

پاسخ آنزیمی، ترکیبات موسیلاژ و اسیدهای چرب گیاه بالنگوی شهری به منابع شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن در شرایط تنش شوری

نیلوفر باقری و علیرضا پیرزاد*

ایران، ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵

چکیده

بالنگوی شهری یکی از گیاهان خانواده نعنائیان که دارای ۳۰٪ روغن و موسیلاژ دانه می‌باشد. برای ارزیابی تاثیر منابع مختلف نیتروژن در شرایط شوری، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه ارومیه انجام شد. تیمارهای آزمایش متشکل از چهار نوع کود نیتروژنه که شامل (کود اوره در فاز رویشی، ازتوباکتر به دو صورت محلول‌پاشی و بذرمال (تیمار بذرمال در زمان کاشت با بذور مخلوط شده و تیمار محلول‌پاشی در فاز رویشی اضافه گردید) و تیمار بدون کود به‌عنوان شاهد) و دو بستر خاک (غیر شور ۰/۹۱ و شور ۶/۷۰ دسی‌زیمنس بر متر) مرتب شدند. بیشترین میزان فعالیت‌های آنزیم کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و محتوای فنل کل مربوط به گیاهان رشد کرده در خاک شور بدون تیمار کودی بود. کلیه ترکیبات موجود در موسیلاژ بالنگو در شرایط غیر شور بیشتر بود. تیمار بذرمال ازتوباکتر برای زایلوز، گلوکز و گالاکتوز، و تیمار اوره برای راموز بیشترین مقادیر را در شرایط غیر شور نشان دادند. کاربرد اوره برای تولید رافینوز، آرابینوز، گالاکتورونیک و گلوکورونیک اسید برتری داشت. شوری و تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری روی درصد روغن و موسیلاژ نداشتند. در کلیه تیمارهای کودی، شوری باعث افزایش میزان آنتی‌اکسیدانت‌ها شد. در مورد قندهای محلول کودهای نیتروژنه از کاهش بیش‌ازحد جلوگیری کرده و باعث تعدیل این مقدار شد. باوجود افزایش اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در شرایط شوری خاک، تیمارهای کودی باعث افزایش اسیدهای چرب اشباع (استئاریک، پالمیتولیک، پالمیتیک و میریستیک) و کاهش اسیدهای چرب غیراشباع (لینولنیک، لینولئیک و اولئیک) شدند.

واژه های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، ازتوباکتر، اسید چرب، بالنگوی شهری، فنل کل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۱۴۷۱۳۳۸، پست الکترونیکی: a.pirzad@urmia.ac.ir

مقدمه

بختیاری، فارس، سمنان و تهران پراکنش دارند (۱۲). دانه‌های گونه *L. iberica* تا ۳۰ درصد روغن دارد که این روغن در صنایع شیمیایی، بهداشتی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه‌های بالنگو شهری دارای موسیلاژ می‌باشد که در مصارف گوناگونی از جمله در صنایع بهداشتی، دارویی و غذایی کاربرد داشته و در درمان برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی به کار می‌روند (۶؛ ۱۰).

بالنگوی شهری از خانواده Lamiaceae می‌باشد که در ایران با ۴۶ جنس و ۴۱۰ گونه و زیرگونه به‌خوبی گسترش دارد. دانه‌های بالنگو کشیده و به رنگ سیاه می‌باشد که به‌محض جذب آب یک لایه موسیلاژ تمام اطراف دانه را می‌پوشاند (۶). بالنگو دارای ۵ گونه *L. canescens*, *L. iberica*, *L. royleana* و *L. peltata*, *L. baldashuanica* می‌باشد که در آسیا و اروپا رشد و توسعه یافته‌اند. این گیاه در ایران در استان‌های گلستان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان، اصفهان، چهارمحال

یافت (۴). در بررسی کودهای شیمیایی و زیستی مشخص شد که مصرف کودهای زیستی نقش مفیدی در افزایش عملکرد موسیلاژ گیاه اسفرزه دارد (۷). در آفتابگردان، کاربرد کود زیستی باعث افزایش عملکرد و محتوای روغن دانه شد که دلیل آن را بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه دانستند (۱۶). در گندم، تلقیح با باکتری ازتوباکتر باعث افزایش مقدار قندهای محلول شد (۵). با توجه به کاهش عملکرد گیاه در خاک شور، و نیاز به تامین نیتروژن گیاه در شرایط شوری خاک، بررسی و مطالعه پاسخ آنزیمی، و ترکیبات موسیلاژ و اسیدهای چرب دانه گیاه دارویی بالنگوی شهری به منابع شیمیایی و بیولوژیک نیتروژن در شرایط خاک شور ضرورت دارد که از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

مواد و روشها

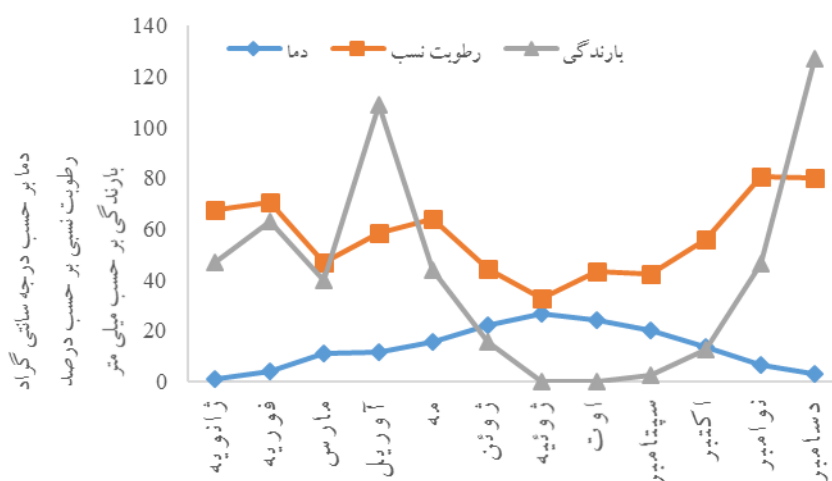
این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۳ متر از سطح دریا انجام شد. شرایط آب و هوایی منطقه در سال آزمایش در نمودار ۱، و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هر دو نوع بستر کاشت در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار نوع از کود نیتروژنه شامل (کود اوره، ازتوباکتر به صورت محلول‌پاشی (غلظت ۱ گرم در لیتر)، ازتوباکتر به صورت بذرمال (۱۰۰ گرم در هکتار) و تیمار بدون کود به عنوان شاهد) و دو بستر خاک (غیر شور ۰/۹۱ و شور ۶/۷۰ دسی زیمنس بر متر) بودند. خاک شور از یک منطقه به محل آزمایش (مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه) منتقل شد، و پس از خاکبرداری و ایجاد ایزولاسیون توسط نایلون ۴ لایه، یک مزرعه به عمق ۵۰ سانتی‌متر از خاک شور درست شد (جدول ۱). تعداد کل واحدهای آزمایشی ۲۴ عدد که

شوری خاک یکی از مهم‌ترین موانع تولید محصولات کشاورزی در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (۱۹). این تنش از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سطح جهان و ایران است که پیش‌بینی می‌شود افزایش خاک‌های شور، باعث کاهش ۲۵٪ از اراضی قابل‌کشت در ۲۵ سال آینده شود (۹). از مهم‌ترین آثار تنش شوری به کاهش آب قابل‌استفاده گیاه، ایجاد مسمومیت گیاه توسط برخی یون‌های سمی، کاهش جذب عناصر غذایی ضروری، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای، کاهش رشد و کیفیت محصول می‌توان اشاره کرد (۳۱). شوری همچنین باعث ایجاد تنش اکسیداتیو نیز می‌شود (۴۲). یکی از پاسخ‌های گیاه به شوری، تجمع ترکیبات در راستای فعالیت آنتی‌اکسیداتی و افزایش مقاومت اجزای سلولی به رادیکال‌های آزاد می‌باشد غلظت آنزیم‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌های گیاهی پس از مواجهه گیاه یا شوری به سرعت افزایش یافته و هزینه‌های پاسخ گیاه به تنش را تعدیل می‌کنند (۴۶؛ ۱۸). کاهش موسیلاژ دانه (۳۵) و روغن دانه (۳۸) در سطوح شوری بیانگر استفاده بیشتر گیاه از ذخایر هیدروکربن‌های نامحلول در اثر تنش شوری است (۳۵).

نیتروژن از مهمترین عناصر مورد نیاز رشد و نمو گیاه است که به مقادیر بیشتری از عناصر دیگر مورد نیاز گیاه است (۴۸؛ ۴۷؛ ۳۲) از طرف دیگر مدیریت تغذیه گیاهی مخصوصاً مقدار و فرم کاربرد کودهای نیتروژنی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر رشد گیاه و جذب دیگر عناصر غذایی بویژه تحت شرایط تنشی دارد (۴۴؛ ۲۴). استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی باهدف حذف یا کاهش مصرف کود‌های شیمیایی و همچنین افزایش ایمنی و سلامت محصولات تولیدی می‌باشد (۳۳؛ ۲۹؛ ۱۷). در یک مطالعه، بالاترین میزان نیتروژن باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیداتی در گیاه ریحان شد (۳۴). همچنین، در کنگر فرنگی با کود اوره از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار محتوی فنل و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیداتی گیاه کاهش

(باز شدن کامل سیزدهمین جفت برگ) ازتوباکتر با آب مخلوط شده و داخل سم‌پاش کوچک ریخته و بر روی گیاهان اسپری شد. چون گیاه در شرایط دیم کشت شده بود فقط بعد از کاشت بذور یک مرحله آبیاری با آبپاش انجام گرفته و بعداً نیاز آبی گیاه با آب باران تأمین گردید. علف‌های هرز با وجین دستی مکرر انجام شد طوری که مزرعه عاری از علف هرز بود. آبیاری بر اساس نیاز گیاه یعنی با رسیدن به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به ظرفیت زراعی رسانده شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر برداشت نمونه‌ها ۱۳ هفته بعد از کاشت در مرحله ۸۰-۷۰ درصد گلدهی و در رسیدگی کامل گیاه (زمانی که ۸۰٪ از بذور سفت شده اند) در ۳ و ۹ و ۹۷ در دو مرحله انجام گرفت.

اندازه هر کرت ۲۰۰×۵۰ سانتی متر با ۴ ردیف کاشت بود. طول دوره رشد بالنگوی شهری در شرایط اعمال شده سه ماه بود. تیمار کود اوره در دو مرحله (۹ و ۱۱ هفته پس از کاشت) به‌صورت دستی و به مقدار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار با توجه به نیاز گیاه و آزمایش خاک (جدول ۱) داده شد. کود بیولوژیک (جمعیت آن ۱۰^۹ در هر گرم و تهیه‌شده از شرکت زیست فناوری سبز) در شرایط بذرمال در هنگام کاشت بذور در کرت کود در شرایط مزرعه با بذور بالنگوی شهری (تهیه‌شده از موسسه تحقیقاتی کشاورزی دیم کشور) مخلوط شده (طبق دستورالعمل، کود با کمی آب، مرطوب گردید و سپس با بذر مخلوط شدند و در بستر موردنظر کشت شدند) و در تاریخ ۲۱ اسفندماه کشت شدند. در تیمارهای محلول‌پاشی ۱۱ هفته بعد از کاشت



نمودار ۱- مجموع بارندگی، متوسط دمای ماهانه هوا و رطوبت نسبی برای فصل رشد ۱۳۹۷ در ارومیه، ایران.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

پارامترهای آنالیز خاک	بافت خاک Soil texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	EC (dS m ⁻¹)	%OC کربن آلی	%OM مواد آلی	%CCE کربنات کلسیم معادل	%N نیتروژن
خاک غیر شور non-saline soil	رسی لومی Clay Loam	۲۷	۳۲	۴۱	۰/۹۱	۱/۲۰	۲/۰۷	۶/۹۳	۰/۱۹
خاک شور saline soil	رسی لومی Clay Loam	۲۴	۳۶	۴۰	۶/۷۰	۱/۵۶	۲/۶۹	۹/۸۳	۰/۲۱

$$Sc(\%) = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

SC = درصد مهار رادیکال آزاد

A_0 = جذب کنترل (حاوی تمامی واکنشگرها به‌غیر از نمونه آزمایش)

A_s = جذب نمونه آزمایش

سنجش آنزیم کاتالاز: جهت اندازه‌گیری کاتالاز ۵۰ میکرو لیتر از عصاره با ۶۰۰ میکرو لیتر بافر فسفات سدیم با اسیدیته ۷، ۰/۱۵ میکرو لیتر EDTA، ۵۴۹/۸۵ میکرو لیتر آب مقطر درون تیوپ ریخته و ۳۸۲/۵ میکرو لیتر آب‌اکسیژنه به آن اضافه شد و سریع در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری قرائت شد. میزان جذب پس از سپری شدن ۱ دقیقه مجدداً یادداشت شد (۲۱).

سنجش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: اساس اندازه‌گیری فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، اثر بازدارندگی این آنزیم با احیای نوری نیتروبلوترازولیوم (NBT) است. مقدار ۲۰ میکرو لیتر از نمونه‌ها و ۱ میلی‌لیتر محلول واکنش در لوله‌های آزمایش ریخته شد و به‌منظور تهیه نمونه شاهد ۲۰ میکرو لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر محلول واکنش در لوله‌های مربوطه ریخته و لوله‌های آزمایش حاوی نمونه‌های تیماری و کنترل به مدت ۱۰ دقیقه در روشنایی حاصل از نور مصنوعی در یک اتاقک قرار داده شدند. سپس در طول موج ۵۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر نمونه‌ها قرائت و با استفاده از فرمول زیر میزان درصد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برای هر نمونه محاسبه شد (۳).

$$100 \times [OD \text{ کنترل} / OD \text{ کنترل} - OD \text{ نمونه‌ها}] = \text{فعالیت}$$

سوپراکسید دیسموتاز

سنجش آنزیم آسکوربات پراکسیداز: جهت اندازه‌گیری آنزیم ۵۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی، ۳۷/۵ میکرو لیتر آسکوربات، ۱۱۸/۸۵ میکرو لیتر آب در تیوپ ریخته و

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی: نیم گرم از نمونه برگی را در تاریخ ۹۷/۳/۲۰ (۹۰ روز پس از کاشت) برداشت کرده و با استفاده از هاون چینی کاملاً سرد و نیتروژن مایع هموزن شد و سپس ۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات سرد (اسیدیته ۷/۵) حاوی EDTA ۰/۵ میلی مولار به آن اضافه شد. سپس به لوله‌آزمایش منتقل شده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ داده شدند (۳).

تعیین میزان فنل کل: عصاره با غلظت ۱ به ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شده و ۰/۵ میلی‌لیتر از هر عصاره با ۲۵ میلی‌لیتر فولین سیو کالتیو ۰/۲ نرمال مخلوط و به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. سپس، ۲ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۲۰٪ (۲۰ گرم نمک کربنات سدیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شد تا محلول ۲۰٪ کربنات سدیم تهیه شود) اضافه شد. جذب نمونه‌ها بعد از ۲ ساعت قرار گرفتن نمونه‌ها در دمای اتاق توسط اسپکتروفوتومتر با طول موج ۷۶ نانومتر اندازه‌گیری شد (۳۶).

تعیین میزان فلاونوئید کل: عصاره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه شد و ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره در ۱/۵ میلی‌لیتر متانول حل و ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید ۱۰٪ به آن اضافه شده و سپس ۰/۱ میلی‌لیتر محلول پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به این محلول اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. اندازه‌گیری توسط اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر انجام شد (۲۲).

اندازه‌گیری درصد مهار رادیکال آزاد: مقدار ۵۰ میکرو لیتر از عصاره با ۵ میلی‌لیتر محلول DPPH ۰/۰۰۴ حل شده در متانول مخلوط کرده و بعد از ۳۰ دقیقه قرار گرفتن در حمام بخار آب در دمای اتاق، جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۲).

ایزوپروپانول در آب تا ۱۰ میلی‌لیتر رقیق شد. قندهای مراجع معتبر صحیح در آب مقطر حل شدند. همه نمونه‌ها از طریق میکرو فیلتر (۰/۴۵ میکرومتر) تصفیه شده و در ویال‌ها ذخیره می‌شوند تا در تجزیه با HPLC مورد استفاده قرار بگیرند (۲۷).

تجزیه و تحلیل HPLC پلی ساکاریدها: از آنالیز HPLC برای تعیین قندهای آزاد در محلول عصاره از موسیلاژ استفاده شد. تجزیه و تحلیل HPLC بر روی سیستم عامل - Unicam کریستال ۲۰۰ مجهز به ردیاب انکسار RID-10A و پمپ فشارقوی LC-10ADVP انجام شد. جداسازی و تعیین روی شکر پایه سری SC1011 (Shodex SUGAR) (اندازه ذرات ۶ میکرومتر، طول ۳۰۰ میلی‌متر، قطر ۸ میلی‌متر) با استفاده از آب دیونیزه شده به عنوان فاز متحرک با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه انجام شد. ده میلی-گرم از مانده پلی ساکاریدهای جدا شده و همچنین از قندهای منابع معتبر صحیح فوق‌الذکر به طور جداگانه در ۱ میلی‌لیتر آب دیونیزه حل شد. ۱۰ میکرو لیتر از هر نمونه به دستگاه تزریق شد. تعیین کمی بر اساس اندازه‌گیری سطح اوج بود، درحالی‌که شناسایی کیفی با مقایسه زمان‌های نگهداری قله‌ها با قندهای معتبر انجام شد (۲۵) که به شرح جدول ۲ می‌باشد.

۱۵۳ میکرو لیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شده و سریع در طول موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری خوانده شد (۱۴).

استخراج موسیلاژ و ترکیبات آن: استخراج موسیلاژ بر اساس انحلال اولیه در آب گرم انجام شد. بدین ترتیب که دانه‌های برداشت شده (برداشت پس از رسیدگی کامل در تاریخ ۹۷/۴/۱۰ معادل ۱۱۲ روز پس از کاشت) به نسبت ۴۰:۱ در آب گرم ۱۰۰ درجه وارد شده و با همزن به مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. سپس نمونه‌ها در دمای اتاق سرد شده و پس از آن به مدت ۳۰ دقیقه در ۵ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شده و محلول جدا شده از صافی الیاف پشم‌شیشه عبور داده شد که با اضافه نمودن اتانول ۹۶ درصد رسوب داده شد. رسوب با سانتریفیوژ به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در ثانیه جدا گردید (۴۰).

هیدرولیز اسید موسیلاژ: ۱۰ میلی‌گرم از موسیلاژ هر یک از تیمارها به طور جداگانه در یک لوله آزمایش با ۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار ریخته شد و سپس به مدت ۲۰ ساعت در حمام آب جوش قرار گرفت. در پایان هیدرولیز، هر رسوبی تصفیه شد. این عمل تصفیه باعث آزادی یون‌های سولفات و تهنشینی کربنات باریم شد. هیدرولیزها به طور جداگانه تحت خلأ در دمای بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد به یک قوام شربت مانند غلیظ درآمدند که با ۱۰٪

جدول ۲- مقایسه زمان‌های نگهداری قله‌ها با قندهای معتبر برحسب دقیقه

گلوکز	زایلوز	گالاکتوز	رامنوز	رافینوز	ارابینوز	گلوکورونیک اسید	گالاکتورونیک اسید
۷/۸۰	۸/۶۷	۸/۹۵	۹/۲۴	۱۰/۲۷	۱۰/۵۹	۲۳/۳	۲۶/۰

مولار به مدت ۴ ساعت در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد هیدرولیز شد. پس از آن، هیدرولیز تحت خلأ خشک شد و توسط ۱ میلی‌لیتر آب مجدداً حل شد. محلول حاصل (۱۰۰ میکرو لیتر) با ۲۰۰ میکرو لیتر محلول متانول (۰/۵ M) PMP

تجزیه و تحلیل ترکیب اسید اوریک: پس از هیدرولیز اسید، ترکیب مونوساکارید با کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) شناسایی شد. به طور خلاصه، نمونه (۵ میلی‌گرم) توسط ۲ میلی‌لیتر اسیدتری فلئوراستریک ۲

درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافته تا دمای نهایی رسیده است. دمای انژکتور و ردیاب در دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده است (۳۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1، و میانگین‌ها توسط نرم‌افزار MSTAT-C و با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر روی درصد موسیلاژ، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، فنل و فلاونوئید کل، درصد مهار رادیکال آزاد، گلوکز، زایلوز، گالاکتوز، رافینوز، رافینوز، آرابینوز، گالاکتورونیک و گلوکورونیک اسید داشت. همچنین تیمارهای کود نیتروژنه (شاهد، اوره، محلول‌پاشی ازتوباکتر، بذرمال ازتوباکتر) بر روی درصد روغن، درصد موسیلاژ، سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، فنل و فلاونوئید کل، درصد مهار رادیکال آزاد، گلوکز، زایلوز، گالاکتوز، رافینوز، گالاکتورونیک و گلوکورونیک اسید داشت. برهمکنش "شوری×تیمارهای کود نیتروژنه" بر روی کاتالاز، فنل کل، گلوکز، زایلوز، گالاکتوز، رافینوز، گالاکتورونیک اسید معنی‌دار بود (جدول ۳).

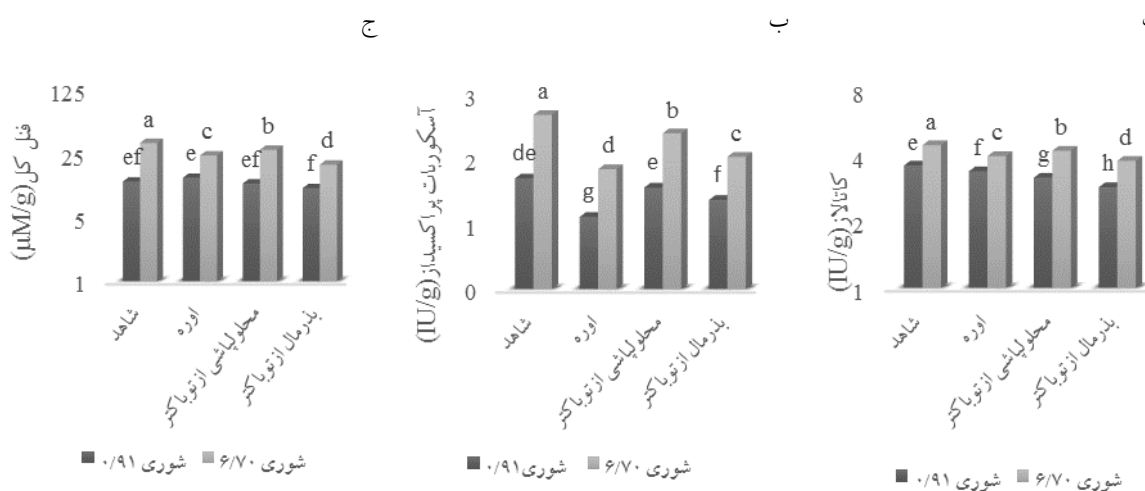
صفات بیوشیمیایی: بیشترین میزان آنزیم کاتالاز (1 IU.g^{-1}) (۴/۴۴) مربوط به گیاهان رشد کرده در خاک شور و بدون تیمار نیتروژن بود. تیمار بذرمال ازتوباکتر در شرایط غیر شوری ($2/86 \text{ IU.g}^{-1}$) بیشترین کاهش را از خود نشان داد. به‌طور کلی شوری باعث افزایش میزان آنزیم کاتالاز در گیاه بالنگو شد به عبارت دیگر می‌توان گفت که تنش شوری مقدار کاتالاز را در تمام تیمارها افزایش داد. در هر دو شرایط شور و غیرشور، تیمارهای کودی باعث کاهش کاتالاز شده است. بیشترین کاهش کاتالاز در تیمارهای کودی به ترتیب در اوره، محلول‌پاشی ازتوباکتر و کاربرد

۲۰۰ میکرو لیتر محلول NaOH (۰/۳ M) مخلوط شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد واکنش نشان داد. واکنش از طریق خنثی‌سازی با ۴۵۰ میکرو لیتر از محلول هیدرو کلراید ۰/۳ مولار متوقف شد و محصول پس‌از آن سه بار با کلروفرم تقسیم شد. سپس، لایه آبی جمع‌آوری شده از طریق یک غشای فیلتر ۰/۴۵ میکرومولار فیلتر شده و در معرض HPLC قرار گرفت که توسط یک ستون Phenomenex GEMINI-NX C18 (۲۵۰ نانومتر ۴/۶۶ نانومتر، ۵ میکرومتر) بر روی دستگاه Agilent 1200 در ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. محلول‌های نمکی بافر فسفات پتاسیم (۰/۱ M، pH ۶/۷) حاوی ۰/۸۳٪ استونیتریل (حلال A) و ۰/۱۷٪ استونیتریل (حلال B) به‌عنوان مراحل موبایل مورد استفاده قرار گرفت و طول‌موج تشخیص اشعه ماوراءبنفش در ۲۵۰ نانومتر تنظیم شد. اجزای مونوساکارید سرانجام با مقایسه زمان نگهداری آن‌ها با ساکاریدهای استاندارد مشخص شد (۵۲؛۴۱).

استخراج روغن و اندازه‌گیری اسیدهای چرب: برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب ابتدا مقدار ۲ گرم از دانه‌های (برداشت پس از رسیدگی در تاریخ ۹۷/۴/۱۰ معادل ۱۱۲ روز پس از کاشت) هریک از تیمارها پودر شده و در یک محفظه دستگاه سوکسوله (Soxhlet) قرار داده و توسط محلول ان‌هگزان استخراج گردید تا درصد روغن دانه به دست آید (۴۹). استریزاسیون با اضافه کردن ۳ میلی‌لیتر هپتان در لوله‌آزمایش، انجام شد. بعد از سانتریفیوژ لوله‌ها به مدت ۵ دقیقه گلیسرول در روی سطح شناور گردید که مقدار ۰/۲ میکرو لیتر از هر نمونه برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. کروماتوگرافی گاز (دنی، ایتالیا) مدل GC-1000 مجهز به یک انتگرال یونیزاسیون آشکارساز شعله و رابط DS-1000 متصل به یک ستون برای جدایی از متیل استر ۳۰ متر طول با قطر داخلی ۰/۳۳ میلی‌متر بود. دمای ستون از ۱۰۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به مدت ۳ دقیقه تنظیم شده و پس از ۸ دقیقه توقف در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، دوباره با سرعت ۱۰

دو محیط شور و غیرشور باعث بیشترین مقدار آسکوربات نسبت به بقیه تیمارهای نیتروژن شد (نمودار ۲-ب). بیشترین میزان فنل کل ($32/50 \mu\text{M.g}^{-1}$) مربوط به گیاهان رشد کرده در شرایط شوری بدون تیمار نیتروژن می‌باشد. تیمار بذرمال غیر شوری کمترین مقدار فنل کل ($\mu\text{M.g}^{-1}$) ۴۰/۱۰ را داشت. فنل کل در شرایط شور برای کلیه تیمارهای کودی بیشتر بود (نمودار ۲-ج).

بذرمال آن مشاهده شد (نمودار ۲-الف). کمترین میزان آسکوربات پراکسیداز (10IU.g^{-1}) مربوط به تیمار کود اوره در محیط غیر شور بود. گیاهانی که در شرایط تنش شوری شاهد رشد کرده بودند بیشترین میزان آسکوربات پراکسیداز ($2/66 \text{IU.g}^{-1}$) را از خود نشان دادند. شوری باعث افزایش مقدار آسکوربات پراکسیداز در کلیه تیمارهای کودی به ترتیب شاهد، محلول‌پاشی و بذرمال ازتوباکتر، و کاربرد اوره شد. محلول‌پاشی ازتوباکتر در هر



نمودار ۲- مقایسه میانگین‌های کاتالاز (الف)، آسکوربات پراکسیداز (ب) و فنل کل (ج) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

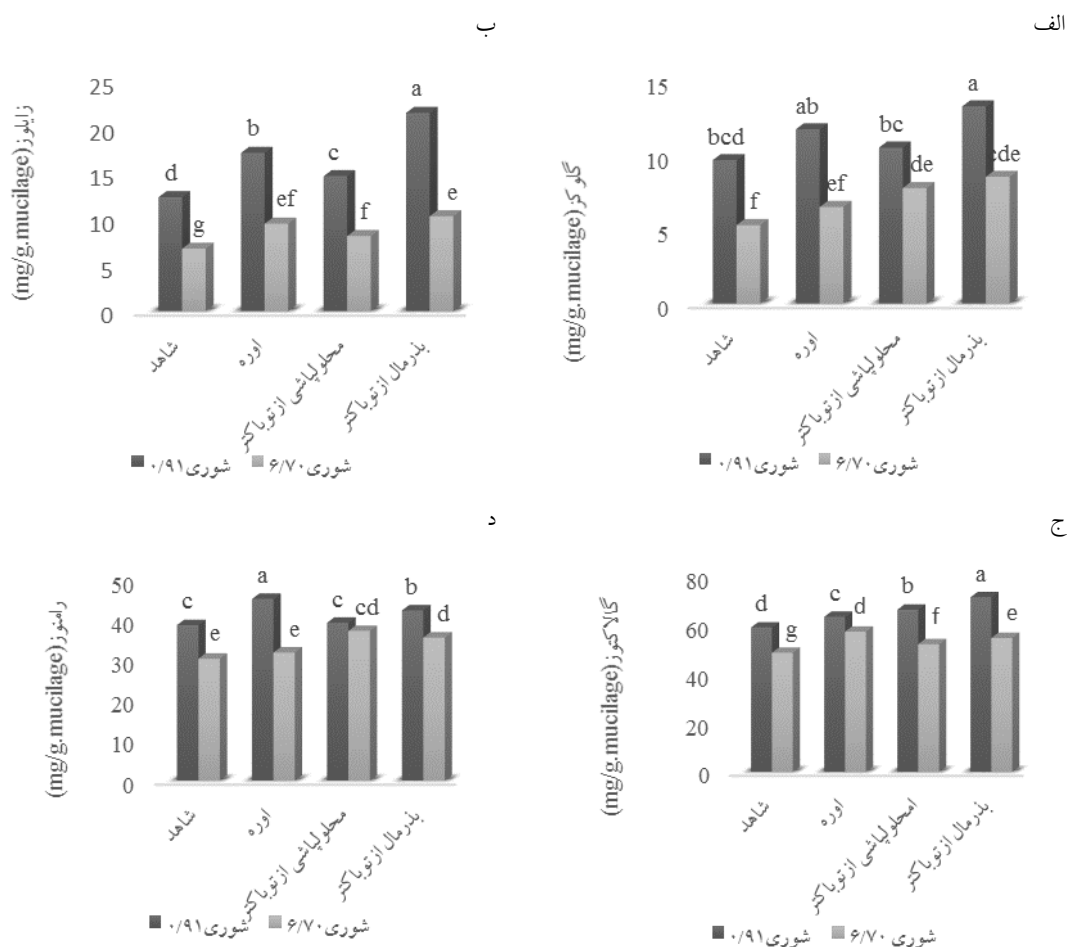
اسید، پالمیتوئیک اسید، پالمیتیک اسید و میرستیک اسید بیشترین مقدار مربوط به بذرمال غیر شوری و کمترین مقدار مربوط به شوری بدون کود نیتروژن بود. مقادیر اسیدهای چرب دانه بالنگوی شهری شامل پالمیتیک اسید $6/15\%$ ، استئاریک اسید $1/8\%$ ، اولئیک اسید $10/3\%$ ، لینولئیک اسید $10/8\%$ و لینولنیک اسید $6/8\%$ گزارش شده است (۳۶). در تیمارها با شوری ۰/۹۱ دسی‌زیمنس بر متر (شاهد)، اسیدهای چرب لینولنیک اسید (امگا ۳)، لینولئیک اسید (امگا ۶)، اولئیک اسید (امگا ۹)، پالمیتیک اسید، استئاریک اسید، میریستیک اسید و پالمیتوئیک اسید به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار بود. این نتایج در شوری ۶/۷۰ همانند شرایط غیر شور بود با این تفاوت که

درصد روغن و محتوای اسیدهای چرب: تنش شوری در کل باعث افزایش میزان لینولنیک اسید نسبت به محیط غیر شور شد ولی بیشترین مقدار امگا ۳ در تیمار شاهد بود و در مورد تیمارهای نیتروژن بیشترین مقدار مربوط به محلول‌پاشی ازتوباکتر در هر دو شرایط شوری و غیر شور بود. میزان لینولنیک اسید در بذرمال ازتوباکتر محیط شوری و شاهد غیر شوری بیشترین مقدار را داشت ولی در کل بیشترین مقدار مربوط به شاهد بدون تیمار نیتروژن در شرایط غیر شور، و کمترین مقدار مربوط به محلول‌پاشی ازتوباکتر در تنش شوری بود. مقدار اولئیک اسید در محیط تنش شوری شاهد بالنگوی شهری بیشترین مقدار و در بذرمال غیر شوری کمترین مقدار را داشت. در استئاریک

گلوکز، زایلوز و گالاکتوز در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود، بنابراین کود اوره و ازتوباکتر (مخصوصاً در تیمار بذرمال ازتوباکتر) با تأثیر بر گیاه بالنگو از کاهش بیش‌ازحد مقدار گلوکز، زایلوز و گالاکتوز در شرایط شور جلوگیری کردند (نمودار ۳- الف، ب و ۳- ج). در محیط غیر شور بیشترین مقدار رامنوز (۴۵/۱۱ میلی‌گرم در هر گرم موسیلاژ) در تیمار کود اوره مشاهده شد. میزان رامنوز در شرایط غیر شوری و کاربرد اوره همانند شرایط شوری بدون تیمار نیتروژن و کاربرد اوره (به ترتیب تا ۳۰/۲۵ و ۳۱/۸۰ میلی‌گرم در هر گرم موسیلاژ) کاهش یافتند (نمودار ۳- د).

شوری مقدار امگا ۹ در بالنگو را نسبت به امگا ۶ افزایش داد (جدول ۴).

درصد و ترکیبات موسیلاژ: موسیلاژ بالنگو در شرایط غیر شوری و تیمار بذرمال ازتوباکتر به ترتیب در گلوکز، زایلوز و گالاکتوز با ۱۳/۲۶ و ۲۱/۶۰ و ۷۱/۵۲ میلی‌گرم در هر گرم موسیلاژ بیشترین مقدار را از خود نشان دادند. کمترین مقادیر گلوکز، زایلوز و گالاکتوز در تنش شوری تیمار بدون کود (به ترتیب ۵/۲۷ و ۶/۸۰ و ۴۸/۷۴ میلی‌گرم در هر گرم موسیلاژ) مشاهده شدند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی در شرایط شور و غیر شور از نظر گلوکز، زایلوز و گالاکتوز وجود داشت. به‌طوری‌که شوری باعث کاهش میزان این ترکیبات شد. کاهش مقادیر



نمودار ۳- مقایسه میانگین‌های گلوکز (الف)، زایلوز (ب)، گالاکتوز (ج) و رامنوز (د) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده بلنگو شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن.

درصد مهار رادیکال	فلاونوئید کل	Quercetin.g ⁻¹	فصل کل		آسکوربات پر اکسیداز		درجه آزادی	منبع تغییرات
			μM.g ⁻¹	IU.g ⁻¹	سوپر اکسید دیسموتاز	درصد روغن		
۰/۰۴ ^{NS}	۰/۲۹ ^{NS}	۲/۴۰ ^{NS}	۰/۹۷ ^{NS}	۲/۵۷ ^{NS}	۱/۹۸ ^{NS}	۴/۴۳ ^{NS}	۲	بلوک
۵۵۶/۸۰ ^{**}	۸۴/۴۵ ^{**}	۱۱۱۲/۴۸ ^{**}	۳۸/۱۶ ^{**}	۶۹/۵۵ ^{**}	۷/۸۶ ^{NS}	۷۵/۲۶ ^{**}	۱	شوری (S)
۳۳/۴۵ ^a	۵/۵۶ ^b	۱۱/۹۷ ^b	۱/۴۲ ^b	۳/۲۵ ^b	۲۷۷۰ ^a	۱۳/۵۴ ^a	-	شاهد
۲۳/۸۲ ^b	۹/۳۱ ^a	۲۵/۵۹ ^a	۲/۲۲ ^a	۴/۰۹ ^a	۳/۴۹ ^a	۱۰/۰۰ ^b	-	شوری ۶۷۰
۶۴/۴۸ ^{**}	۱۴/۲۳ ^{**}	۶۲/۴۱ ^{**}	۵۷/۸۹ ^{**}	۴۸/۷۷ ^{**}	۲۵/۲۷ ^{**}	۶/۱۵ [*]	۳	تیمارهای کود نیتروژن (N)
۲۴/۸۵ ^d	۹/۱۰ ^a	۲۲/۴۰ ^a	۲/۱۷ ^a	۳/۳۳ ^a	۲۹/۱۹ ^a	۱۱/۵۰ ^{ab}	-	شاهد
۳۰/۱۱ ^b	۸/۲۵ ^a	۱۸/۵۸ ^b	۱/۴۶ ^d	۲/۵۸ ^c	۲۴/۳۴ ^c	۱۰/۷۵ ^b	-	اوره
۲۷/۲۵ ^c	۶/۷۸ ^b	۱۹/۵۵ ^b	۱/۹۶ ^b	۳/۶۷ ^b	۲۷/۹۲ ^{ab}	۱۱/۶۶ ^{ab}	-	محلول پاشی از توپاکتر
۳۲/۳۵ ^a	۵/۶۳ ^c	۱۴/۶۰ ^c	۱/۶۹ ^c	۳/۳۱ ^c	۲۷/۰۶ ^b	۱۳/۱۶ ^a	-	بذر مال از توپاکتر
۰/۶۰ ^{NS}	۲/۰۴ ^{NS}	۴۳/۳۹ ^{**}	۰/۲۷ [*]	۵/۴۳ [*]	۰/۰۸ ^{NS}	۴/۵۹ ^{NS}	۳	S×N
۲/۱۴	۰/۷۴	۱/۴۷	۰/۰۷	۰/۹۸	۱/۷۳	۱/۸۳	۱۴	اشتباه آزمایشی
۵/۱۱	۱۱/۶۱	۶/۴۶	۴/۶۳	۲/۷۰	۳/۸۵	۱۱/۴۹	%	ضریب تغییرات

NS، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است.

ادامه جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده بالنگو شهری تحت تاثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	گلوکز	زایلوز	گالاکتوز	رامنوز	رامنوز	آرابینوز	گالاکتورونیک اسید	گلوکورونیک اسید	منابع تغییرات
بلوک	۲	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۱/۲۰ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۱/۵۷ ^{ns}	۳۷/۸۵ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	
شوری (S)	۱	۱۰۹/۲۶ ^{**}	۳۶۳/۴۸ ^{**}	۸۴۰/۵۲ ^{**}	۳۴۶/۵۶ ^{**}	۳۰۷/۴۶ ^{**}	۵۵۳/۳۴ ^{**}	۲۶۵۶/۵۱ ^{**}	۸۲۳/۶۸ ^{**}	
شاهد ۰/۹۱ شوری ۶/۷۰	-	۱۱/۳۷ ^a	۱۶/۴۹ ^a	۶۵/۱۳ ^a	۴۱/۲۸ ^a	۲/۱۲ ^a	۶۵/۰۰ ^a	۱۲۰/۳۸ ^a	۶۲/۵۷ ^a	
تیمارهای کود نیتروژنه (N)	۳	۷/۰۱ ^b	۸۷۰ ^b	۵۳۳۰ ^b	۳۳/۶۸ ^b	۱/۴۱ ^b	۵۵/۴۰ ^b	۹۹/۳۴ ^b	۵۰/۸۵ ^b	
شاهد	-	۱۱/۸۰ ^{**}	۴۶/۵۰ ^{**}	۹۰/۲۲ ^{**}	۲۵/۴۵ ^{**}	۴۹/۵۱ ^{**}	۲۷/۰۵ ^{ns}	۲۹۱/۹۶ ^{**}	۱۰۳/۱۷ ^{**}	
شاهد	-	۷/۴۵ ^c	۹/۶۰ ^d	۵۳/۹۳ ^c	۳۴/۴۱ ^b	۱/۴۶ ^d	۵۷/۰۴ ^a	۱۰۱/۵۵ ^c	۵۲/۲۵ ^c	
آورده	-	۹/۱۰ ^b	۱۳/۳۸ ^b	۶۰/۴۵ ^b	۳۸/۴۵ ^a	۲/۱۱ ^a	۶۱/۶۰ ^a	۱۱۵/۳۵ ^a	۶۱/۴۶ ^a	
مخلول‌پاشی ازتوباکتر	-	۹/۱۲ ^b	۱۱/۴۴ ^c	۵۹/۳۲ ^b	۳۸/۱۶ ^a	۱/۶۱ ^c	۶۱/۱۶ ^a	۱۰۶/۶۵ ^b	۵۴/۴۵ ^c	
بذرمان ازتوباکتر	-	۱۰/۸۹ ^a	۱۵/۹۶ ^a	۶۳/۱۷ ^a	۳۸/۸۸ ^a	۱/۸۷ ^b	۶۱/۰۰ ^a	۱۱۵/۹۰ ^a	۵۸/۷۰ ^b	
S×N	۳	۱/۷۶ ^{**}	۹/۲۳ ^{**}	۳۲/۰۴ ^{**}	۳۲/۵۸ ^{**}	۰/۹۷ ^{ns}	۵۱/۰۲ ^{ns}	۳۳/۸۲ [*]	۱/۴۱ ^{ns}	
اشتباه آزمایشی	۱۴	۰/۲۹	۰/۵۹	۱/۶۸	۱/۶۹	۰/۶۵	۴۳/۴۶	۷/۰۵	۳/۶۵	
ضرب تغییرات	%	۵/۹۵	۶/۱۰	۲/۱۹	۳/۴۶	۴/۵۸	۱۰/۹۵	۲/۴۱	۳/۳۷	

*** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. حروف غیرشابه نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها است.

بحث

به مطالبی که گفته شد، کاهش محتوای موسیلاژ تحت شرایط شوری می‌تواند ناشی از تجزیه شدن این هیدروکربن‌های نامحلول به هیدروکربن‌های محلول، به‌منظور تنظیم اسمزی و سایر فعالیت‌های حیاتی گیاه باشد (۳۵). در آزمایشی بر روی گیاه دارویی عناب با افزایش تنش مقدار گلوکز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۳). در تحقیقی بر روی بالنگو گزارش شد که موسیلاژ بالنگو دارای مونوساکاریدهای گالاکتورونیک اسید، گالاکتوز، مانوز، آرابینوز، گزیلوز، گلوکز و رامنوز می‌باشد (۱۱). تعادل در مصرف کودهای نیتروژنه نقش مهمی در رشد، فتوسنتز و انباشت کربوهیدرات‌ها در گیاه دارد (۴۳). معمولاً افزایش کاربرد نیتروژن از مقادیر کمبود تا مقادیر متوسط و مورد نیاز منجر به افزایش فتوسنتز و کربوهیدرات‌های گیاه می‌گردد و کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن منجر به کاهش غلظت کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌گردد (۴۲؛ ۴۵). ترکیبات موسیلاژی به‌عنوان یکی از متابولیت‌های ثانویه (مولکول‌های زنجیره‌ای و توسعه‌یافته قندی) می‌تواند بسته به فراهمی آب و عناصر غذایی ناشی از کودهای زیستی تحت تأثیر قرار گرفته و از کمیت و کیفیت متغیری برخوردار باشد (۲۰؛ ۵۳).

نتیجه‌گیری

شوری به‌غیر از درصد روغن و تیمار کود نیتروژن به غیر آرابینوز بر کلیه صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری داشت. در شرایط غیر تنش اسیدهای چرب اسید لینولنیک (امگا ۳)، اسید لینولنیک (امگا ۶)، اسید اولئیک (امگا ۹)، پالمیتیک اسید استئاریک اسید میریستیک اسید پالمیتولنیک اسید به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار بود. با این حال، شوری خاک مقدار امگا ۹ در بالنگو را نسبت به امگا ۶ افزایش داد. شوری و اعمال کود نیتروژنه باعث افزایش میزان قندهای موجود در بذره‌های بالنگوی شهری شد. همچنین اعمال کودهای نیتروژنه در بالنگوی شهری باعث بهبود پاسخ بیوشیمیایی به شوری شد، طوری که تغییرات

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها به دلیل داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی ویژه، امروزه نقش بسزایی در سالم‌سازی تغذیه انسان در رژیم ضد سرطان دارند (۱۳). در برخی از گونه‌های گیاهی، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نقش کلیدی و مؤثری در تحمل به تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند (۳۷). ترکیبات فنولی جزئی از مواد سلولی می‌باشند که در طی دوره تنش اثرهای آن را تعدیل می‌نماید. همچنین، اجتماع ترکیبات فنولی در گیاهان متحمل به شوری راه‌کار گیاه برای مهار فعالیت رادیکال‌های اکسیژن فعال و محافظت غشای سلول از صدمات تنش شوری به حساب می‌آید (۲۶). افزایش غلظت فنول کل در توده‌های مختلف کوشیا (*Kochia scoparia*) در اثر تنش شوری گزارش شده است (۱۵). در طی تنش‌ها آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی از قبیل (کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز) فعال می‌شوند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانت‌ها با تحمل به تنش در گیاهان، رابطه مستقیم دارد (۱). تحقیقات متعددی نشان داده که باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) از طریق تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های مختلف می‌شوند (۲۸؛ ۵۰؛ ۵۱). احتمالاً تولید متابولیت‌ها توسط PGPR نقش بسزایی در تحریک و بیان پروتئین‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی ایفا می‌کند (۸). در تحقیقی که بر روی ریحان انجام گرفت مشاهده شد سطوح بالای نیتروژن به میزان قابل‌توجهی باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی شد (۳۴). در تحقیق دیگری نیز با مطالعه سطوح مختلف کود نیتروژنی در *Labisia pumila* گیاهانی که کوددهی شده بودند به‌طور قابل‌توجهی فعالیت آنتی‌اکسیدانتی پایین‌تری نشان دادند (۳۰).

موسیلاژها، هیدروکربن‌های نامحلولی می‌باشند که پس از تجزیه انرژی تولید می‌کنند. افزایش روند کاهش موسیلاژ در تنش شوری بیانگر استفاده بیشتر گیاه از ذخایر هیدروکربنی نامحلول در اثر تنش شوری می‌باشد. با توجه

می‌شود از محلول‌پاشی کود اوره در کنار تثبیت بیولوژیک نیتروژن نیز به عنوان تیمار بر روی گیاه بالنگو استفاده گردد.

(کاهش و افزایش) بیوشیمیایی در گیاه در جهت مقابله با تنش می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان کود بیولوژیک ازتوباکتر را به روش بذرمال جایگزین کود شیمیایی اوره نمود. برای آزمایشات و تحقیقات آتی توصیه

منابع

- آزاد.م.، رستمی.م.، قبولی.م.، موحدی.ز. ۱۳۹۷. برهمکنش تنش شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات فیزیولوژیک بالنگو (*Lallemantia royleana*). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۳۳(۲): ۲۹۵-۳۰۷.
- اسدی بربری.ها. س.، رودباری.ف.، مهاجرانی.م.، محمودی اطاقوری.آ.، پورمرادی.س.، حسن‌زاده.ن. ۱۳۹۵. ظرفیت مهار رادیکال آزاد و اثر سمیت سلولی عصاره متانولی گیاه *Eremostachys labiosiformis* (Popov) Knorring بر روی رده سلولی Vero. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. ۸(۴): ۶۴۱-۶۳۳.
- امیرجانی.م.ر.، آبنوسی.م.ح.، مهدیه.م.، قره‌شیخ‌لو.س. ۱۳۹۴. بررسی اثر سرب بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان پرولین و آلکالوئید کل کالوس گیاه پرپوش. مجله سلول و بافت (علمی-پژوهشی). ۶(۱): ۹-۲۱.
- الهدادی.م.، مشرف بروجنی.ل. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مختلف اوره بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه دارویی کنگر فرنگی. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. ۱۳(۴): ۴۹-۶۰.
- انصاری.م.ح.، هاشم‌آبادی.د.، یادگاری.م. ۱۳۹۶. اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر صفات زراعی و فیزیولوژیک دو رقم گندم تحت شرایط دیم. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۴۰(۲): ۸۹-۷۵.
- بهرامی.م.ر.، خواجه حسینی.م.، داوری.ک. ۱۳۹۷. نقش اکوفیزیولوژیکی موسیلاژ سطح بذر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بالنگو شیرازی (*Lallemantia royleana* (Benth.) Benth.in Wall) در شرایط تنش خشکی و شوری. نشریه علوم و فناوری بذر ایران. ۷(۱): ۱۰۱-۱۱۱.
- سپهری.ع.، صمدی.م. ۱۳۹۴. اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و تراکم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*). پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۳): ۴۸۵-۴۹۵.
- سپهری.م.، جهان‌دیده مهجن آبادی.و.، اسدی رحمانی.ه.، صادقی حسنی.ع. ۱۳۹۴. اثر باکتری *Rhizobium leguminosarum* b.v. phaseoli بر رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و جذب عناصر غذایی گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط تنش شوری. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۵(۲): ۱۶۵-۱۸۰.
- سید شریفی.ر.، کمری.ح.، نجفی.ق. ۱۳۹۴. تأثیر تنش شوری و تغذیه برگی با نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی جو (*Hordeum vulgare*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۲): ۳۹۹-۴۱۰.
- عبداللهی.م.، ملکی فراهانی.س.، فتوکیان.م.ح.، حسن‌زاده قورت تپه.ع. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب بالنگوی شهری و شیرازی تحت شرایط تنش خشکی برای مدیریت آبیاری. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۳(۲): ۱۰۳-۱۲۰.
- فکری.ن.، خیامی.م.، حیدری.ر.، و جوادی.م.ع. ۱۳۸۷. جداسازی و شناسایی مونوساکاریدهای موجود در موسیلاژ بالنگوی سیاه به روش کروماتوگرافی لایه نازک. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۴(۲): ۲۰۷-۲۱۶.
- مظفری.و. ۱۳۸۹. شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران. فرهنگ معاصر. تهران.
- مفاخری.ن.، پوراسماعیل.م.، منصورفر.س.، سادات اسیلان.ک. ۱۳۹۹. بررسی تنوع صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گونه‌های زراعی. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۳۳(۱): ۱-۱۵.
- منتظری نژاد.س.، سلوکی.م.، فاخری.ب. ۱۳۹۲. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (Cm APX) و میزان بیان ژن کد کننده آن تحت تنش شوری در توده‌های خربزه (*Cucumis melo* L.) بومی سیستان. مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی. ۲۰(۲): ۱۴۵-۱۵۴.

۱۶. یوسف پور، ز.، یدوی، ع. ۱۳۹۳. تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴(۱):۹۵-۱۱۲.
۱۵. نباتی، ج. ۱۳۸۹. تأثیر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و ویژگیهای کمی و کیفی علوفه کوشیا (*Kochia scoparia*). رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*. 138:111584.(۴۱)
- Aghayie Noroozlo, Y., Souri, M.K., Delshad, M., 2019. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on Lettuce growth. *Open Agriculture*. 4(1):164-172.
 - Ahmadi, M., Souri, M.K., 2019. Nutrient uptake, proline content and antioxidant enzymes activity of pepper (*Capsicum annum* L.) under higher electrical conductivity of nutrient solution created by nitrate or chloride salts of potassium and calcium. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*. 18(5):113-122.
 - Ahmadi M, Souri M.K. 2018. Growth and mineral elements of coriander (*Corianderum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. *Acta Physiologia Plantarum*. 40: 94-99.
 - Auge R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11(1): 3-42.
 - Beers G.R., Sizer I.V. 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Journal of Biological Chemistry*. 195(1): 133-140.
 - Chang Y.L., Kim D.O., Lee K.W., Lee H.J., Lee C.Y. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(13): 3713-3717.
 - Clifford S.C., Arndt S.K., Popp M., Jones H.G. 2002. Mucilages and polysaccharides in Ziziphus species (*Rhamnaceae*): Localization, composition and physiological roles during drought-stress. *Journal of Experimental Botany*. 53: 131-138.
 - Dehnavard, S., Souri, M.K., Mardanlu, S., 2017. Tomato growth responses to foliar application of ammonium sulfate in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*. 40(3): 315-323.
 - El Sayed A.M., Ezzat S.M., Khalil M.N., El-Hawary S.S. 2016. Chemical composition and evaluation of possible alpha glucosidase inhibitory activity of eight *Aloe* species. *Journal of Medicinal Plants Research*. 10(13):167-178.
 - Fattahi, B., Arzani, K., Souri, M.K., Barzegar, M., 2019. Effects of cadmium and lead on seed germination, morphological traits, and essential
 - Gertz C.H. 1990. *HPLC Tips and Tricks*. Great Britain, Oxford. P 608.
 - Gururani M.A., Upadhyaya C.P., Baskar V., Venkatesh. J., Nookaraju. A., Park S.W. 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32(2): 245-258.
 - Han H.S., Supanjani D., Lee K.D. 2006. Effect of coin calculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*. 52: 130-136.
 - Ibrahim M.H., Jaafar H.Z.E., Rahmat A., Abdul Rahman Z. 2011. Involvement of nitrogen on flavonoids, glutathione, anthocyanin, ascorbic acid and antioxidant activities of Malaysian medicinal plant *Labisia pumila* Blume (Kacip Fatimah). *International Journal of Molecular Sciences*. 13(1): 393-408.
 - Kumar R., Goyal, V., Kuhad M.S. 2005. Influence of fertility- salinity interactions on growth, water status and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Plant Physiology*. 10(2): 139-144.
 - Mahmood, T., Kaiser W.M. 2003. Growth and solute composition of the salt-tolerant Kallar grass (*Leptochloa fusca* L.) as affected by nitrogen source. *Plant and Soil*. 252(2): 359-366.
 - Naiji, M. and Souri, M.K., 2018. Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*. 17(2): 167175.
 - Nguyen P.M., Niemeyer. E.D. 2008. Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 8685- 8691.
 - Niu X., Narasimhan M., Salzman R., Bressan R., Hawegawa P. 1993. NaCl regulation of plasma membrane H⁺ /ATPase gene expression in a

- glycophyte and a halophyte. *Plant Physiology*. 103: 713-718. 17.
20. Ordone A.A.L., Gomez J.D., Vattuone M.A. 2008. Antioxidant activities of *Sechium edule* Swartz extracts. *Food Chemistry*. 97(3): 452-458.
 21. Raza S.H., Ashraf M., Athar H.R. 2007. Glycinebetaine-induced modulation of antioxidant enzyme activities and ion accumulation in two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 60(3): 368-376.
 22. Refaat M.A., Soad S.E., Hesham A. 2008. Response of salt stressed *Ricinus communis* L. to exogenous application of Glycerol and/or Asparatic acid. *Journal of Biological Sciences*. 8(1): 171-175.
 23. Samadi S., Khaiyamian M., Tappe H.A.G. 2007. A Comparison of Important Physical and Chemical Characteristics of Six *Lallemantia iberica* (Bieb.) Fisch. and Mey. Varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6(4): 387-390.
 24. Singer F.A.W., Taha F.S., Mohamed S.S., Gibriel A., El Nawawy M. 2011. Preparation of mucilage/protein products from Flaxseed. *American Journal Food Technology*. 6(4): 260-278.
 25. Siu K.C., Xu L., Chen X., Wu J.Y. 2016. Molecular properties and antioxidant activities of polysaccharides isolated from alkaline extract of wild *Armillaria ostoyae* mushrooms. *Carbohydrate Polymers*. 137: 739-46.
 26. Souri M.K., Hatamian, M. 2019. Aminocheleates in plant nutrition; a review. *Journal of Plant Nutrition*. 42 (1): 67-78.
 27. Souri M.K., Naiji, M, Kianmehr, M.H., 2019. Nitrogen release dynamics of a slow release urea pellet and its effect on growth, yield, and nutrient uptake of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 42(6): 604-614.
 28. Souri M.K., Yaghoubi Sooraki F., 2019. Benefits of organic fertilizers spray on growth quality of chili pepper seedlings under cool temperature. *Journal of Plant Nutrition*. 42(6): 650-656.
 29. Souri, M.K., Dehnavard, S., 2018. Tomato plant growth, leaf nutrient concentrations and fruit quality under nitrogen foliar applications. *Advances in Horticultural Science*. 32(1): 41-47.
 30. Souri M.K., Naiji, M., Aslani, M., 2018. Effect of Fe-Glycine aminocheleate on pod quality and iron concentrations of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under lime soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 49(2): 215-224.1
 31. Souri M.K., Sooraki, F.Y., Moghadamyar M., 2017. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminocheleate fertilizer. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. 58(6): 530-536.
 32. Souri, M.K., 2016. Aminocheleate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*. 1: 118-123.
 33. Soxhlet F. 1879. Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal* (in German). 232: 461-465.
 34. Štajner D., Kevrešan S., Gašić O., Mimica-Dukić N., Zongli H. 1997. Nitrogen and Azotobacter chroococcum enhance oxidative stress tolerance in sugar beet. *Biologia Plantarum*. 39(3): 441.
 35. Turan M., Güllüce M., Çakmak R., Şahin F. 2013. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. *Journal of Plant Nutrition*. 36(5): 731-748.
 36. Wen L., Xu Y., Wei Q., Chen W., Chen G. 2018. Modeling and optimum extraction of multiple bioactive exopolysaccharide from an endophytic fungus of *Crocus sativus* L. *Pharmacognosy Magazine*. 14(53): 36.
 37. Yousefi A.A., Khavazi K., Moezi A.A., Rejali F., Nadian H.A. 2011. Phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi impacts on inorganic phosphorus fractions and wheat growth. *World Applied Sciences Journal*. 15(9): 1310-1318.

Enzymatic Response, Mucilage Compounds, and Fatty Acids of *Lallemantia* Seed to Chemical and Biological Nitrogen Sources under Salinity Stress Conditions

Bagheri N. and Pirzad A.

Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I.R. of Iran

Abstract

Dragon's head, one of the mint family plants with 30% oil and mucilage in its seeds. In order to evaluate the response of plant to nitrogen fertilizers in saline soils, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in 2018 at Urmia University. Treatments included nitrogen fertilizer (urea, *Azotobacter* as a foliar application and *Azotobacter* as a seeds inoculant and no-fertilizer as control), and two planting bed, saline and normal, with conductivity of 6.7 and 0.91 ds/m respectively. The highest amount of catalase, ascorbate peroxidase and activity total phenol content was plants grown under saline soil without any nitrogen fertilizer. However, their values decreased significantly for all fertilizer treatments. All constituents of seed mucilage were higher in non-saline conditions. While application of urea increased rhamnase content, *Azotobacter* inoculation caused xylose, glucose and galactose content to be increased under non-saline condition. Urea was preferred for the production of raffinose, arabinose, galacturonic acid and glucuronic acid. Salinity, likewise fertilizer treatments had no significant effect on oil content and mucilage. In all treatments, salinity increased the antioxidants, which was related to plant response to stress conditions. In the case of soluble sugars, nitrogen fertilizers prevented excessive reduction and moderated this amount. Despite increasing saturated and unsaturated fatty acids under soil salinity, fertilizer treatments increased the saturated fatty acids (stearic, palmitoleic, palmitic and myristic) against decreasing unsaturated fatty acids (linolenic, linoleic and oleic).

Keywords: Antioxidant, *Azotobacter*, Fatty acid, *Lallemantia iberica*, Total Phenol.