی و کاهش اثر منفی و سمیت شوری شده و رویش و عملکرد گیاه را به‌طور چشمگیر در سطوح مختلف در مقایسه با تیمارهای بدون تلقیح بهبود می‌بخشد. نهال‌های تلقیح شده با باکتری نسبت به عدم تلقیح، زنده‌مانی و سایر صفات رویشی و هم‌چنین فیزیولوژی استبرق را تا شوری سطوح بالا (به عبارتی ۲۵ ds/m) ارتقاء داد. این مقادیر با افزایش سطوح غلظت شوری، روند کاهشی را نشان داد که این یافته با نتایج پژوهش بر نهال کتان (*Gossypium hirsutum* L.)، نهال‌های فلفل

این تحقیق نشان داد که اعمال تنش شوری منجر به کاهش برخی متغیرهای اندازه‌گیری شده نهال‌های استبرق از جمله زنده‌مانی، ارتفاع، سطح و طول ریشه، محتوی کلروفیل و پتانسیل آبی، نرخ تعرق و فتوسنتز می‌شود، در حالی که در صفات نشت الکترولیت، نرخ تعرق و غلظت سدیم با شدت یافتن شوری، مقدار صفات مذکور افزایش یافت. بیشتر پژوهشگران، شوری را جزء مولفه‌های مهم محیطی کاهنده رشد و بازدهی گیاهان برشمرده‌اند. با افزایش شدت شوری، بیشتر صفات اندازه‌گیری شده کاهش یافته و حتی در سطوح بالاتر شوری - به عبارتی، ۲۰ و ۲۵ دسی‌زیمنس بر- متر نهال‌ها خشک‌شده و از بین رفتند. بنابراین، تنش شوری از طریق اثر اسمزی که بر طیف وسیعی از فعالیت‌های متابولیکی دارد، باعث تحمیل کمبود آب و کاهش عملکرد گیاه می‌شود [۱۹]. Ibrahim و همکاران [۲۲]، روی گونه استبرق و هم‌چنین ابطحی [۱] روی نهال‌های پسته به نتایج مشابه این پژوهش دست یافتند در این پژوهش،

Capsicum annuum L) و نهال‌های توت‌فرنگی مطابقت دارد [۳۷، ۱۲ و ۲۳].

گونه‌های سودوموناس یکی از تحریک‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که بر رشد، شکل‌گیری ریشه‌های اصلی و مویی گونه‌های جنگلی کارآمدند. در صورتی که اکسین باکتریایی (برون‌زاد) بتواند مقدار اکسین گیاهی (درون‌زاد) را به سطح بهینه برساند، قادر به افزایش طول ریشه گیاه میزبان خواهد بود [۱۸]. همچنین تأثیر اکسین باکتریایی بر گیاه میزبان، بسته به مقدار IAA درون بافت‌های ریشه دارد. پژوهشگران مختلف به اختصاصی بودن تأثیر مفید باکتری‌ها بر وارپته و زیرگونه‌های برخی گونه‌های گیاهی تأکید کرده‌اند. افزون بر توانایی باکتری در تولید اکسین، متابولیک‌های دیگر میکروبی، غیر از IAA از قبیل اسید سوکسینیک و آنزیم ACC دآمیناز در تحریک رشد ریشه مؤثرند [۱۸].

عنصر سدیم نیز نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی به‌ویژه در گیاهان شورپسند از جمله درختچه‌های استبرق دارد. در بیشتر بررسی‌های فیزیولوژیکی، کاهش رشد گیاهان تحت شوری به کاهش فتوسنتز ارتباط داده شده است [۱۷]. فرآیندهای فتوسنتزی در شرایط شوری، بیشتر از طریق عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای جلوگیری می‌شوند [۲۹]. اثر نمک کلرید سدیم بر فرآیند فتوسنتز می‌تواند به‌طور مستقیم از طریق کاهش جذب و انتشار دی‌اکسیدکربن از روزنه تا سلول‌های مزوفیل باشد [۱۶]. تأثیر باکتری بر عملکرد به نوع باکتری، شرایط تغذیه‌ای خاک و نوع گونه گیاهی بستگی دارد که تفاوت در عملکرد سویه به اختلاف در پتانسیل متابولیکی آن بر می‌گردد. سویه‌های باکتریایی توانایی متفاوتی در تولید تنظیم‌کننده‌های رشد، آنزیم ACC دآمیناز و حلالیت عناصر معدنی خاک دارند، بنابراین تأثیر آن‌ها بر عملکرد گیاه نیز متفاوت است.

کاهش در محتوی کلروفیل تحت تنش به‌طور معمول در بررسی‌های زیادی دیده شده است که می‌تواند علت‌های مختلفی داشته باشد که یکی از آن‌ها با تخریب غشایی مرتبط است [۵]. عامل دیگر آن کاهش محسوس محتوی کلروفیل در غلظت‌های شوری بالا است که احتمالاً به فرآیند بیولوژیکی، توسعه گیاه و همچنین نوع و

غلظت نمک برمی‌گردد [۳]. الگوی معمول پاسخ گیاهان به شوری، کاهش رشد است که بستگی به غلظت، ترکیب، مرحله رشد فیزیولوژیکی و گونه گیاهی دارد. در مقادیر پایین شوری، تأثیر اسمزی شوری بر سمیت یونی غالب می‌شود، بنابراین آسیب بر فتوسنتز گیاه نسبت به تعرق آن کمتر است [۲۱]. به طوری که در شوری بالاتر، تنش حاصل از سمیت یون‌های محلول شوری در مقایسه با تنش اسمزی بیشتر می‌شود و در نتیجه موجب افزایش شدید تنفس و کاهش نرخ فتوسنتز و حتی خشک شدن گیاه می‌گردد.

در این پژوهش، با افزایش شوری به میزان نشت الکترولیت نهال‌های استبرق افزوده شد. نشت الکترولیت بافت گیاهی به‌عنوان روشی مناسب در ارزیابی تراوایی غشا در ارتباط با تنش‌های محیطی از جمله شوری است که در اثر تنش، فعالیت غشاء مختل و الکترولیت‌های داخل سلول به خارج آن نشت می‌کنند [۱۴]. واکنش گیاهان و نهال‌ها به تنش‌ها از جمله شوری به ارزش فیزیولوژیکی گیاه به‌خصوص نشت الکترولیت متکی است. در این پژوهش نشت الکترولیت در نهال‌های تلقیح شده باکتری کمترین مقدار بود که نشان‌دهنده پایداری غشا، مقاومت به تنش گیاه و همچنین کنترل جامعه میکروبی ریشه است [۷ و ۸]. این در حالی است که [۳۰] در پژوهشی کاهش نشت الکترولیت در گیاه شبدر (*Trifolium repens*) تلقیح شده با سویه‌های باکتری تحت تنش را گزارش شده است. در کل، تلقیح باکتری مورد بررسی در این پژوهش موجب کاهش صدمه و خسارت به غشای سلولی در نهال‌های استبرق تحت تنش شد. گونه‌های باکتری سودوموناس یکی از تحریک‌کننده‌های رشد گیاهی است که بر تحریک جوانه‌زنی بذر، سرعت و افزایش رشد، شکل‌گیری ریشه و ریشه‌های مویی و کنترل پاتوژن در برخی گونه‌های جنگلی کارآمد است. در این پژوهش، افزایش جذب نیتروژن در نهال‌های تلقیح شده با باکتری تحت شوری دیده شد که با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت دارد [۲۰].

تأثیر باکتری بر کاهش تنش شوری گیاهان به‌واسطه نقشی است که در کاهش اتیلن دارند [۲۷]. امروزه، پژوهشگران، ساخت باکتریایی هورمون گیاهی IAA و

داده و خشک شدند. همچنین نهال‌های تلقیح شده با باکتری سودوموناس به‌طور چشمگیری در بهبود فیزیولوژی و وضعیت تغذیه‌ای نهال‌ها تا شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر موثر بوده‌اند. بنابراین، با توجه به کارایی و نقش موثر تلقیح باکتری محرک رشد در این پژوهش، می‌توان این رهیافت را به عنوان بیوتکنولوژی مقرون‌به‌صرفه و دوستدار محیط زیست در طرح‌های تحقیقاتی و اجرایی تولید نهال و جنگل‌کاری با درختچه بیابانی استبرق در عرصه‌های شور مناطق جنوبی کشور معرفی و مورد پژوهش بیشتری قرار داد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان، از همکاری کارشناسان محترم آزمایشگاه‌ها و گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، بخش تخصصی بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، مرکز رشد نوآوری و آینده‌پژوهی نیروی دریایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان بوشهر و تمامی کسانی که به نحوی در پیشبرد این طرح ملی مشارکت داشتند، تشکر می‌کنند.

References

- [1]. Abtahi, A.S. (1380). Two varieties of pistachio seedlings response to the amount and type of soil in the greenhouse. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 5 (1), 93-100 (in Persian).
- [2]. Alexander, D.B., and Zuberer, D.A. 1991. Use and Production by rhizosphere bacteria, Biology chrome azurol S reagents to evaluate siderophore. *Fertility of Soil*, 12, 39-45
- [3]. Al-Sobhi, O.A., Al-Zahrani, H.S., & Al-Ahmadi, S.B. (2006). Effect of Salinity on Chlorophyll and Carbohydrate Contents of *Calotropis procera* Seedlings. *Scientific Journal of King Faisal University*, 7(1), 105-115.
- [4]. AOSA, (1970). Tetrazolium Testing Handbook to the Handbook on Seed Testing, Prepared by the Tetrazolium Subcommittee of the Association of Official Seed Analysts.
- [5]. Ashraf, M.Y., & Bhatti, A.S. (2000). Effect of salinity on growth and chlorophyll

تنظیم باکتریایی تولید اتیلن در گیاهان را مهم‌ترین مکانیسم باکتری‌های PGPB در تحریک رشد گیاهان می‌دانند. تنظیم باکتریایی تولید اتیلن در گیاه، از یک‌سو تحت تأثیر فعالیت آنزیم ۱-آمینو سیکلو پروپان-۱-کربوکسیلات دآمیناز (ACC دآمیناز) باکتریایی و از سوی دیگر تحت تأثیر هورمون گیاهی IAA است [۱۸]. انواع باکتری‌های محرک رشد، ترکیبات اگزوپلی ساکاریدی ترشح می‌کنند که با یون‌های سدیم پیوند برقرار کرده و مانع جذب این یون سمی در ریزوسفر شده و از طرفی جذب پتاسیم را در گیاه افزایش می‌دهند [۵]. به‌طور کلی، شوری تأثیر زیادی بر قابلیت دسترسی، رقابت در جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاه دارد. بنابراین، کاهش در میزان جذب پتاسیم در شرایط شوری را می‌توان به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی دانست [۱۵].

شرایط تنش شوری تأثیر نامطلوبی بر رشد، فیزیولوژی و تغذیه نهال‌های استبرق در طول زمان مورد بررسی در این پژوهش داشت. بنابراین، با افزوده شدن نمک کلرید سدیم در غلظت‌های مختلف، کاهش زیادی در عملکرد نهال‌ها دیده شد. به‌طوری که نهال‌های استبرق در شوری بالای ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر زنده مانی خود را از دست

- content of Rice. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 43 (2), 130-131.
- [6]. Bahmani, M., Jalali, Gh., Asgharzadeh, A., & Tabari, M. (2014). Effect of Plant Growth Promotion Rhizobacterial on some characteristic of germination and seed vigourity. *Journal of Soil Biology*, 2(1), 80 - 86. (In Persian)
- [7]. Bashan, Y., Holguin, G., & de-Bashan, L.E. (2004). Azospirillum - plant relationships: physiolog-ical, molecular, agricultural, and environmental advances. *Canadian Journal of Microbiology*, 50, 52-77.
- [8]. Berglund, A.H., Larsson, K.E., & Liljenberg, C.S. (2004) Permeability behavior of lipid vesicles prepared from plant plasma membranes - impact of compositional changes. *Biochimistry Biophysic Acta Molecular Cell Biolology*, 1682, 11-7.
- [9]. Bharti, N., Barnawal, D., Awasthi, A., Yadav, A., & Kalra, A. (2014). Plant growth promoting rhizobacteria alleviate salinity

- induced negative effects on growth, oil content and physiological status in *Mentha arvensis*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(1), 45-60
- [10]. Bohn, W. (1979). Methods of studying root systems, Ecological Studies, Springer Verlag., Berlin, 188 pp.
- [11]. Chanway, C.P., Shishido, M., Nairn, J., Jungwirth, S., Markham, J., Xiao, G., & Holl, F.B. (2000). Entophytic colonization and field responses of hybrid spruce seedling after inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. *Forest Ecology and Management*, 133, 81-88.
- [12]. Del Amor, F.M., & Cuadra - Crespo, P. (2011). Plant growth-promoting bacteria as a tool to improve salinity tolerance in sweet pepper. *Functional Plant Biology*, 39(1), 82-90
- [13]. Emami, A. (1375). Methods of plant analysis (Volume I). Organization of research, education and agricultural extension, Soil and Water Research Institute, Publication No. 982. 128 pages.
- [14]. Eugenia, M., Nunes, S., & Smith, G., (2003). Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. *Crop Science*, 43: 1349-1357.
- [15]. Ferreira-Silva, S.L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L., & Viegas, R. (2008). Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Braz. Journal of Plant Physiology*, 20, 51-59.
- [16]. Flexas, J., Ortun, O., M.F, Ribas-Carbo, M., Di az-Espejo, A., Florez-Sarasa, I.D., & Medrano, H. (2007). Mesophyll conductance to CO₂ in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytology*, 175, 501-511
- [17]. Garcia-Sanchez, F., & Syvertsen, J.P. (2006). Salinity tolerance of *Cleopatra mandarin* and *Carrizo citrange* citrus rootstock seedlings is affected by CO₂ enrichment during growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131, 24- 31.
- [18]. Glick, B., Jacobson, R., Schwarz, C.B., & Pasternak, J.J. (1994). Iaminocycloprpane-1-carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Canadian Journal of Microbiology*, 40, 911-915.
- [19]. Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, *Annual Reviews of Plant Physiology*, 31, 149-190.
- [20]. Hafeez, F.Y., Safdar, M.E., Chaudhry, A.U., & Malik, K.A. (2004). Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 617-622
- [21]. Hester, M.W., Mendelsohn, I.A., & Mckee, K.L. (2001). Species and Population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constrains. *Environmental and Experimental Botany*, 46, 277-297.
- [22]. Ibrahim, A.H. (2013). Tolerance and avoidance responses to salinity and water stresses in *Calotropis Procera* and *Suaeda aegyptiaca*. *Turk Journal of Agricultural and Forestry*, 37, 352-360.
- [23]. Karlidag, H., Esitken, A., Yildirim, E., Figen Donmez, M., & Turan, M. (2011). Effects of Plant Growth Promoting Bacteria on Yield, Growth, Leaf Water Content, Membrane Permeability, and Ionic Composition of Strawberry under Saline Conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (1) 34-45.
- [24]. Khavazi, K.R.E., & malakouti, J. (2005). Necessity of Industrial production of bio-fertilizer in Iran. *Research Institute of Soil and Water*, 439 pages
- [25]. Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice. *Journal of Experimental Botany*, 46 (12), 1843-1852.
- [26]. Marcelo, S.M., & Bruce, S. (2010). Photosynthetic and growth responses of *Eugenia uniflora* L. seedlings to soil flooding and light intensity. *Environmental and Experimental*, 68(2), 113-121
- [27]. Mayak, S., Tirosh, T., & Glick, B.R. (2004). Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology Biochemistry*, 42: 565-572.
- [28]. Momeni, A. (2009). Geographic distribution of soil salinity levels of Iran. *Journal of Soil Science (soil and water)*, 24 (3), 215-204 (in Persian)

- [29]. Naumann, J.C., Young, D.R., & Anderson, J.E. (2007). Linking leaf chlorophyll fluorescence Properties to physiological responses for detection of salt and drought stress in coastal plant Species. *Physiology Plant*, 131,422–433
- [30]. Ortiz, N., Armadaa, E., Duque, E., Roldán, A., & Azcón. R. (2015). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil conditions: Effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. *Journal of Plant Physiology*, 174, 87–96.
- [31]. Patten, C.L., & Glick B.R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of host plant root system. *Apply Environment Microbiology*, 3795-3801.
- [32]. Sabeti, H. (2002). Forests, Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Press, 3rd edition. (In Farsi).
- [33]. Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. & papendick, R.I. (1986). estimating generalized soil water characteristics from texture. *Soil Scientific of Social American Journal*, 50,1031-1036.
- [34]. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology, Third Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 690 pps.
- [35]. Todar, K. (2004). *Pseudomonas* and its relatives. <http://www.texbookofbacteriology.Net/pseudomonas.Etc.html>.
- [36]. Wang, J., Xing, D., Zhang, L., & Jia, L. (2007). A new principle photosynthesis capacity biosensor based on quantitative measurement of delayed fluorescence in vivo. *Biosensors and Bioelectronics*, 22, 12, 2861–2868.
- [37]. Yao, L., Zhan sheng, W., & Zheng, Y. (2010). Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. *European Journal of Soil Biology*, 46, 49-54.

Effect of Inoculation Growth Promotion Bacterium *Pseudomonas putida* on Tolerance to Salinity of *Calotropis procera* Ait. Seedlings

1-M. Bahmani, Master Science Graduate of Ecology in Tarbiat Modares University and Young Researchers and Elites club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

2-Gh. A. Jalali, Professor of Ecology, Tarbiat Modares University, Tehran
jalali_g@modares.ac.ir

3-A. Asgharzadeh, Associate Professor of Soil Biology, Institute of Soil and Water Research, Tehran

4-M. Tabari Kouchaksaraei, Professor in Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University

Received: 10 Jan 2016

Accepted: 02 Aug 2016

Abstract

This study aimed to investigate the tolerance to salinity of *Calotropis* seedlings inoculated with the bacterium *Pseudomonas Putida* was conducted under greenhouse conditions. Treatments, six levels salinity stress factor with sodium chloride salt (0, 5, 10, 15, 20 and 25 ds/m) and two level inoculation factor (control and bacterium) as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications was designed. Result showed that salinity more than 15ds/m, non-inoculation bacterium seedlings were dried. However, bacterium inoculated seedlings in 15 and 25ds/m salinity level respectively more than 50% and 38% their survival maintained. In non-salinity condition, height, root area, fresh and dry weight of seedling, respectively 2.59, 40.35, 38.05 and 31.89 percentage increase in the bacterium inoculated seedlings compared to non-inoculated was observed. In most salinity level until 15 ds/m of Inoculated seedlings, rate of photosynthesis and chlorophyll significantly increased as well as transpiration rate decreased. But electrolyte leakage did not any difference. So concentration of nitrogen, potassium and potassium to sodium of leaves bacterium seedlings compared to control were increased while sodium of leaves decreased. Overall, this research revealed that Seedlings inoculated to PGPB *pseudomonas* until moderate level of salinity specially 15 ds/m has provided most optimal performance and efficiency. Hence, using of this bacterium as a new biotechnologic approach could be suggested for Inoculation seedlings this species in reclamation of saline lands and production of its seedlings in nurseries with salty soils.

Keywords: *Calotropis procera*; Bacterium; Survival; Salinity; Photosynthesis and electrolyte leakage.

"مقاله کوتاه پژوهشی"

اثر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران

- ۱- داود صادق‌زاده اهری، استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه dsadeghzade@yahoo.com
- ۲- محمدرضا حسندخت، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ۳- عبدالکریم کاشی، استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ۴- احمد عمری، عضو هیأت علمی مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA)

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۰

پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران (۲۰ ژنوتیپ از مناطق مختلف کشور) در قالب دو آزمایش (تحت شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی) با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و چهار تکرار انجام و ۱۷ صفت مختلف زراعی و فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش خشکی بین توده‌ها از نظر بیشتر صفات به غیر از وزن زیست توده آفتاب خشک، شاخص برداشت، عملکرد تک بوته و دمای تاج پوشه اختلاف‌های آماری معنی‌داری وجود ندارد. تحت شرایط بدون تنش خشکی نیز به غیر از صفات تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن زیست توده آفتاب خشک، دمای تاج پوشه، پایداری غشای سلولی برگ‌ها در مرحله گلدهی، آماس و رطوبت نسبی برگ‌ها، اختلاف‌های آماری معنی‌داری بین توده‌ها وجود داشت. صفات وزن زیست توده (بیوماس) آفتاب خشک و عملکرد دانه به ترتیب با ضریب تغییرات ۴۴/۹ و ۳۸/۹ درصد ضریب تغییرات، به طور شدید تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت. به طور متقابل دو صفت تیپ بوته و رطوبت نسبی بافت برگ در مرحله گلدهی، کمترین ضریب تغییرات محیطی (در حدود صفر) را به خود اختصاص دادند. با توجه به نتایج، استفاده از ضریب تغییرات دو صفت وزن بیوماس آفتاب خشک و عملکرد دانه برای غربالگری و انتخاب ژنوتیپ‌های شنبلیله مناسب کشت در محیط‌هایی با تنش خشکی و یا با محدودیت آب توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: زیست توده؛ عملکرد دانه؛ دمای تاج پوشه؛ انتخاب.

مقدمه

[۱۳]. نتایج بررسی‌های انجام شده در گیاهان دارویی مختلف نظیر بومادران، زوفا، گشنیز، آنیسون و شنبلیله نشان داده است که وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشد (رویشی و زایشی) باعث تأثیر بر صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، مساحت برگ، عملکرد (دانه و بیوماس) و اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه)، تاریخ گل‌دهی و رسیدن، طول ریشه کمتر می‌شود [۳، ۵، ۶، ۱۲، ۱۳ و ۱۴].

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیرپذیری برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی از تنش خشکی در توده‌های شنبلیله بومی ایران و شناسایی آسیب‌پذیرترین و پایدارترین صفت تحت شرایط مذکور برای استفاده در

در فرآیند انتخاب گیاهان متحمل به تنش خشکی، بررسی روند تغییرات صفات مختلف زراعی، روش‌های فیزیولوژیکی مبتنی بر ارزیابی میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های مختلف گیاهی، و همچنین بررسی مقدار رطوبت در بافت‌های گیاهان تحت شرایط تنش خشکی مورد تأکید فیزیولوژیست‌ها و اصلاح‌گران گیاهی است [۷ و ۱۱].

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گیاهی علفی، یکساله، خودگشن و متعلق به تیره لگومینوزه است. خاستگاه این گیاه از ایران تا قسمت‌های شمالی هندوستان گسترش دارد. از برگ‌ها و بذرهای شنبلیله به عنوان گیاه دارویی ضد دیابت، ضد باروری، ضد سرطان، ضد میکروب، ضد انگل و پایین آورنده کلسترول خون استفاده می‌شود

$$d = \frac{10 \times (W_{fe} - W_o) \times S \times D}{E} \quad (1)$$

که در آن:

d: میلیمتر آبی که باید آبیاری شود؛ W_{fe} : درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی؛ W_o : درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری؛ S: وزن مخصوص خاک؛ E: راندمان آبیاری؛ D: عمق لایه خاک نمونه برداری شده است.

در طول دوره آزمایش، از ۱۳ صفت زراعی و ۴ صفت فیزیولوژیکی یادداشت برداری شد. تاریخ گل‌دهی، تاریخ رسیدن، دوره پر شدن دانه (اختلاف بین تعداد روز از کاشت تا رسیدن دانه و تاریخ گل‌دهی)، ارتفاع بوته، قدرت رشد بوته (بر اساس شاخص‌های عددی از ۱ (ضعیف) تا ۵ (بسیار قوی) در مرحله گل‌دهی)، تیپ بوته (بر اساس شاخص‌های عددی از ۱ (بوته خوابیده) تا ۵ (بوته ایستاده) در مرحله گل‌دهی)، تعداد نیام و تعداد دانه در بوته، عملکرد تک بوته، وزن هزار دانه، عملکرد (وزن زیست توده آفتاب خشک و عملکرد دانه) و شاخص برداشت محصول صفات زراعی، اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد.

چهار صفت فیزیولوژیکی مورد بررسی در این مطالعه و چگونگی یادداشت برداری از آن‌ها به شرح ذیل است:

الف) دمای تاج پوشه: در دو مرحله بعد از گل‌دهی به فاصله دوهفته از همدیگر و در ساعت ۱۴؛ توسط دماسنج مادون قرمز تفنگی اندازه‌گیری شد.

ب) میزان تراوش الکترولیت‌ها از بافت برگ (پایداری غشاء سلولی^۲): این صفت فیزیولوژیکی در دو مرحله رشدی بعد از گل‌دهی به فاصله دو هفته از همدیگر در توده‌ها محاسبه شد [۱۵].

ج) رطوبت نسبی بافت برگ: این صفت فیزیولوژیکی در بافت برگ (تعداد ۱۰ عدد از برگ‌های انتهایی به طور کامل توسعه یافته هر بوته در مرحله گل‌دهی) محاسبه گردید [۱ و ۱۵].

د) آماس نسبی برگ: این صفت فیزیولوژیکی با استفاده از نمونه‌های برگ برداشت شده در مورد RWC محاسبه شد [۱ و ۱۵].

برنامه‌های به‌نژادی و گزینش ارقام تحت شرایط تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۳۰ متر) بر روی ۲۰ توده شنبلیله بومی مناطق مختلف کشور (اردستان، اصفهان، اهواز، برازجان، بروجرد، خاش، خراسان، خرم‌آباد، ری، زنجان، سمنان، شیراز، یزد، قائنات، کاشان، کرمان، کرمانشاه، نیشابور و ۲ توده بومی از یاسوج) انجام شد [۱۳]. بررسی در قالب دو آزمایش (شرایط بدون تنش خشکی و در شرایط تنش خشکی) با طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. بذر هر توده با توجه به وزن هزاردانه و تراکم کاشت ۲۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۱ متر (۴ خط کشت به طول ۳ متر و فواصل بین خطوط ۲۵ سانتیمتر) کشت شد. جهت تامین رطوبت مورد نیاز برای سبز کردن اولیه بذر، از یک بار آبیاری (بارانی) و بلافاصله بعد از کشت به میزان ۳۰ میلیمتر استفاده گردید.

در طول دوران رشد و نمو گیاهان و هر ۱۴ روز یک‌بار نمونه‌برداری از رطوبت خاک مزرعه شده (۱۰ نمونه تصادفی خاک در اعماق ۰-۱۰ و ۲۰-۱۰ سانتیمتری) انجام شد و میزان رطوبت خاک به روش وزنی (اختلاف بین وزن اولیه نمونه‌های خاک و وزن خشک نمونه‌ها پس از قرار دادن در آون تحت دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت)، تعیین شد. در هر مرحله آبیاری در آزمایش تحت شرایط تنش خشکی، رطوبت خاک مزرعه تا اندازه یک سوم ظرفیت زراعی^۱ و در آزمایش بدون تنش خشکی رطوبت آن به حد ظرفیت زراعی رسانده شد. این عمل تا مرحله رسیدن گیاهان (رسیدن دانه) ادامه یافت. مقدار آب مورد استفاده در هر نوبت آبیاری توسط رابطه زیر محاسبه و به وسیله کنترل اندازه‌گیری و به کرت‌های آزمایشی داده شد [۱].

². Prostrate

³. Erect

⁴ Cell membrane stability (CMS)

¹. Field Capacity

دو محیط (با تنش خشکی و بدون تنش خشکی) در بیشتر صفات به غیر از متوسط تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، متوسط عملکرد تک بوته، تیپ بوته، قدرت رشد بوته، دمای تاج پوشه در مرحله گل‌دهی، پایداری غشاء سلولی در مرحله گل‌دهی، آماس نسبی برگ و رطوبت نسبی بافت برگ تفاوت‌های معنی‌داری داشتند (جدول‌های ۱ و ۲).

نتایج مقایسه میانگین صفات زراعی و فیزیولوژیکی نشان می‌دهد که در محیط بدون تنش، میانگین اغلب صفات نسبت به شرایط دارای تنش خشکی بیشتر بوده و با مساعد شدن شرایط محیط از نظر تأمین آب، بر مقدار صفات مذکور افزوده شد جدول (۳). در شرایط تنش خشکی تعداد نیام و تعداد دانه در بوته بیشتر از شرایط بدون تنش بود. وجود شرایط مطلوب رطوبتی در محیط بدون تنش، موجب افزایش طول دوره کاشت تا گل‌دهی و رسیدن دانه و به دنبال آن افزایش طول دوره پر شدن دانه شده است. در مقابل، شرایط نامطلوب رطوبتی (تنش خشکی) باعث پدید آمدن زودتر اندام زایشی (گل‌ها) و زودرسی محصول (رسیدن زودتر) گردید.

با وجود تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در واحد سطح، متوسط عملکرد تک بوته در گیاهان تحت شرایط رطوبتی مختلف، تفاوت‌های آماری معنی‌داری نداشت. شرایط تنش رطوبتی، موجب افزایش حساسیت دیواره غشاء سلولی برگ‌های شنبلیله در مرحله دوم اندازه‌گیری، شده است. بررسی تحت شرایط مذکور نشان داد که اختلاف‌های آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد.

بین دو محیط از نظر آماس نسبی برگ‌ها و رطوبت نسبی بافت برگگی اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مختلف مورد مطالعه در این پژوهش نشان داد که وزن زیست توده و عملکرد دانه در واحد سطح، عمده‌ترین صفات متأثر از تنش خشکی به شمار می‌آید. به طوری که درصد تغییرات محاسبه شده برای دو صفت مذکور به ترتیب ۴۴/۹ و ۳۰/۹ درصد بود. به طور متقابل، تیپ بوته (عادت رشد خوابیده، نیمه خوابیده و ایستاده) و رطوبت نسبی بافت برگگی، صفاتی با تغییرپذیری کم در شرایط مختلف محیطی محسوب شده

به منظور تعیین اثر تنش بر صفات مورد مطالعه ضریب تغییرات صفات در اثر تنش^۱ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید [۴].

$$TCV\% = \frac{MTN - MTD}{MTN} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

MTN^۲ و MTD^۳ به ترتیب میانگین صفت در شرایط بدون تنش و تنش خشکی است.

در این بررسی، صفات فیزیولوژیکی شامل میزان تراوش الکتروولت‌ها، میزان رطوبت نسبی بافت برگگی و آماس نسبی برگ در سه تکرار و از سایر صفات در چهار تکرار یادداشت‌برداری شد. پس از بررسی صحت فرضیه‌های تجزیه واریانس شامل آزمون یکنواختی واریانس‌ها، افزایشی بودن و تعیین نرمال بودن داده‌ها در هریک از محیط‌های آزمایشی (بدون تنش و با تنش خشکی) تجزیه واریانس صفات انجام شد. پس از انجام آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه مرکب دو محیط (با فرض ثابت بودن تأثیر محیط و توده) انجام گردید. مقایسه میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

در شرایط تنش خشکی، از نظر بیشتر صفات بین توده‌ها، اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشته، ولی در مورد بیوماس آفتاب خشک، شاخص برداشت دانه، عملکرد تک بوته و دمای تاج پوشه اختلاف بین توده‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس تحت شرایط بدون تنش خشکی نشان داد که از نظر تاریخ گل‌دهی، تاریخ رسیدن دانه، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد تک بوته، ضریب برداشت دانه، وزن هزار دانه، تیپ بوته، قدرت رشد و پایداری غشاء سلولی در مرحله دوم اندازه‌گیری، بین توده‌های شنبلیله بومی ایران تفاوت‌های معنی‌دار آماری وجود داشت که نشان دهنده وجود تنوع در بین توده‌ها است.

¹. Trait Coefficient of Variation (TCV %)

². Mean of Trait under Non-stress condition (MTN)

³. Mean of Trait under Drought condition (MDN)

و میزان تغییرات دو صفت مذکور تحت شرایط مختلف در حد صفر (بدون تغییر) است (جدول ۳).

بحث و نتیجه گیری

معنی دار شدن اثر توده بر صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی تأیید کننده وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپها از نظر صفات مورد ارزیابی است که با گزارش فرهادی و همکاران [۳] مطابقت دارد. وجود تنوع از نظر زمان گل دهی، زمان رسیدن دانه و طول دوره پر شدن دانه در بین توده های شنبلیله بومی ایران در شرایط تنش خشکی با نتایج بررسی های مک کورمیک و همکاران [۸] و مرادی [۱۰] مطابقت دارد با این تفاوت که پژوهشگران یاد شده تنوع در صفات فنولوژیکی تحت شرایط بدون تنش خشکی را بررسی نموده اند.

نبود تفاوت آماری معنی دار بین توده های شنبلیله بومی ایران از نظر صفت دمای تاج پوشه در مراحل مختلف رشد (گل دهی و دو هفته پس از گل دهی) در شرایط تنش با نتیجه تحقیقات انجام شده بر روی گیاه لوبیا مطابقت دارد [۱۱]. در این بررسی مشاهده شد که در مراحل اول و دوم اندازه گیری صفت میزان تراوش الکترولیت ها در بافت برگ (آغاز گل دهی و دو هفته پس از آن)، میزان آسیب دیدگی غشای سلولی در بین توده های مختلف متفاوت بود و هیچ توده ای در دو مرحله مذکور وضعیت ثابتی نداشت. این امر در هر دو شرایط رطوبتی متفاوت (تنش خشکی و بدون تنش خشکی) این آزمایش رخ داد که با نتایج بررسی گیاه لوبیا مطابقت دارد [۲].

در تجزیه مرکب دو محیط معلوم شد که متوسط عملکرد تک بوته در گیاهان تحت شرایط رطوبتی مختلف، تفاوت آماری معنی داری نداشت. به نظر می رسد توانایی های ژنتیکی توده ها (تحمل ژنتیکی) در حفظ و پایداری عملکرد تحت شرایط تنش در این امر دخالت دارد. در این بررسی شرایط تنش رطوبتی، باعث افزایش حساسیت دیواره غشاء سلولی برگ های شنبلیله در مرحله دوم اندازه گیری شده است و اختلاف آماری معنی داری بین ژنوتیپها مشاهده شد. سلامت غشای سلولها تقریباً محور اصلی تمام سیستم های تحمل به تنش های اسموتیکی به شمار می آید. بنابراین، می توان از این صفت

فیزیولوژیکی جهت کاهش اثر تنش بهره برداری نموده و با انتخاب ژنوتیپ های مقاوم تر، از مخاطرات تنش در گیاه کاست [۷].

بررسی های فیزیولوژیکی ثابت کرده است که تنش آب به طور مستقیم می تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیر مستقیم ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه ها را که به علت تنش آب بسته شده اند، کاهش دهد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و موجب اشباع برگ ها از این مواد می شود [۹]. با توجه به موارد بالا، وجود مقادیر بالای الکترولیت ها در بافت برگ شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی در این بررسی توجیه می گردد.

جمع بندی نهایی بررسی صفات و خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی توده های بومی ایران در شرایط محیطی مختلف (تنش خشکی و بدون تنش خشکی) در این پژوهش نشان داد که از نظر بیشتر صفات زراعی و فیزیولوژیکی تنوع مطلوبی در بین توده ها وجود داشت. تنش خشکی باعث کاهش بیشتر صفات زراعی به غیر از تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، عادت رشد بوته و رطوبت نسبی بافت برگ ها گردید. شواهد موجود از تغییرات صفات تحت تأثیر تنش خشکی، دلالت بر سازش نسبی توده های شنبلیله بومی ایران به شرایط سخت محیطی (تنش خشکی)، به ویژه از نظر زود گل دهی و زودرسی (تکمیل دوره زندگی گیاه تحت شرایط تنش رطوبتی) داشت. تنش خشکی باعث افزایش حساسیت دیواره سلول های برگ گردید. وزن زیست توده و عملکرد دانه در واحد سطح، عمده ترین صفات تحت تأثیر تنش خشکی و به طور متقابل تیپ بوته و رطوبت نسبی بافت برگ، صفاتی با تغییر پذیری کم بوده اند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی و عملکرد توده‌های شنبلیله در دو محیط مختلف

میانه‌نگین مربع‌ها																
منابع تغییرات	درجه آزادی	تاریخ گلدهی	تاریخ رسیدن	دوره پر شدن	ارتفاع بوته	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در بوته	بیوماس افتاب خشک	عملکرد دانه	عملکرد تک بوته	ضریب برداشت دانه	وزن هزاردانه	تیپ بوته	قدرت رشد	دمای تاج پوشه ۱	دمای تاج پوشه ۲
محیط	۱	۱۹۶**	۲۳۶۴**	۱۱۹۹**	۴۰۹*	۱۲ ^{ns}	۱۴۱۶ ^{ns}	۷۱**	۳/۲**	۰/۱۷ ^{ns}	۲۳۹۶**	۱۵۸**	۰/۱ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۲۸۱**	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
محیط × تکرار	۶	۵ ^{ns}	۱۱*	۱۴ ^{ns}	۳۳**	۱۲**	۱۹۴۵**	۲**	۰/۹**	۰/۴۳**	۱۹۹**	۲/۴*	۲/۵**	۱/۳ ^{ns}	۴۲**	۶۹**
توده	۱۹	۳۶۳**	۵۵**	۱۷۴**	۲۱*	۸**	۹۳۷**	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۵**	۰/۲۶**	۴۲**	۵۲**	۱۱/۵**	۱۴**	۶ ^{ns}	۸/۴**
محیط × توده	۱۹	۱۸ ^{ns}	۴ ^{ns}	۱۴ ^{ns}	۴ ^{ns}	۳ ^{ns}	۴۳۲ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۱۸**	۱۳ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۲**	۱/۵**	۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
خطا	۱۱۴	۱۷	۴	۲۱	۳	۳	۳۵۶	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۷	۱۳	۱/۱	۰/۸	۰/۷	۱۱	۳/۵
% ضریب تغییرات	-	۷/۵	۲	۹	۸	۲۱	۲۵	۱۷	۱۸	۲۸	۱۰	۸	۲۷	۲۵	۲۰	۱۵

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns = نبود اختلاف معنی‌دار آماری

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله در دو محیط مختلف

میانه‌نگین مربع‌ها					
منابع تغییرات	درجه آزادی	پایداری غشاء سلولی (۱)	پایداری غشاء سلولی (۲)	آماس نسبی برگ	رطوبت نسبی بافت برگ
محیط	۱	۱۲۹۸۰ ^{ns}	۲۷۳۲۲۰۰**	۱۸/۳ ^{ns}	۳/۹ ^{ns}
محیط × تکرار	۴	۱۳۲۱۵ ^{ns}	۱۲۸۷۲۵**	۵۶۳**	۱۹۱**
توده	۱۹	۳۱۶۸۷**	۱۶۷۱۹۰**	۱۱۵ ^{ns}	۳۷ ^{ns}
محیط × توده	۱۹	۱۴۴۲۳ ^{ns}	۲۱۸۶۰ ^{ns}	۱۰۳ ^{ns}	۳۵ ^{ns}
خطا	۷۶	۱۲۰۷۶	۲۱۰۴۸	۸۵	۲۷
% ضریب تغییرات	-	۹	۸/۵	۷	۷

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns = نبود اختلاف معنی‌دار آماری

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محیط بر روی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران

محیط	تاریخ گلدهی (روز)	تاریخ رسیدن (روز)	دوره پر شدن (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در بوته	عملکرد تک بوته (گرم)	بیوماس افتاب خشک (تن در هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	شاخص برداشت دانه
بدون تنش خشکی	۵۶a	۱۰۷a	۵۱a	۲۲a	۷a	۷۲a	۱a	۲/۹۶a	۰/۹۱۴a	۳۱b
با تنش خشکی	۵۳b	۹۹b	۴۶b	۱۹b	۸a	۷۸a	۰/۹a	۱/۶۳b	۰/۶۳۲b	۳۹a
درصد تغییرات صفت	۵/۳۵	۷/۵۰	۹/۸۰	۱۳/۶۰	-۱۲/۵	-۸/۳۰	۱۰	۴۴/۹۰	۳۰/۸۵	-۲۵/۸۰

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار دارند

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محیط بر روی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران

محیط	وزن هزار دانه (گرم)	تیپ بوته	قدرت رشد	دمای تاج پوشه (۱)	دمای تاج پوشه (۲)	پایداری غشاء سلولی (۱)	پایداری غشاء سلولی (۲)	آماس نسبی برگ	رطوبت نسبی بافت برگ
بدون تنش خشکی	۱۴a	۳a	۳/۵a	۱۵/۲a	۱۲/۶b	۱۲۰۷a	۱۵۲۸b	۱۳۳a	۷۶a
با تنش خشکی	۱۲b	۳a	۳/۳a	۱۵/۷a	۱۵/۶a	۱۱۸۷a	۱۸۳۹a	۱۳۲a	۷۶a
درصد تغییرات صفت	۱۴/۳	۰	۵/۷	۳/۳	-۲۳/۸	۱/۷	-۱۹/۶	۰/۷۵	۰

* میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار دارند

References

[1]. Alizadeh, A. (2006). Soil, water, plant relationship. Mashhad. Imam Reza University Publications, (in Farsi).
 [2]. Ashraf, M., & Harris, P.J.C. (2006). Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. India. International Book Distributing Co.
 [3]. Farhadi, H., Azizi, M., & Nemati, H. (2014). The effect of water deficit stress on morphological characteristics and yield

components of eight fenugreek landraces (*Trigonella foenum graecum* L.). *Research Journal of Crop Science in Arid Area*, 1(1), 1-19, (in Farsi).
 [4]. Farshadfar, E., & Javadinia, J. (2011). Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. *Journal of Seed and Plant*, 27(4), 517-537, (in Farsi).

- [5]. Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A., & Saba, J. (2012). Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(1), 121-130, (in Farsi).
- [6]. Jamali, M.M. (2013). Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2 (20), 872-879.
- [7]. Kumar, D. (2006). Breeding for drought resistance. Pages: 145-175. In: Ashraf, M., & Harris, P.J.C. (eds.). Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. International Book Distributing Co. India.
- [8]. Mc Curmick, K.M., Norton, R.M., & Eagles, H.A. (2009). Phenotypic variation within a fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) germplasm collection. II. Cultivar selection based on traits associated with seed yield. *Genetics Resources & Crop Evolution*, 56, 651-661.
- [9]. Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Science*, 11, 15-19.
- [10]. Moradi, P. (2008). Study on genetic diversity of Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) landraces. PhD. Thesis. Agricultural Department. Research and Science Branch of Islamic Azad University. Tehran, Iran, (in Farsi).
- [11]. Ramirez-Builes, V.H. (2007). Plant water relationships for several common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) with and without drought stress conditions. MSc. Thesis. Agricultural Department. University of Puerto Rico.
- [12]. Rassam, Gh., Dadkhah, A., & Khoshnood Yazdi, A. (2015). Evaluation of water deficit on morphological and physiological traits of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Agronomy Science*, 5(10), 1-12, (in Farsi).
- [13]. Sadeghzadeh Ahari, D., Hassandokht, M.R., Kashi, A.K., Amri, A., & Alizadeh, Kh. (2010). Selection for drought tolerance in some Iranian fenugreek landraces. *Journal of Iranian Horticultural Science and Technology*, 11(2), 111-132, (in Farsi).
- [14]. Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, M., Lebaschi, H., Abbaszadeh, B., & Naderi, B. (2005). Effects of water stress on quantity yield in *Achillea millefolium*. Abstracts Book of The First International Conference on the Theory and Practices in Biological Water Saving, p. 211.
- [15]. Zhang, X.Z. (1989). Techniques of plant physiology. Liaoning Science and Technology Press. China.

"Short Research Paper"

Effect of Drought Stress on Some Agronomical and Physiological Traits of Iranian Fenugreek Landraces

1-D. Sadeghzadeh-Ahari, Faculty Member of Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran dsadeghzade@yahoo.com

2-M. R. Hassandokht, Professor of Olericulture, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3-A. K. Kashi, Professor of Olericulture, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4-A. Amri, Faculty Member of International Center of Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, Iran

Received: 11 Aug 2015

Accepted: 11 May 2016

Abstract

In order to evaluate drought stress effects on some agronomical and physiological traits of Iranian fenugreek landraces (20 genotypes from different parts of Iran), two experiments (one under normal and another under drought condition) carried out using randomized complete block design with 4 replications. Seventy different agronomical and physiological traits were noted during experimental period. Results showed significant differences between fenugreek landraces in all traits under drought stress condition, except in dry biomass weight, grain harvest index, individual plant grain yield and canopy temperature, under non stress condition there were significant differences between landraces in all traits, except in number of pod/plant, number of seed /plant, dry biomass weight, canopy temperature, leaves cell membrane stability at flowering stage, leaf relative water content and relative turgour. Calculation of studied traits coefficient of variation percentage, showed that, dry biomass weight and grain yield were the most impressive traits with drought stress with 44.9% and 30.85% of coefficient of variation, respectively. Plant type and leaf relative water content traits had the lowest coefficient of variation (about zero).According to the results, using from dry biomass weight and grain yield traits recommended for screening and selection of fenugreek genotypes under drought stress conditions.

Keywords: Biomass; Grain yield; Canopy temperature; Selection.

راهنمای نگارش مقاله برای نشریه علمی - پژوهشی خشک بوم

رعایت شیوه نامه زیر در نگارش مقاله‌های ارسالی ضروری است.

- نوع مقاله: مقاله‌های پژوهشی در یکی از زمینه‌های منابع طبیعی، محیط زیست، کشاورزی و مسائل اقتصادی - اجتماعی اکوسیستم‌های مناطق خشک و بیابانی که به زبان فارسی نوشته شده و برای نخستین بار منتشر می‌شوند، جهت چاپ در نشریه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.
- مشخصات بخش‌های مختلف مقاله:

۱- برگ شناسه (معرفی نویسنده یا نویسندگان): شامل نام، نام خانوادگی، مرتبه علمی و نشانی کامل محل کار و شماره تلفن (ثابت همراه) نویسنده (گان) می‌باشد که به فارسی و لاتین نوشته شده و به همراه نشانی پست الکترونیک نویسنده عهده‌دار مکاتبات روی صفحه جداگانه‌ای ارائه می‌شود.

۲- عنوان مقاله: عنوان باید کوتاه و جامع بوده و از ۱۵ واژه تجاوز نکند. عنوان در ابتدا و وسط صفحه اول و در زیر آن، نام، نام خانوادگی و مرتبه علمی و محل خدمت نگارنده (گان) درج می‌شود.

۳- چکیده: چکیده باید مجموعه فشرده و گویایی از مقاله با تأکید بر تشریح مسئله، روش کار و نتایج مهم و ارزیابی آنها بوده و از ۳۰۰ واژه بیشتر نباشد. از به کار بردن نام‌های خلاصه شده و ارائه منبع، فرمول، جدول و شکل در چکیده خودداری شود.

۴- واژگان کلیدی: حداکثر ۶ کلمه به ترتیب اولویت و با (؛) از هم جدا و معادل خارجی آن‌ها نیز در زیر چکیده انگلیسی مقاله و به همان ترتیب درج شود.

۵- مقدمه: شامل طرح مسئله، شرح موضوع، اهمیت، فرضیه‌ها، مرور پژوهش‌های انجام شده و هدف پژوهش است.

۶- مواد و روش‌ها: شامل مواد و وسایل به کار رفته، شرح کامل روش‌ها و چگونگی اجرای پژوهش، مشخصات منطقه مورد مطالعه، طرح آماری و روش‌های ارزیابی است.

۷- نتایج: همه نتایج کیفی و کمی به دست آمده و توضیحات لازم در این قسمت ارائه می‌گردد. نتایج حاصل با تحقیقات قبلی مقایسه شده، در صورت نیاز می‌توان موضوعات را طبقه‌بندی و برای ارائه نتایج از جدول، منحنی، نمودار و یا تصاویر استفاده نمود.

۸- بحث و نتیجه‌گیری: در برگزیده جمع‌بندی خلاصه نتایج با توجه به هدف بررسی بوده و دست‌آوردها با توجه به یافته‌های سایر پژوهش‌ها، تجزیه و تحلیل شده و درباره آنها بحث و نتیجه‌گیری به عمل می‌آید. نگارنده (گان) در این قسمت می‌تواند توصیه‌ها و پیشنهادها را لازم جهت انجام بررسی‌های بعدی را نیز ارائه کند.

۹- سپاسگزاری: در این قسمت از تأمین کنندگان بودجه و امکانات و اشخاص دیگر که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌شود (اختیاری).

۱۰- منابع:

الف- منابع داخل متن:

ارجاع به منابع در متن، به صورت شماره رفرنس‌ها باشد و بایستی رفرنس‌های به ترتیب حروف الفبای انگلیسی تنظیم و سپس شماره گذاری در داخل متن انجام گردد (از ارجاع به صورت نام خانوادگی در داخل متن خودداری شود).

- دقت شود تمامی منابع ارجاع شده در متن باید در منابع ذکر شده باشند، و برعکس؛ یعنی، تمامی منابع درج شده در فهرست منابع باید در متن ارجاع داشته باشند، در غیر این صورت از فهرست منابع حذف می‌شوند.

ب- منابع انتهایی متن:

تمامی منابع بایستی با توجه به حرف ابتدای نام خانوادگی نویسنده اول (یا سازمان مربوطه در صورتی که فاقد نگارنده باشد) به ترتیب حروف الفبای انگلیسی (A, B, ..., Z) تنظیم شوند.

از آوردن واژگان به صورت مخفف (مانند J به جای Journal, Sci به جای Science, Uni به جای University و ...) پرهیز شود.

در انتهایی منابع فارسی بایستی عبارت in Farsi در داخل پراکنش اضافه گردد. مثال: (in Farsi).

چنانچه از یک نگارنده چند منبع مورد استفاده قرار گیرد، ترتیب ارائه آن‌ها بر حسب سال انتشار از قدیم به جدید است.

در صورتی که مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، ابتدا مقالات منفرد و سپس بقیه آن‌ها به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب می‌شود.

از به کارگیری عبارت et al. به جای نام نویسندگان مقاله خودداری شود و تمامی نویسندگان به ترتیب موجود در منبع مورد نظر همراه با نام کامل خانوادگی و حرف اول نام با ویرگول و آخرین نام با & آورده شود.

روش ارجاع منابع مختلف:

✓ کتاب تألیفی: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). نام کتاب. محل انتشار: ناشر.

Author, A. A., & Author, B. B. (2013). Title of book. Location: Publisher.

✓ کتاب ترجمه شده: نام خانوادگی مؤلف، حرف اول نام مؤلف. (سال ترجمه). نام کتاب. نام خانوادگی و حرف اول نام مترجم، محل انتشار: ناشر.

✓ مقاله: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده. (سال نشر). عنوان مقاله. نام نشریه، شماره جلد (شماره پیاپی)، صفحات مقاله.

Author, A. A., Author, B. B., & Author, C. C. (2013). Title of article. Title of Journal, volume, page-numbers.

✓ پایان نامه: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال دفاع). عنوان پایان نامه. مقطع، نام دانشکده، نام دانشگاه.

چگونگی ترجمه منابع فارسی به انگلیسی و رعایت نقطه، ویرگول و فاصله بین کاراکترها در مثال زیر نشان داده شده است:
حمیدرضا مرادی، محمدرضا فاضلپور، سید حمیدرضا صادقی و سید زین‌العابدین حسینی. (۱۳۸۷). بررسی تغییر کاربری اراضی در بیابان‌زایی محدوده شهر اردکان با استفاده از سنجش دور، نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵(۱)، ۱۲-۱.

Moradi, H. R., Fazelpor, M.R., Sadeghi, H. R. &Hossini, Z. (2008). The study of land use change on desertification using remote sensing in Ardakan area, Iranian Journal of Range and Desert Researches, 15(1), 1-12, (in Farsi).

✓ منابع اینترنتی: نام سایت، عنوان مطلب، تاریخ، آدرس کامل محل دسترسی به اطلاعات.

Author, A. A. (2013). Title of webpage: Subtitle if needed, Retrieved Month day, year, from source.

NCAA Committee on Sportsmanship and Ethical Conduct. (2012). Operations plan: Strategic planning and budgeting for the 2012and 2013Academic Years. Retrieved February 9, 2012, fromhttp://www1.ncaa.org/membership/governance/assoc-wide/sportsmanship_ethics/index.html

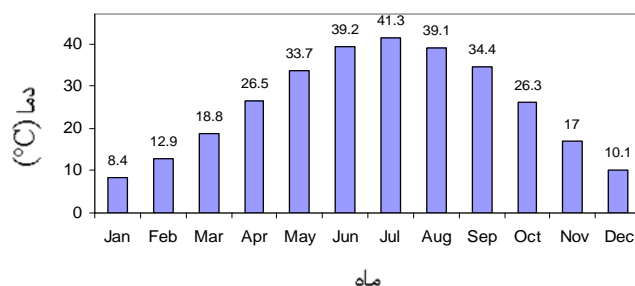
۱۱- برگ چکیده به لاتین: چکیده مقاله به زبان انگلیسی به همراه برگردان کامل عنوان، حرف اول نام، نام خانوادگی، سمت و آدرس نویسنده(گان)، روی صفحه جداگانه ارائه شود.

● شیوه نگارش: مقاله در سه نسخه روی کاغذ A4 (یک رو) با حاشیه‌های بالا و پایین ۲۰ میلی‌متر و راست و چپ ۲۰ میلی‌متر به صورت تک ستونی تایپ گردد. فاصله بین خطوط به صورت یک فاصله‌ای (Single space) بوده و حجم مقاله نباید از ۱۵ صفحه چاپی به قطع نشریه تجاوز نماید (با در نظر گرفتن محل جداول، اشکال، نتایج، فهرست منابع). از به کار بردن کلمات انگلیسی که معادل آنها در فارسی موجود است، در داخل متن اجتناب کرده و در صورت لزوم واژه انگلیسی در پاورقی با ذکر شماره تایپ شود. سطر اول هر پاراگراف به میزان ۰/۵ سانتی‌متر فرورفتگی داشته باشد. نوع و اندازه قلم‌ها، طبق جدول زیر رعایت شود.

B Nazanin 11	واژگان کلیدی فارسی	B Nazanin 14-Bold	عنوان فارسی مقاله
Times New Roman 12	واژگان کلیدی لاتین	Times New Roman 14	عنوان لاتین مقاله
B Nazanin 13	متن فارسی	B Nazanin 11	اسامی فارسی نویسندگان
Times New Roman 11	واژگان لاتین داخل متن	Times New Roman 11	اسامی لاتین نویسندگان
B Nazanin 11	عنوان جدول‌ها و شکل	B Nazanin 13- Bold	عناوین فرعی متن فارسی
Times New Roman 12	منابع	B Nazanin 11	متن چکیده فارسی
Times New Roman 11- Italic	نام‌های علمی	Times New Roman 12	متن چکیده لاتین
Times New Roman 9	پاورقی لاتین	B Nazanin 10	پاورقی فارسی

● جدول، شکل‌ها: نتایج را خیلی دقیق‌تر و واضح‌تر از متن نمایش می‌دهند. اطلاعات ارائه شده در جدول‌ها نباید به صورت منحنی و یا به شکل دیگری در مقاله تکرار شوند. شماره و عنوان جدول در بالای جدول ذکر گردد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به خود باشد. چنانچه تمام ارقام جدول دارای واحد یکسان باشد، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود. توضیحات عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه گردد. نتایج بررسی‌های آماری باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود. جدول تنها در محیط Word طراحی و از ایجاد ارتباط (Link) نمودارها با دیگر فایل‌ها خودداری شود.

شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه بوده و همه به طور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری شوند. شکل‌ها باید به صورت سیاه و سفید و با کیفیت مطلوب بوده و عنوان آن‌ها در پایین بیاید. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. در تهیه نقشه‌ها به جای رنگ از علامت (نماد) استفاده گردد. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است. فایل‌های اصلی شکل‌ها (تحت Tiff, JPEG, Excel یا PDF) بایستی حتماً ارائه گردد. در صورت امکان جدول‌ها، نمودارها و شکل‌ها، در یک ستون صفحه قرار گرفته و محتوا و عناوین، فارسی نام‌گذاری شود. شکل‌ها و جدول‌ها مطابق نمونه بدون کادر تنظیم شود.



شکل ۱. نمونه فرمت شکل‌های مورد نظر نشریه خشک بوم.

جدول ۱. نمونه جدول مورد نظر نشریه خشک بوم

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
یزد	۵۴° ۲۴'	۳۱° ۵۴'	۱۲۳۰
بندر عباس	۲۲° ۵۶'	۲۷° ۱۳'	۱۰
بندر انزلی	۲۸° ۴۹'	۳۷° ۲۸'	-۲۶۳
اهواز	۴۰° ۴۸'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵
شهرکرد	۵۱° ۵۰'	۳۲° ۲۰'	۲۰۶۱/۴

● معادلات باید به ترتیب از ابتدا تا انتها شماره‌گذاری شوند. شماره معادلات باید در انتهای سمت راست هر ستون و در امتداد خط حاوی معادلات در داخل پرانتز قید شود.

$$\text{مثال: (۱)} \quad d = 17h \left(\frac{V_m}{V} \right) \cos \theta \quad \text{که در آن: } d : \text{ نام عامل (واحد)}$$

- واحدهای استفاده شده در متن مقاله باید در سیستم متریک (SI) باشد.
- مقالات بایستی با نرم افزار Word ارسال و از انجام هرگونه تنظیمات اضافی در فایل خودداری شود.
- رعایت نیم فاصله در کلمات ترکیبی و جمع مانند بیابان‌زایی، بیابان‌ها، اندازه‌گیری، شده‌اند، می‌شود، می‌توان و ... ضروری است.
- نقطه و ویرگول بدون هیچ فاصله‌ای در انتهای کلمات قرار گرفته، اما بین آن‌ها و کلمه بعدی یک فاصله نیاز است.
- شماره پاورقی‌ها در هر صفحه باید به صورت مجزا از صفحات دیگر آیند.
- عدم رعایت شیوه نامه فوق موجب تأخیر در پذیرش و رفت و برگشت‌های مکرر و زمان‌بر مقاله خواهد شد.
- مقاله ارسالی به دفتر نشریه پس از طی مراحل داوری مسترد نمی‌شود.
- هیأت تحریریه در رد و ویرایش مقالات مجاز است.
- مسئولیت صحت مطالب به عهده نویسندگان است.
- ارسال تعهدنامه مبنی بر (۱) عدم چاپ مقاله ارسالی به هر شکل در گذشته، (۲) عدم ارسال مقاله به دیگر نشریات تا تعیین تکلیف در این نشریه و (۳) اطلاع تمامی نویسندگان از ارسال مقاله به دفتر نشریه الزامی است.

آخرین اصلاحات راهنمای نگارش مقاله در سایت دانشگاه یزد، بخش نشریات، قابل دسترسی است.

<http://aridbiom.yazd.ac.ir>



خشک بوم

دو فصلنامه علمی - پژوهشی

برگ درخواست اشتراک دو فصلنامه خشک بوم

خواهشمند است برای اشتراک، این برگ را به همراه اصل فیش بانکی به نشانی دفتر نشریه ارسال فرمایید.

شماره حساب به منظور واریز وجه: جاری ۷۸۷۴۰۵۹۰۱۷ بانک تجارت شعبه دانشگاه یزد (کد شعبه: ۲۰۰۷۵) به نام فعالیت های فوق برنامه دانشگاه یزد (قابل پرداخت در تمامی شعب بانک تجارت سراسر کشور).

نام: نام خانوادگی: شغل:
میزان تحصیلات: کدپستی: تلفن:
نشانی دقیق:
.....
برای اشتراک نشریه از شماره پیاپی: تا شماره پیاپی: مبلغ پرداختی:

امضاء

حق اشتراک یک ساله دو فصلنامه (۲ شماره) ۶۰۰۰۰ ریال
یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، خیابان پژوهش، دانشگاه یزد، پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی
صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵ تلفن: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸ دورنگار: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۸

پست الکترونیک: aridlandj@yazd.ac.ir

پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد

In the name of God

Arid Biome Scientific and Research Journal



Yazd University

Published by: Yazd University

Editor-in-Chief:

Dr. Mohammad Reza Ekhtesasi

Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

Manager-in-Charge:

Dr. Hamid Reza Azimzadeh

Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran

Editorial Board:

Hossein Azarnivand

Associate Professor, University of Tehran

Mohammad Reza Ekhtesasi

Professor, Yazd University

Naser Baghestani Meibodi

Associate Professor, Research Institute of Natural Resources & Agriculture, Yazd

Majid Karim Poorreihan

Associate Professor, International Desert Research Center

Sayed Jamaladdin Khajaddin

Professor, Isfahan University of Technology

Mohammad Hosein Jaziraei

Professor, Research Institute of Forests & Rangeland

Mahmoud Habibnejad

Associate Professor, Mazandaran University

Hasan Roohipoor

Associate Professor, Research Institute of Forests & Rangelands

Igor Savin

Associate Professor, Russian Academic of Sciences.

Sadat Feiznia

Professor, University of Tehran

Ahmad Ghanbari

Associate Professor, Zabol University

Mohammad Galavi

Associate Professor, Zabol University

Jahangard Mohammadi

Associate Professor, Shahrekord University

Seyyed Ali Mohammad Mirmohammadi Meibodi

Professor, Isfahan University of Technology

Editor: Dr. Mohammad Zare, Assistant Professor, Yazd University

Administrative Manager: Dr. Mohammad Hosein Mokhtari, Yazd University

Executive Secretary: Dr. Mohammad Amin Asadi, Yazd University

Page setting and Computerize editor: Elham Ardakani

Print Supervisor: Yazd University

Arid Lands & Desert Research Institute (ADRI)
P.O. Box: 89195-741, Yazd University, I. R. Iran
Tel/Fax: +98 (351) 8210698
E-mail: aridlandj@yazd.ac.ir