**Crop Biotech.**
Autumn (2015) 11: 65-75.

**مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌فناوری گیاهان زراعی**
سال چهارم، شماره یازدهم، پائیز ۱۳۹۴ (۷۵-۶۵)

# بررسی تغییرات برخی از عناصر تغذیه‌ای پرمصرف، پرولین و پروتئین در گیاه گاو زبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) تحت تنش خشکی

**سیمین زاهدچکووری [۱*]، نعمت قاسم اف [۲]**
۱. گروه زیست شناسی دانشگاه پیام نور، تهران
۲. دانشگاه دولتی باکو
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸- تاریخ تصویب:۱۳۹٤/۹/۱۳)

# Study of some Microelements, proline and protein of *Brago officilalis* L. under drught stress

**Simin Zahedchekovary[1]*, Neymat Gasemov[2]**
1. Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Department of Biology, Baku State University, Baku, Azerbaijan
(Received: Jan. 7, 2015 -Accepted: Dec. 3, 2015)

**Abstract**

*Borago officilalis*, one of the oldest medicinal plants that is consumed in iran and other regions word. The considering importance of medicinal *Borago officilalis*, abundance of dry land, confroting ability with environmental stress by this plant, it seems necessary until done one study with the folowing goals. The chief goal of this research is to look for any effects of hydro stresses on proline biosynthesis, protein quantity, growth and change high consumption elements like K, S, P & N at hydroponic conditions. According to the results, there was a reduction in the weight of dry / wet root and aerial sections in any plants under hydro stress treatment in comparison with witness ones. The mentioned reductions were significant at aerial sections. There was a decrease in K quantity at root section with an increase at aerial parts. Also there was an increase in quantity of high consumption elements like N, P & S of root and a reduction of the same at aerial sections. Drought stress decreases the amount of protein in the plant shoots and roots compared to control. Proline contents in leaves and roots significantly increased under drought stress compared to control.

**Keywords:** *Borago officinalis* L., Proline, Protein, Nutrition elements, Drught stress.

**چکیده**

گیاه گاوزبان (*Borago officinalis* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی است که در ایران و سایر نقاط دنیا مورد توجه می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت دارویی این گیاه، وفور اراضی خشک، بررسی توانایی مقابله با تنش‌های محیطی توسط این گیاه، ضروری به نظر می‌رسد تا مطالعه ای با اهداف اثرات تنش آبی برمقدار پروتئین، پرولین و عناصر پرمصرف N,P,S ,K و رشد در شرایط هیدروپونیک انجام گیرد. نتایج نشان داد پروتئین و وزن‌تر و خشک ریشه و بخش‌های هوایی گیاهان تحت تیمار تنش آبی نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت که این کاهش در بخش‌های هوایی معنی‌دار بود، مقدار K در ریشه کاهش و در بخش‌های هوایی افزایش و مقادیر عناصر پر مصرف S, P, N در ریشه افزایش و در بخش‌های هوایی کاهش یافت. بیوسنتز پرولین در برگ و ریشه با اعمال تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت. تنش خشکی باعث کاهش مقدار پروتئین در اندام هوایی و ریشه نسبت به گیاه شاهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** گاو زبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)، پرولین، پروتئین، عناصر تغذیه‌ای، تنش خشکی.

* نویسنده مسئول: سیمین زاهد چکووری
E-mail: simin.zahed@yahoo.com

## مقدمه

گیاه از طریق مکانیسم‌های مختلف، ازجمله بستن روزنه‌ها، ضخیم شدن کوتیکول، کاهش سطح تعرق‌کننده، جلوگیری از کاهش پروتئین و تنظیم اسمزی می‌تواند در برابر خشکی مقاومت کند (۱۸). تنش کم آبی میانگین توده زیستی گیاه را کاهش می‌دهد و تنش کمبود آب برای مدت طولانی موجب کاهش توده زیستی ریشه‌های فیبردار در زمین‌های زیر کشت Avokado می‌شود (۲۲). محققان متعددی بر روی تجمع پرولین در گیاهان تحقیق کرده اند و افزایش چند برابری آن را در گیاهان تحت تنش گزارش کرده‌اند. وقتی گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، در سطح کل گیاه، سطح سلولی و یا مولکولی به تنش پاسخ می‌دهند. الگوی تولید بسیاری از پروتئین‌ها در پاسخ به کاهش آب تغییر می‌نماید که از جمله این پروتئین‌ها، پروتئین‌های درگیر در مسیرهای سیگنالی تنش، پروتئین‌های مخصوص سم زدایی تنش (استرس) اکسیداتیو و پروتئین‌های با اعمال غیرمستقیم با تنش هستند. به طور کلی، پاسخ‌های گیاه برای بقای هومئوستازی، سم‌زدایی مواد مضر و بازگشت رشد است (۹).

گونه گاوزبان اروپایی با نام علمی *Borago officinalis* L. ازگیاهان دولپه علفی و یک‌ساله، برگ‌های این گیاه ساده و پوشیده از تارهای خشن، گل‌های آن به رنگ آبی می‌باشد. این گیاه مقاوم به تنش خشکی می‌باشد، دارای خواص متعدد دارویی، صنعتی و علوفه‌ای می‌باشد. در برخی از مطالعات به مقاومت به خشکی و جذب بالای املاح توسط این گیاه اشاره شده است. هدف از این پژوهش مطالعه و ارزیابی اثر تنش خشکی بر پارامتر رشد و مقدار پروتئین، پرولین و تغییرات جذب عناصر نیتروژن، فسفر، گوگرد، پتاسیم در پاسخ به تنش خشکی ایجاد شده در گیاه مذکور می‌باشد که از گیاهان دارویی مهم به شمار می‌آید که می‌توان از آن علاوه بر استفاده دارویی جهت کاشت در مناطق کم آب استفاده نمود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ در پژوهشکده کشت هیدروپونیک دانشگاه صنعتی اصفهان و آزمایشگاه دانشگاه پیام نور اجرا گردید. پس از تهیه بذور لازم از مرکز تحقیقات نکا (شمال ایران) و ضدعفونی بذور توسط قارچ کش بنومیل و شستشو با آب مقطر برای جوانه‌زنی به گلدان‌های محتوی ورمیکولیت انتقال و آبیاری انجام شد. پس از جوانه‌زدن تغذیه بوته‌ها تا مرحله دوبرگی بوسیله محلول یک دوم لانگشتاین انجام گرفت. محلول غذایی پایه لانگشتاین که غلظت عناصر در آن پتاسیم ۵۰/۶، کلسیم و منیزیم ۴۶، فسفر ۵۲، آهن ۲/۵، مولیبدن ۰/۱۲ و نمک ۵/۵۸ گرم در لیتر بود. برای تامین عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف منگنز ۱/۷، روی ۰/۲۹، مس ۰/۲۵، بور۳/۱ از منابع $Na_2MnO_4$، $H_3BO_3$، $CuSO_4$، $ZnSO_4$، $MnSO_4H_2O$، FeEDTA، $NaHPO_4$، $MgSO_4.7H_2O$، $Ca(NO_3)_2$، $KNo_3$ استفاده شد. پس از چهار برگی شدن گیاهان به دو گروه شاهد و خشکی تقسیم شدند. تیمار خشکی با حذف یک دور آبیاری انجام شد. میانگین درجه حرارت محیط گلخانه در طی آزمایش در شب ۳±۲۱ و در روز ۳±۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵٪ بود. pH محلول غذایی توسط $H_2SO_4$ و KOH بین ۶/۵ تا ۷ تنظیم گردید. پس از اعمال تیمارهای مربوطه اندازه گیری پارامترهای مورد نظر شروع شد.

در این مطالعه گیاه گاوزبان اروپایی برای بررسی تغییرات خشکی بر پارامترهای موردنظر، نمونه‌هایی از بخش‌های مختلف گیاه انتخاب گردید و برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌های گیاه از اندام هوایی و ریشه پس از خشک شدن در آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت برای استفاده در

آزمایش‌های مختلف در پاکت‌های نایلونی ریخته شد تا در آزمایش‌های تعیین پارامترهای مورد نظر استفاده شود. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل وزن تر و خشک کلیه اندام‌ها و مقدار پروتئین، پرولین و اندازه‌گیری یون‌های K، N، P، S گیاهان تحت تیمارخشکی و شاهد بود.

**اندازه‌گیری وزن تر (FW) ریشه و اندام هوایی**

برگ‌ها و اندام‌های هوایی از محل یقه ریشه جدا گردید. وزن هرکدام برحسب گرم با ترازوی استاندارد با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

**اندازه‌گیری وزن خشک (DW) ریشه و اندام هوایی**

برای اندازه‌گیری وزن خشک نیز برگ‌ها و اندام‌های هوایی و ریشه در فویل آلومینیومی پیچیده شد ودر آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن آنها بر حسب گرم با ترازوی استاندارد با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد.

**اندازه‌گیری یون پتاسیم**

**تهیه عصاره گیاهی برای اندازه گیری یون پتاسیم**

۰/۵ گرم از بافت گیاهی خشک را داخل کوزه چینی ریخته و ۱۰ سی‌سی اسیدنیتریک غلیظ به هر نمونه اضافه کرده و به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا نمونه گیاهی به خوبی در اسید حل شود. بعد کوزه‌ها را روی هیتر قرار داده، گرم کرده تا بخارات اسیدی از محلول خارج شود. سپس به رسوب حاصله ۳۰ سی‌سی آب مقطر اضافه و محلول حاصل را صاف کرده و عصاره را درون شیشه تیره درب دار ریخته و هنگام اندازه‌گیری یون مزبور با دستگاه الکترولیت آنالایزر ۱ سی‌سی از عصاره را با آب مقطر به حجم ۳۰ رسانده (۱ سی‌سی عصاره + ۲۹ سی‌سی آب مقطر) و سپس میزان یون پتاسیم نمونه‌ها را در هر عصاره اندازه‌گیری می‌کنیم.

عدد نشان داده توسط دستگاه را در رقت نمونه ضرب کرده و بعد عدد حاصل را بر وزن نمونه (۰/۵ گرم) تقسیم کرده، اعداد به دست آمده برحسب $\mu gr/_{grDW}$ است که هر عدد را بر ۱۰۰۰ تقسیم کرده تا اعداد حاصل بر اساس میلی‌گرم بر گرم $mgr/_{grDW}$ وزن خشک گیاهی باشد.

**اندازه‌گیری یون‌های فسفر، ازت، گوگرد**

برای تعیین میزان ازت کل به روش تیتراسیون پس از تقطیر (کجدال) و با دستگاه KJELTEC Auto Analyzer و فسفر به روش کالیمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با استفاده از دستگاه Spectrophotometer مدل JENWAY 6505 در طول موج ۴۷۰ نانومتر، اندازه گیری گوگرد گیاه از روش کدورت سنجی (توربیدومتری) با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر انجام شد.

**سنجش مقدار کل پروتئین‌ها**

برای سنجش مقدار کل پروتئین ها از روش Lowry *et al.* (1951) استفاده شد، و برای اندازه‌گیری غلظت پروتئین از منحنی استاندارد استفاده گردید.

**روش سنجش پرولین بر اساس روش**

بر اساس روش Bates *et al.* (1973) نمونه‌های گیاهی خشک و به پودر تبدیل شد، ۰/۱ گرم از پودر درون هاون ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳٪ (W/V) اضافه وسائیده شد، سپس با کاغذ صافی صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر ازعصاره به دست آمده را با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال درون لوله آزمایش ریخته و به مدت یک ساعت در حرارت ۱۰۰درجه درحمام آب گرم (بن ماری) قرار داده و پس از سردشدن حدود ۴ میلی‌لیتر تولوئن (در زیر هود) به هر لوله اضافه و لوله‌ها به مدت ۱۷ تا ۲۰ ثانیه به شدت تکان داده شد تا دو فاز جدا گردد. (تولوئن به دلیل سبک بودن در بالا و محلول رنگی در زیر قرار می‌گیرد.) بعد لوله را

ثابت نگه داشته تا دو فاز ایجاد شده جدا گردد (فاز آلی صورتی رنگ در بالا و فاز آبی بی رنگ و شفاف در زیر) که از فاز آلی صورتی رنگ، جهت رنگ‌سنجی استفاده می‌شود). بلانگ شامل ۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوسالسیلیک ۳٪ به اضافه ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به اضافه ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال که درحمام آب گرم در حرارت ۱۰۰درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرارداده و پس از سردشدن ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به مدت ۱۷ الی ۲۰ ثانیه تکان داده و بعد ثابت نگه داشته شد تا دو فاز ایجاد شده جدا گردد. ابتدا با بلانگ در طول موج ۵۲۰ نانومتر دستگاه اسپکتروفتومتر را صفر و سپس از هر محلول رنگی مربوط به نمونه را درکوت ریخته و جذب آن را خواندیم.

معرف نین هیدرین: ۱/۲۵ گرم از پودر نین‌هیدرین را در ۲۰ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال و ۲۰ میلی‌لیتر اسیدفسفریک ۶ مولار ریخته و با گرم کردن و هم زدن روی شیکر در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حل گردید. منحنی استاندارد پرولین را نیز به دست آورده که به صورت $x=\frac{0.0075-y}{0.0029}$ است.

که دراین فرمول به جای y شدت جذب‌ها را قرار داده و x را به دست می‌آوریم که x مقدار پرولین برحسب میکرومول در لیتر می‌باشد.

$$X=\frac{A\times B\times C}{DW\times 1000}$$

A: مقدار پرولین به دست آمده از منحنی استاندارد بر حسب میکرومول در لیتر

B: ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه شده

C: ۱۰ سی‌سی اسیدسولفوسالسیلیک ۳ درصد

DW: ۰/۱ گرم وزن خشک بافت ریشه و ساقه

X: مقدارپرولین برحسب میکرومول در گرم وزن خشک بافت گیاهی می‌باشد.

شکل ۱. کشت گیاه گاوزبان اروپایی تحت استرس خشکی (تنش کم آبی) در شرایط هیدروپونیک

**تجزیه و تحلیل آماری**

این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل دو عاملی با طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی، با ۷ تکرار انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزارهای Excel و برای انجام تجزیه آماری از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج در جدول ۱ نشان می‌دهد که دامنه مقدار متوسط وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در گیاهان شاهد ۵±۰/۲۵ mg/gDw (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، و درگیاهان تحت تنش کم آبی ۱/۰۹±۰/۰۹۵ mg/gDw می‌باشد. همچنین مقدار متوسط وزن خشک ریشه در گیاهان شاهد ۳/۶±۱/۱۸ mg/gDw و در گیاهان تحت تنش کم آبی ۲/۳±۰/۱ mg/gDw می‌باشد و اما مقدار

متوسط وزن تر اندام‌های هوایی گیاهان شاهد ۵۷±۲/۸۵ mg/gFw می‌باشد و در گیاهان تحت تنش کم آبی به ۱۵±۰/۰۷۵ mg/gFw می‌رسد و همچنین مقدار متوسط وزن تر ریشه در گیاهان شاهد ۲۸±۱/۴ mg/gFw و در گیاهان تحت تنش خشکی (کم آبی) به ۲۲±۱/۱ mg/gFw می‌رسد.

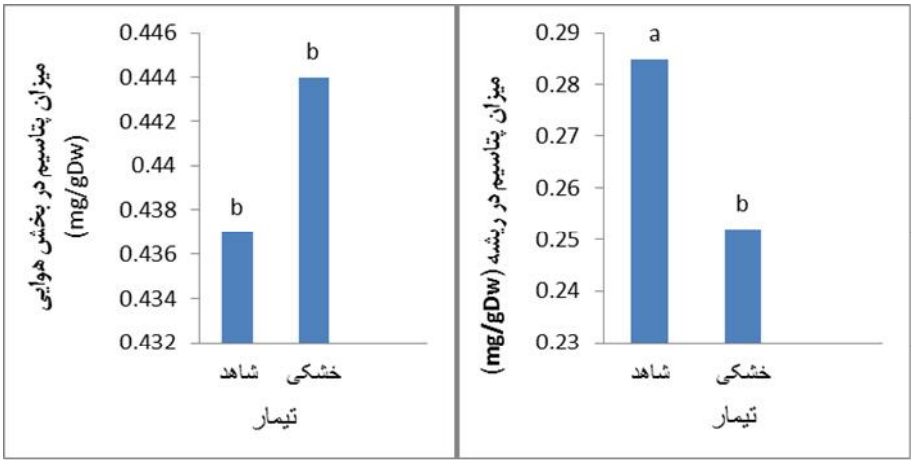
**عناصر پتاسیم، فسفر، نیتروژن و گوگرد**

نتایج اندازه‌گیری شده در جدول ۱ نشان می‌دهد مقدار پتاسیم گیاهان تحت تیمار تنش کم آبی نسبت به گیاهان شاهد، در بخش‌های هوایی افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار نبود در حالی که مقدار پتاسیم در سیستم ریشه گیاهان تحت تیمار تنش آبی نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. اعمال تیمار خشکی (تنش کم آبی) سبب کاهش مقدار نیتروژن در بخش‌های هوایی و افزایش مقدار آن در ریشه نسبت به گیاهان شاهد است و همچنین اعمال تیمار خشکی سبب کاهش عنصر فسفر در بخش‌های هوایی و افزایش آن در ریشه گردید. اعمال تیمار خشکی سبب کاهش مقدار نیتروژن در بخش‌های هوایی و افزایش مقدار آن در ریشه نسبت به گیاهان شاهد است.

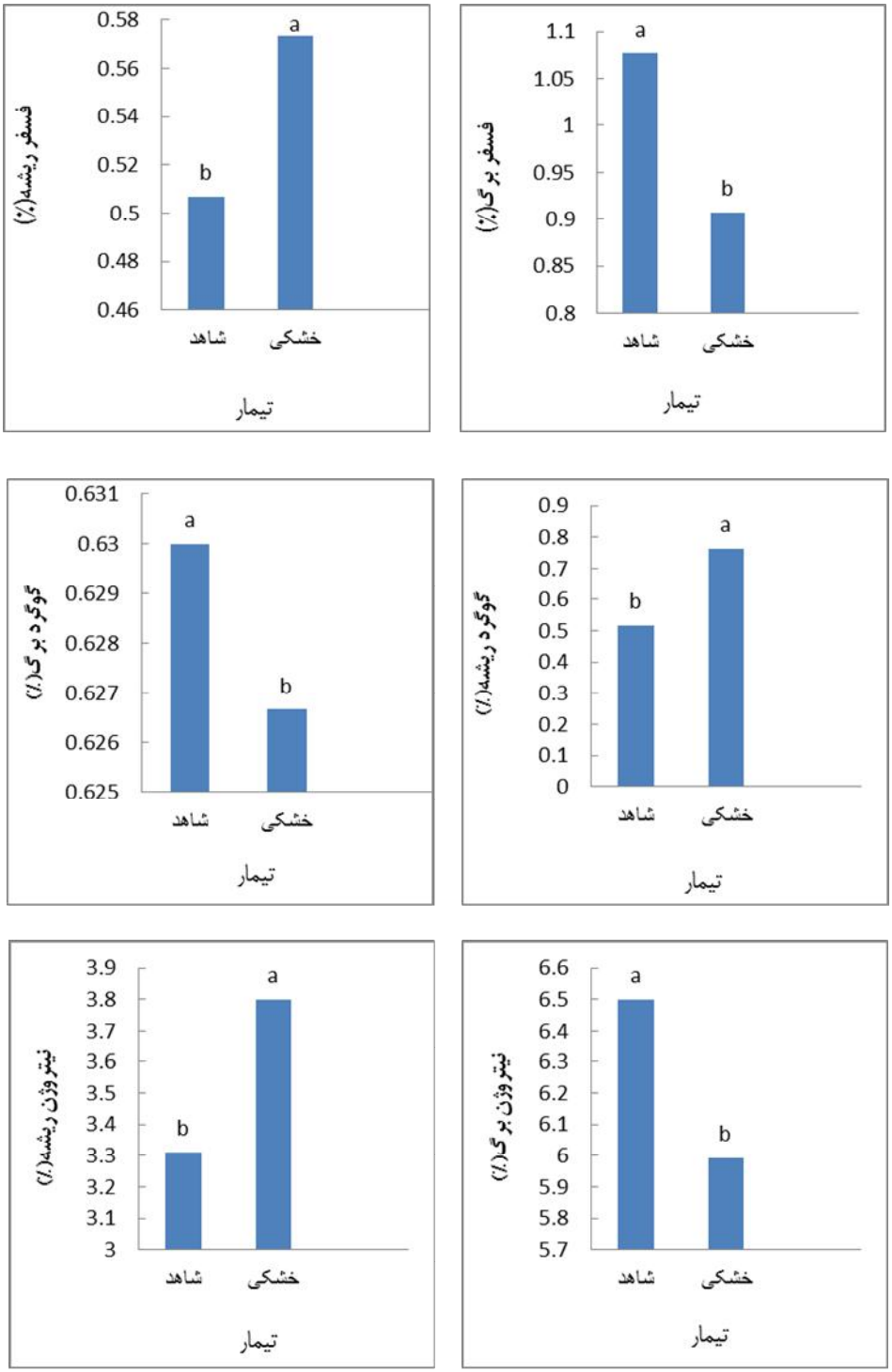
جدول ۱. اثرتیمارخشکی (تنش کم آبی) برپارامترهای رشد و عناصرغذایی پرمصرف

| | اندام‌های هوایی | | ریشه | |
|---|---|---|---|---|
| | شاهد | خشکی | شاهد | خشکی |
| K (mg/gDw) | ۰/۴۳۷ | ۰/۴۴۴$^{ns}$ | ۰/۲۸۵ | ۰/۲۵۲$^{*}$ |
| N (%) | ۶/۵ | ۵/۹۹۴$^{ns}$ | ۳/۳۱ | ۳/۸$^{ns}$ |
| P (%) | ۱/۰۷۶۶ | ۰/۹۹۶۶$^{ns}$ | ۰/۵۰۶۶ | ۰/۵۷۳ |
| S (%) | ۰/۶۳ | ۰/۹۹۳۳$^{ns}$ | ۰/۵۱۷ | ۰/۷۶۳$^{ns}$ |
| وزن خشک* (mg/gDw) | ۵±۰/۲۵ | ۱/۰۹±۰/۰۹۵ | ۳/۶±۱/۱۸ | ۲/۳±۰/۱ |
| وزن تر* (mg/gFW) | ۵۷±۲/۵۸ | ۱۵±۰/۰۷۵ | ۲۸±۱/۴ | ۲۲±۱/۱۲ |
| پروتئین* (µg/Dw) | ۶۷/۳۳±۳/۳۵ | ۴۶/۵±۲/۳۵ | ۱۰۷/۰۵±۵/۳۵ | ۳۲/۸۲±۱/۶۵ |
| پرولین* (µg/Dw) | ۵۵±۲/۷ | ۱۱۳±۵/۶۵ | ۲۶±۱/۳ | ۷۲±۳/۶ |

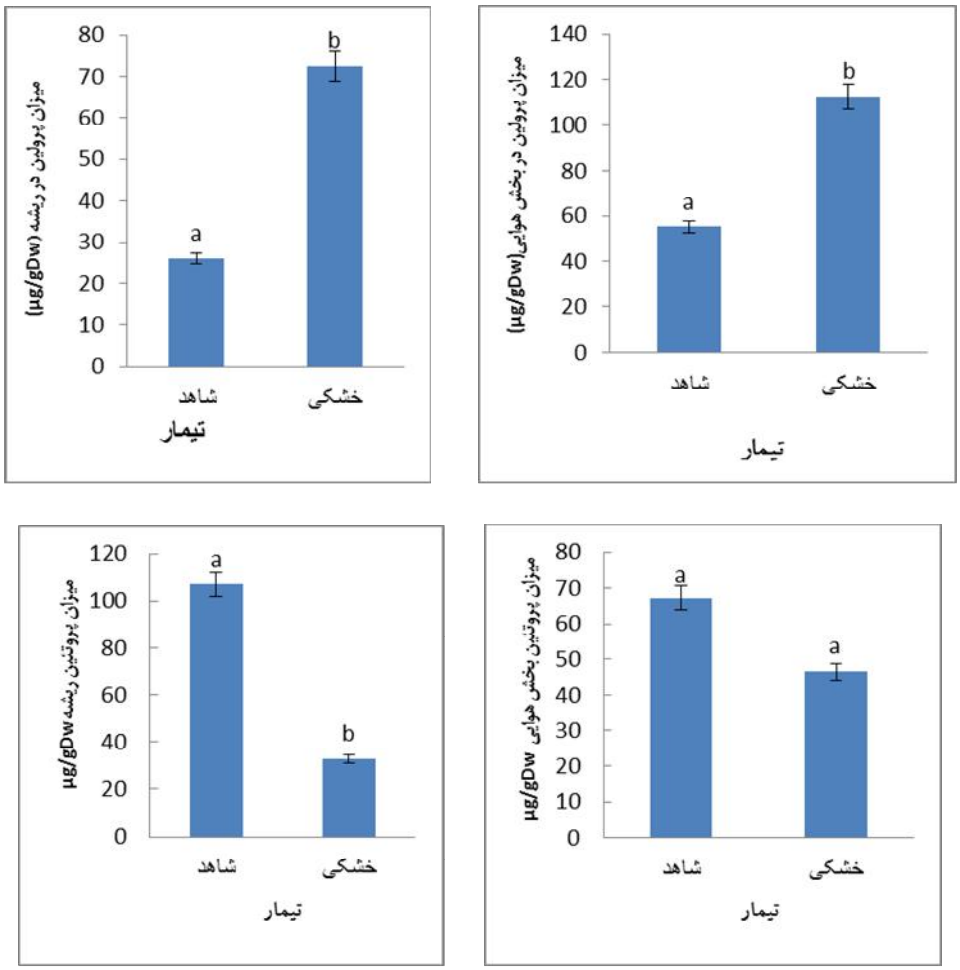
mg/gwD = میلی گرم بر گرم وزن خشک، mg/gFw = میلی گرم برگرم وزن تر، µg/Dw = میکروگرم بروزن خشک،
ns به معنی عدم وجود اختلاف معنی دار درسطح ۵٪، * به معنی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ .




نمودار ۱. مقایسه مقداریون پتاسیم گیاهان تحت تنش خشکی با گیاهان شاهد (میلی‌گرم برگرم وزن خشک)




نمودار ۲. مقایسه مقداریون‌های فسفر، نیتروژن، گوگرد گیاهان تحت تنش خشکی با گیاهان شاهد (برحسب درصد وزنی)




نمودار ۳. مقایسه مقدار پروتئین، پرولین گیاهان تحت تنش خشکی با گیاهان شاهد
(حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار درسطح ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشند).

میزان پرولین در برگ و ریشه با اعمال تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت (نمودار ۳). به طوری‌که با اعمال تیمار خشکی بخش‌های هوایی نسبت به شاهد افزایش دو برابری و در ریشه افزایش سه برابری را نشان می‌دهد. تنش خشکی باعث کاهش مقدار پروتئین در اندام هوایی و ریشه نسبت به گیاه شاهد شد (نمودار ۳). به طور کلی بیشترین پروتئین در گیاهان شاهد و کمترین آن در گیاهان تحت تیمار خشکی بود.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می شود گرچه تنش خشکی از نظر آماری در سطح ۰/۵ درصد اثر معنی‌دار بر وزن تر و خشک ریشه گیاهان تحت تنش نداشت ولی وزن تر وخشک اندام‌های هوایی گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش معنی‌داری داشت Shibles and Weber (1966) میزان تولید توده گیاهی را مرتبط با سطح برگ و درصد نور جذب شده توسط کانوپی گزارش دادند. به طور کلی چنین بنظر می‌رسد که خشکی اندام‌های هوایی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (نمودار ۱).

نتایج برخی منابع علمی (۷، ۱۹) نیز حاکی است که خشکی ریشه گیاهان را کمتر از بخش هوایی تحت تأثیر قرار می‌دهد. Hurd and Agron (1968) در آزمایشی بر هفت واریته گندم بهاره مشاهده کرد تنش شدید خشکی سبب کاهش میزان

بافت خشک ریشه شد. در حالی‌که Bhan *et al.* (1973) نتایج متفاوتی را گزارش کردند، این محققین نسبت زیاد وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در سورگوم را عامل عمده‌ای برای مقامت به خشکی در این گیاه عنوان کردند. هانگ و همکاران نیز تحقیقاتی بر روی گیاه چمنی فستوک مشاهده کردند تنش خشکی تأثیر قابل توجهی بر وزن خشک ریشه این گیاه دارد وگزارش دادند تغییرات وزن خشک ریشه به طول ریشه و چگونگی گسترش آن در خاک بستگی دارد. کاهش میزان آب در محیط جذب، باعث اخلال در انتقال مواد غذایی لازم برای رشد و عدم تولید ماده خشک جدید شده و کاهش رشد را به دنبال دارد. همچنین کاهش جذب آب از را ریشه‌ها همراه با کاهش تورژسانس سلول بوده و موجبات تقسیم سلولی و مهار رشد سلولی را فراهم می‌کند. مقدار پتاسیم گیاهان تحت تیمار تنش آبی نسبت به گیاهان شاهد، در بخشهای هوایی افزایش و در ریشه کاهش یافته است که این امر با نگاهی دقیق به نقش پتاسیم در گیاه قابل توجیه می‌باشد. از عمده‌ترین نقش‌های عنصر پتاسیم در گیاهان می‌توان تنظیم فشار اسمزی، فراهم کردن شرایط نگهداری آب در سلول‌ها و بافت‌های گیاهی، فعال‌سازی برخی از آنزیم‌ها و ایجاد هماهنگی در باز و بسته شدن سلول‌های روزنه‌ای که خود باعث برقراری جریان هوا و آب تبخیر تعرق گیاه می شود. اما نقش مهم این یون که در اینجا قابل توجه است، مقاوم نمودن گیاه در برابر عوامل خارجی، آفات، بیماری‌ها و عوامل نامساعدی چون برف و یخبندان است این بدان معنی است که گیاه به محض اعمال تنش با ایجاد مکانیسم افزایش یون پتاسیم درون سلول‌ها و آوندهای خود، در برابر عامل تنش مقاومت می‌کند (۳، ۱۶، ۲۲، ۲۶).

عنصر اصلی دیگر نیتروژن، که جزو عناصر پرمصرف اولیه برای گیاهان می‌باشد؛ اعمال تیمار خشکی سبب کاهش مقدار نیتروژن در بخش‌های هوایی و افزایش مقدار آن در ریشه نسبت به گیاهان شاهد است سطح تغذیه نیتروژن در گیاهان به سنتز پروتئین و سایر مواد آلی نیتروژن‌دار و نیز فرآیند رشد و نمو گیاهان بستگی دارد. کمبود نیتروژن بویژه در رشد اندام‌های رویشی تأثیر منفی دارد. کار دستگاه فتوسنتز کند می‌شود. برگ‌ها در اثر کمبود آن به طور ضعیفی شکل می‌گیرند و در تولید بذر نیز اختلال بوجود آمده و باعث کاهش محصول می‌گردد (۲۶، ۲۲، ۵، ۴) دلیل کاهش نیتروژن در بخش‌های هوایی ممکن است افزایش میزن پتاسیم بخش‌های هوایی باشد چرا که اثرات منفی (Antagonism) این دو عنصردر برخی از گونه‌ها به اثبات رسیده است (۱۰). همچنین کاهش میزان نیتروژن در بخش‌های هوایی را می‌توان به نقش عمده این عنصر در ساختمان گیاه نسبت داد.

اعمال تیمار خشکی سبب کاهش عنصر فسفر در بخش‌های هوایی و افزایش آن در ریشه گردید. فسفر یکی از عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه است که نقش مهمی در انتقال انرژی از طریق تشکیل پیوندهای فسفات غنی از انرژی بازی می‌کند و ترکیب لازم برای مولکول‌هایی چون نوکلئوتیدها، فسفولیپیدها و فسفات‌های قندی است و همچنین در تنظیم واکنش‌های متابولیکی و آنزیمی نقش مرکزی را دارد. چون فسفر یک عنصر بسیار غیرمتحرک در خاک است سطح فسفر آزاد در خاک‌های در تماس با گیاه معمولاً بسیار پایین است. دلیل این امر پیوند شدید یون‌های فسفات غیرآلی با کلوئیدهای خاک و تثبیت آن به فرم فسفات آهن یا فسفات آلومینیم می‌باشد که در هر حال موجب عدم تحرک این عنصر می گردد که با اعمال تنش خشکی انتقال آن به بخش‌های هوایی کاهش می‌یابد (۱۲).

همچنین اعمال تیمار خشکی سبب کاهش گوگرد در بخش‌های هوایی و افزایش آن در ریشه گردید. گوگرد به عنوان یک عنصر غذایی ضروری برای گیاهان و همچنین به عنوان ماده تولید کننده اسید در

خاک می‌تواند با اصلاح واکنش خاک شرایط را برای رشد ارقام سویا وتثبیت ازت فراهم کند (۱۴). افزایش مقدار پرولین به علت نقشی است که این ماده در تنظیم اسمزی وحفاظت اسمزی دارد . در نتیجه هرچه مقدار این ماده بیشتر گردد تحمل گیاه در مقابل تنش‌های اسمزی افزایش می‌یابد. افزایش پرولین در نتیجه تجزیه پروتئین‌ها در شرایط کم آبی است. گزارش حاصل از میزان پرولین ۲۹ رقم نخود تحت تنش آبی نشان داده که حدود ۴۰-۴ برابر می‌باشد (۱۵). حتی افزایش ۳۰۰-۳ برابری در میزان پرولین در گونه‌های مختلف و در تیمارهای مختلف تنش اسمزی گزارش شده است (۶). به علاوه پرولین نقش اسیمولاتی به عنوان مخزن کربن و نیتروژن دارد. همچنین پرولین حفاظت گیاه را در برابر صدمات رادیکال‌های آزاد انجام می‌دهد (۲۴). کاهش مصرف پرولین برای سنتز پروتئین در طی تنش ممکن است دلیل احتمالی تجمع پرولین باشد (۸). در این تحقیق با اعمال تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافته که نشان‌دهنده مقاومت این گیاه در شرایط استرس می‌باشد.

در شرایط نامساعد محیطی مثل تنش خشکی گونه‌های فعال اکسیژن تولید و در گیاه تجمع می‌یابند، به دنبال آن افزایش پراکسید هیدروژن، منجر به افزایش اکسیداسیون پروتئین‌ها در تعدادی از گونه‌های گیاهی شده است، خشکی منجر به کاهش فعالیت روبیسکو و مقدار آن در گیاه می شود. تنش خشکی از طریق کاهش پلی‌زوم‌های سلول منجر به کاهش ساخته شدن پروتئین‌ها در تعدادی از گونه‌های گیاهی شده است. گزارش شده است که تنش خشکی باعث فعالیت بیشتر ژن‌های حفاظتی در گیاه می‌گردد و آنزیم‌های مهم سلول مانند آنزیم روبیسکو، فسفوفروکتوکیناز، ساکارزسنتاز را در اندام‌های هوایی در شرایط تنش افزایش می‌دهد. طبق گزارش (۲۵) محتوی پروتئین محلول در اندام هوایی و ریشه گیاهان در شرایط تنش کاهش یافته است اما با اعمال تیمارهایی مانند سالیسیلیک اسید که منجر به افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه می‌شود، این کاهش جبران می‌گردد. بنابراین می‌توان کاهش پروتئین یا افزایش تجزیه آن را به کاهش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاه در شرایط تنش مربوط دانست چون افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی از اکسیداسیون پروتئین‌ها ممانعت می‌کند (۲۰).

با توجه به این که گاو زبان از گیاهان دارویی مهم به شمار می‌آید می‌توان از آن علاوه بر استفاده دارویی جهت کاشت در مناطق کم آب و اصلاح خاک استفاده نمود و چون قسمت‌های پرمصرف گیاه قسمت‌های هوایی آن می‌باشد و با توجه به کاهش عناصر پرمصرف N, S, P در بخش‌های هوایی در شریط تنش خشکی توصیه می‌شود از کودهای ازت و فسفر و سولفور در مرحله رشد رویشی گیاه استفاده شود. به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که با توجه به اینکه هدف از تولید تجاری گیاهان دارویی به دست آوردن مقادیر بیشتری زیست توده در واحد سطح است که محتوی بالاتری از مواد موثره نیز داشته باشند تا هزینه استخراج مواد موثره و تولید صنعتی دارو را مقرون به صرفه نماید. افزایش غلظت پرولین و کاهش پروتئین در برگ‌ها و ریشه‌های *Borago officinalis* در شرایط استرس بیشتر از گیاهان شاهد بود، بنابر این به نظر می‌رسد که میزان تجمع این تنظیم‌کننده‌های اسمزی با مقاومت به خشکی در این گیاه مرتبط باشد.

## REFERENCES


1. Bates LS, Walderen RD, Taere ID (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
2. Bhan S, Singh HG, Singh A (1973) Note on root development as an index

of drought resistance in sorghum(*Sorghum bicolor*) Indian J. Agric.Sci , pp. 43, 828.
3. Carry P (1999) Enviromental Horticulture: Guide to Nutrient Management. Virginia Department of Conservation and Recreation. Virginia Institue and State University. pp.16.
4. Dram KN, Clavel D, Repellin A, Passaquet C, Zuily-Fodil Y (2007) Water deficit induces variation in expression of stress-responsive genes in two peanut (*Arachis hypogaea* L.) Plant physiol Biochem 45, 236-243.
5. Duke AG (1981) Hand book of medicinal herbs. CRC Press, New York.
6. Grammer GR, Bowman DC (1991) Plant Plant Physiol , pp. 95, 965.
7. Guo T, Zhang G, Zhou M, Wu F , Chen J (2004) Effects of aluminum and cadmium toxicity on growth and antioxidant enzyme activities of two rley genotypes with different Al resistance. Plant Soil, 258: 241-248.
8. Hajheidari M, Abdollahian-Noghabi M, Askari H, Heidari M, Sadeghian SY, Ober ES, Hosseini Salekdeh Gh (2005) Proteome analysis of sugar beet leavesunder drought stress. Proteomics 5: 950-960.
9. Hil Minard J, Vaverkat DM (2003) Plant physiology in extreme conditions. pp. 240-250.
10. Hurd EA, Agron J (1968) Effects of co2 enrichment on the growth of young tomato plants in low light Ann. Bot, pp. 60, 201.
11. Lafitte HR, Yongsheng G, Yan S, Li ZK (2007) Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice. J Exp Bot 58, 169-175.
12. Lowry OH, Rosebrough NJ, Rand RJ (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol.Chem, 193: 265-273.
13. Malakouti MJ (2004) Soil fertility of arid semi-arid regions, Tarbiat Modarres University, 428 pp.
14. Mc Cu KF, Hanson AD (1999) Drought and salt toleranc: Toward under standing and application. Trends Biotechnol. 8: 358-362.
15. Mc Williams D (2003) Identifying Nutrient Deficiencies for Efficient Plant Growth and Water Use. New Mexico State University NMSU and the U.S. Department of Agriculture. pp.4.
16. Modaihsh AS, AL-Mustafa WA, Metwallv EA (1989) Effect of element sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and soil, 16: 95-101.
17. Morgan JM (1984) Osmoregulation and water stress in higher plants, Annual Rew of plant physiology, 35: 299-339.
18. Premachandra GS, Saneoka H, Fujita K, Ogata S (2002) Water stress Journal of Experimental Botany, pp. 43, 156.
19. Sairam RK, Deshmukh PS, Saxena DC (1998) Role of antioxidant Systemes in wheat genotype tolerance to water stress. Biologia Plantarum. 41(3): 387-394.
20. Shanker R, Sharma P (2005) Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedling .Journal of Plant and Growth Regulation. 46: 209-221.
21. Shao HB, Chu LY, Jaleel CA, Zhao CX (2008) Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. CR Biol. 331: 215-225.
22. Shibles RM, Weber CR (1966) Interception of solar radiation and dry mater production by varius soybean planting patterns Crop Sci., pp. 6, 55.
23. Stewart CR (1972) Proline content and metabolism during rehydration of wilted excised leaves in the dark. Plant Physiol. 50: 679-681.
24. Tayeb MA (2005) Response of barley

Gains to the interactive effect of Salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45: 215-225.
25. Yordanov I, Tsonev T (2003) Plant responses to drought and stress tolerance. Blug J Plant physiol Special issue: 189-206.