تأثیر کاربرد کود زیستی فسفاته بر ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی چمن فستوکای بلند (*Festuca arundinacea* schreb.) در شرایط شوری

داود نادری

گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود زیستی فسفات بر برخی ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی چمن فستوکای بلند در شرایط مختلف شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برهمکنش تنش شوری و کود زیستی بر صفات سطح برگ، کلروفیل کل، درصد سدیم، پتاسیم، و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار شد. اما برهمکنش این تیمارها در صفاتی چون زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده اندام زیرزمینی، کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. بیشترین سطح برگ و میزان کلروفیل کل در تیمار کود زیستی ۱ گرم بر لیتر و شاهد شوری و بیشترین فعالیت کاتالاز در برهمکنش تیمارهای شاهد کود زیستی × ۲ دسی‌زیمنس شوری ارزیابی شد. بیشترین میزان سدیم در تیمار بدون کود زیستی و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان پتاسیم در تیمارهای بدون کود زیستی و ۰/۵ گرم بر لیتر کود زیستی به همراه شوری شاهد و بدون کود و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. اختلاف معنی‌دار گیاهان تیمار شده با کود زیستی در شرایط شوری بیانگر بهبود عملکرد چمن فستوکا در شرایط تنش است. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد تیمار چمن فستوکا با کود زیستی فسفات نتایج مثبتی بر ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه دارد.

کلمات کلیدی: تنش شوری، سطح برگ، فعالیت کاتالاز، کلروفیل.

مقدمه

فستوکای بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) گیاهی چند ساله فصل سرد از خانواده Poaceae است که به منظور ایجاد مرتع، چراگاه، سیلو و البته در پروژه‌های فضای سبز به عنوان چمن استفاده می‌شود. این گیاه از جنس *Festuca* و دارای بیش از ۵۰۰ گونه متفاوت است (Mian *et al*., 2005; Tzvelev *et al*., 1989; Inda *et al*., 2008; Hand *et al*., 2012). این گونه از لحاظ تولید مثلی، آزادگرده‌افشان و خودناسازگار بوده و از نظر پلوئیدی، در انواعی از دیپلوئید تا دو–دکاپلوئید طبقه‌بندی می‌شود. گونه‌های آزادگرده‌افشان آلوهگزاپلوئید دارای ۳ ژنوم به نام‌های (P، G1 و G2) هستند (Buckner *et al*.,1997). این گیاه از مقاوم‌ترین چمن‌ها در برابر شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی است، ولی در برابر تنش شوری مقاومت زیادی نشان نمی‌دهد (Perlikowski *et al*., 2014; Han *et al*., 2014).

شوری از مهمترین تنش‌های محدودکننده تولید محصولات گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک است (Ashraf and Harris, 2004, Hussain *et al*., 2009). خسارات ناشی از شوری بستگی زیادی به شرایط اقلیمی، شدت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: d.naderi@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

نور، گونه گیاهی و شرایط خاکی دارد (Tang *et al*., 2015). واکنش گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی با استفاده از شاخص‌های گوناگون رشدی و فیزیولوژیک ارزیابی می‌شود. تنش شوری به دلیل کاهش رشد ناشی از افت شدید پتانسیل اسمزی خاک، ضریب هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز و همچنین افزایش غلظت و مسمومیت ناشی از یون‌های سدیم و کلراید منجر به کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی می‌شود (Munns and Tester., 2008). همچنین برخی مشاهدات نشان می‌دهند که اسمولیت‌هایی چون پرولین در سیتوپلاسم گیاهان رشد یافته تحت شرایط شوری تجمع پیدا می‌کنند (Rout and Shaw *et al*., 2001). یکی از شاخص‌های تحمل گیاهان در برابر شوری پائین بودن محتوای سدیم سیتوپلاسمی و بالا بودن محتوای سیتوسولی یون پتاسیم است. بنابراین گیاهان متحمل به شوری غلظت سیتوسولی یون سدیم را پایین و محتوای یون پتاسیم را بالا نگه می‌دارند (Ouhaddach *et al*., 2018). از دیگر آثار شوری می‌توان به کاهش میزان کلروفیل و کربوهیدرات‌های برگ اشاره نمود (Balal *et al*., 2011). مقادیر بالای نمک در خاک فرآیندهای رشدی و نموی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sairam and Tyagi., 2004). سطوح بالای نمک تعادل یونی را بر هم ریخته که منجر به اختلال در فرآیندهای بیوشیمیایی، تنش‌های ثانویه مانند اکسیداتیو (Zhu, 2001) و محدودیت دسترسی گیاه به آب داخل خاک می‌شود (Eraslan *et al*., 2007). مطالعات تنش شوری نشان دهنده افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز است (Taibi *et al*., 2016). شاخص‌های طول ساقه، طول پنجه، تعداد برگ روی ساقه و پنجه، وزن تر و خشک برگ و همچنین شاخص سطح برگ در شرایط شوری کاهش زیادی نشان می‌دهد (خالقی و رامین، ۱۳۸٤).

از دیگر آثار شوری می‌توان به کاهش جذب فسفر به دلیل برهم خوردن تعادل یونی و از طرفی رسوب فسفات با یون های کلسیم اشاره نمود. نتیجه این امر تنش کمبود فسفر است که منجر به کاهش عملکرد محصولات گیاهی است (Mahmood *et al*., 2013, Machado and Serralheiro, 2017). کود فسفره آلی با نام تجاری بارور۲ با داشتن گونه‌های حل کننده فسفات باکتریایی *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) و *پانتوآ آگلومرانس* (*Pantoea aglomerans*) به وسیله تولید اسیدهای آلی و همچنین آنزیم اسیدفسفاتاز فسفات نامحلول خاک را آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (کریمی و مرعشی ۱۳۹۵، رضایی چیانه و همکاران، ۱۳۹٤).

به دلیل اهمیت چمن فستوکای بلند به عنوان یکی از گیاهان پوششی سازگار با طیف وسیعی از خاک‌ها و شرایط نامساعد محیطی مانند گرما و خشکی، به دلیل کاهش عملکرد ناشی از تنش کمبود فسفر که خاک‌های شور کشور آن را تشدید می کنند و همچنین نقش بارز کودهای زیستی فسفاته در تعدیل اثرهای منفی ناشی از شوری مانند کاهش جذب فسفر، تأثیر کاربرد کود زیستی فسفات بارور۲ بر تعدادی از پارامترهای رشدی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹٦ در مرکز تحقیقات گلخانهای دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ٤۹ دقیقه شرقی اجرا شد. کشت در گلخانه با میانگین دمای روزانه ۲۸-۲۵ و دمای شبانه ۲۰-۱۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در ابتدای آزمایش، نمونه‌ای مرکب (از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) از خاک مزارع تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان تهیه شد و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن به آزمایشگاه خاک‌شناسی معیار دانش پارس واقع در اصفهان ارسال شد. در مرحله بعد، پس از تعیین خصوصیات مذکور (جدول ۱)، مواد غذایی مورد نیاز گیاه چمن فستوکای بلند براساس آزمون خاک به خاک اضافه گردید.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

پژوهش حاضر شامل ٤ سطح مختلف تنش شوری (آب شهر به‌عنوان شاهد با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و آبیاری با محلول کلرید سدیم با غلظت‌های ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان فاکتور اول و کاربرد کود زیستی فسفاته با نام تجاری فسفات باور۲ توأم باکتری‌های محرک رشد *سودوموناس پوتیدا* و *پانتوآ آگلومرانس* به میزان صفر (عدم کاربرد کود زیستی به عنوان شاهد)، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر) به عنوان فاکتور دوم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

این آزمایش با ۱۲ تیمار، سه تکرار و در ۳٦ پلات آزمایشی اجرا شد. در ابتدای آزمایش، گلدآنهایی با ظرفیت ۷ لیتری/ کیلویی انتخاب شده و تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از خاک مزرعه پُر شدند و به منظور جلوگیری از وجود هرگونه آلودگی قارچی، گلدآنهای آزمایشی با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضد عفونی شدند. در مرحله بعد، بذور چمن فستوکای بلند به صورت سطحی و در عمق ۲-۱ سانتی‌متری کشت شدند. میزان بذر مورد استفاده در هر پلات آزمایشی ۱/۵ گرم بود. سویه‌های باکتریایی *Pseudomonas putida* p13 و *Pantoea aglomerans* p5 از شرکت زیست‌فناور سبز و رقم چمن فستوکا، گلدن‌گیت (Goldengate) از شرکت (*Ministerio De Medio Ambiente*) تهیه شد. به منظور اعمال سطوح مختلف کود زیستی، ابتدا بذور با باکتری‌ها (هر گرم باکتری حاوی 10^8 باکتری) تلقیح شدند و تیمارهای تنش شوری، به تدریج و پس از اولین سرزنی و به صورت یک روز در میان اعمال شدند.

صفاتی که در در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفتند از قبیل شاخص سطح برگ، زیست‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی، رنگیزه‌های کلروفیلی، کاروتنوئیدها، فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای عناصر سدیم و پتاسیم بودند. شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf Area Meter) اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی زیست‌توده هوایی و زیرزمینی از هریک از تیمارهای مورد بررسی ۵ گرم بافت گیاهی برداشته، به مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده، سپس وزن آنها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ±۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به منظور سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش Li و همکاران (۲۰۰۹) و معادلات ۱-٤ استفاده شد.

معادله ۱: $Chl(a) = [(12.7A_{663}) - (2.6A_{645})]\times V/W\times 1000$

معادله ۲: $Chl(b) = [(22.9A_{645}) - (4.68A_{663})]\times V/W*1000$

معادله ۳: $Chl(total) = Chl(a) + Chl(b)$

معادله ٤: $Car = [1000A_{470} - 1.82Chla - 85.02Chlb/198$

A_{645}: جذب خوانده شده در طول موج ٦٤٥ نانومتر

A_{663}: جذب خوانده شده در طول موج ٦٦۳ نانومتر

A_{470}: جذب خوانده شده در طول موج ٤۷۰ نانومتر

Chl(a): میزان کلروفیل a

Chl(b): میزان کلروفیل b

Chl(total): کلروفیل کل

Car: میزان کاروتنوئیدها

جهت ارزیابی مقادیر سدیم و پتاسیم بافت، ۱ گرم از بافت گیاهی خشک شده به کروزه چینی منتقل شد. سپس نمونه‌ها به مدت ٦ ساعت در دستگاه کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس منتقل تا تبدیل به خاکستر شوند. در مرحله بعدی ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۲ نرمال به نمونه‌ها اضافه و بر روی گرم‌کن به آرامی حرارت داده تا بخارهای سفیدرنگی از آن متصاعد شوند. محلول مذکور را با عبور از کاغذ صافی به بالون ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و به وسیله آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های خشک شده داخل بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده شد. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر محلول رقیق و پس از مقایسه با منحنی استاندارد درصد سدیم مشخص شد. در نهایت میزان سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر تعیین شد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۳). قابل ذکر است که محتوای غلظت پتاسیم به روشی مشابه با محتوای سدیم اندازه‌گیری شد. به منظور استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، ابتدا ۰/۵ گرم بافت برگ تازه در یک هاون چینی به وسیله نیتروژن مایع آسیاب و ۱ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=7) به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت ۱۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بستر کشت مورد استفاده

نوع خاک	pH	EC-(دسی زیمنس بر متر)	ظرفیت نگهداری رطوبت (٪)	آهک (٪)	کربن آلی (٪)	منیزیم (٪)	سدیم (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
شنی-لومی	۷/۳	۲/۳	۷۳	۵/۲	۳/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۳۵	۱۰	۲۰

دقیقه با سرعت ۱٤۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. جهت سنجش فعالیت آنزیمی کاتالاز، ۱۰۰ میکرولیتر محلول روئی را برداشته ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل هیدروژن پراکسید ٤٥ میلی‌مولار و ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH=7) به آن اضافه شد. جهت تعیین فعالیت آنزیمی، میزان جذب محلول تهیه شده مرحله قبل در طول موج ۲٤۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد (Shahmoradi and Naderi, 2018).

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه و تحلیل شدند. برای مقایسه میانگین داده‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 طراحی شدند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان می دهند که تمامی فاکتورهای کاربرد غلظت‌های مختلف فسفات بارور ۲، سطوح تنش شوری و برهمکنش بین آنها در سطح احتمال ۱٪ بر سطح برگ گیاه چمن فستوکای بلند معنی‌دار بودند.

مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد تیمارهای سطوح مختلف تنش شوری و فسفات بارور ۲ (شکل ۱) نشان می‌دهد که با افزایش شوری از میزان سطح برگ کاشته می‌شود لیکن کاربرد کود بیولوژیک فسفات بارور ۲ سبب کاهش معنی‌دار اثرهای تنش شوری می‌شود. به طور کلی، بر اساس نتایج شکل ۱ مشاهده می‌شود که بیشترین سطح برگ (معادل ٦۷۳ میلی‌متر مربع) در گیاه چمن فستوکای بلند تحت برهمکنش یک گرم بر لیتر فسفات بارور ۲ × شوری ۲ دسی‌زیمنس بر لیتر به دست آمد و اختلاف معنی‌داری با میزان سطح برگ در سایر تیمارها داشت. از طرفی، کمترین میزان سطح برگ (معادل ۲۸٤/٦۷ میلی‌متر مربع) که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح برگ در گیاه مذکور داشت، تحت برهمکنش عدم کاربرد باکتری حل کننده فسفات × شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱).

مطالعات نشان دهنده کاهش ٤۰ درصدی سطح برگ گیاه باقلا (*Vicia faba*) ۱۰ روز پس از اعمال تیمارهای شوری ۱۲۰ و ۲٤۰ میلی‌مولار است (Abdul Qados, 2010). مطالعات بر روی فستوکا (*F. arundinacea*) و گونه‌های (*Agropyron elangatum, Cynodon dactylon, Chloris gayana*) نشان داد تنش شوری به طور معنی‌داری (٦۷/۱٦ درصد نسبت به نمونه‌های کنترل) منجر به کاهش شاخص سطح برگ می‌شود (Temel *et al*., 2015) که در پژوهش حاضر، کاهش تقریبی ۵۹ درصدی سطح برگ منطبق با پژوهش مذکور می‌باشد. از طرفی، تفاوت اعداد این دو پژوهش می‌تواند به دلایل مختلفی چون شرایط اقلیمی، بافت خاک و غیره باشد. همچنین، در پژوهش دیگری، تیمار شوری ۷۵ میلی‌مولار اعمال شده بر روی سویا نشان‌دهنده کاهش ۲۰/۱۲ درصدی سطح برگ گیاه سویا (*Glycine max*) شد (Khan *et al*., 2016). کاهش سطح برگ مشاهده شده در گیاه سویا تأیید کننده مشاهدات نتایج حاصل از تیمار شوری در گیاه فستوکا است.

از دلایل تأثیرگذاری کودهای زیستی فسفاته بر افزایش خصوصیات رشدی از جمله افزایش سطح برگ و ارتفاع گیاه فستوکای بلند ممکن است در نتیجه سنتز و ترشح مواد محرک رشد نظیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها، ترشح اسیدهای آمینه، انواع آنتی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

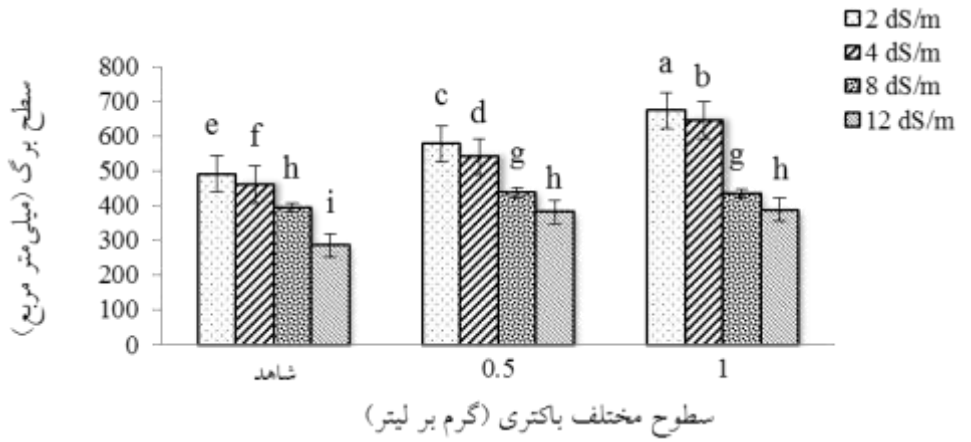
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر فسفات بارور-۲ و شوری بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	زیست توده اندام هوایی	زیست توده اندام زیرزمینی	کلروفیل a	کلروفیل b
بلوک	۲	۱۰۰/۷۸ ns	۲/۵۱ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۲**
فسفات بارور-۲	۲	٤٨٨٤٢/٧**	۲۳/٥٦**	۱۱٤/٥۳**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۰۲**
شوری	۳	۱۰٤٤۰۲/٦**	۲۱/۹٦**	۱/۲۸ns	۰/۰۰٤**	۰/۰۰۱۰**
فسفات بارور-۲ × شوری	٦	٤۲٦۳/۱**	٤/٤۸ns	۰/۸٥ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۰٦ns
خطا	۲۲	۱٥٦/۳	۳/۹۳	۰/۸۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۲/٦۳	۹/۱۰	۲/٤٥	۳/۰۸	۱٤/۱۸

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	فعالیت کاتالاز
بلوک	۲	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۲ ns	٤/۱۲ ns
فسفات بارور-۲	۲	۰/۰۱۱٤**	۰/۰۰۰۰۷**	۲/۹۲**	۰/٦٥**	۲۰۳/٥۰**
شوری	۳	۰/۰۰۸۹**	۰/۰۰۰۰۸**	۱٥/٤۹**	۱/۱۸**	۷۱۱/۲۳**
فسفات بارور-۲ × شوری	٦	۰/۰۰۰۰٥*	۰/۰۰۰۰۱ns	۰/۷۹**	۰/٤٤**	٥٤/۲٤**
خطا	۲۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۲	۰/۰۹	۳/٥٤
ضریب تغییرات (٪)		۲/۰٦	۷/۹٥	۲/٤۳	۷/۳۲	۱٥/۳۳

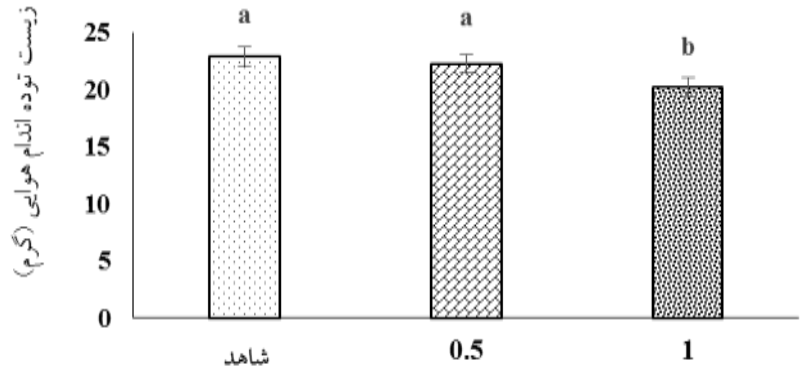
***، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار شدن در سطوح آماری ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری در سطح ۵ درصد.**



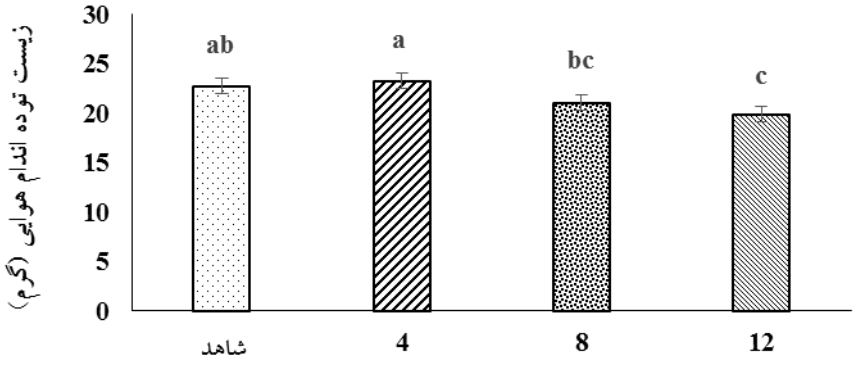
شکل ۱- برهمکنش باکتری‌های حل کننده فسفات و تنش شوری بر میزان سطح برگ. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و سیدروسفورها باشد. جیبرلین‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها و میانگره‌های ساقه شده در حالی‌که و اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیشتر شده که در نتیجه آن، افزایش سطح برگ را باعث می‌شود (Schruff *et al.*, 2005; Desbrosses *et al.*, 2011; Petrasek *et al.*, 2019). از طرفی، از دلایل کاهش سطح برگ می‌توان به اثر بازدارندگی آن روی تقسیم سلولی و توسعه نقطه رویش، جوانه‌ها و مریستم‌های انتهایی باشد. از سوی دیگر تجمع بالای نمک در برگ‌ها، افزایش میزان تعرق و کاهش سطح برگ را به همراه دارد (Maghsoudi Moud and Maghsoudi, 2008).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]



شکل ۲- اثرات باکتری‌های حل کننده فسفات بر میزان زیست‌توده اندام‌های هوایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۳- اثرات سطوح مختلف شوری بر میزان زیست‌توده اندام‌های هوایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند

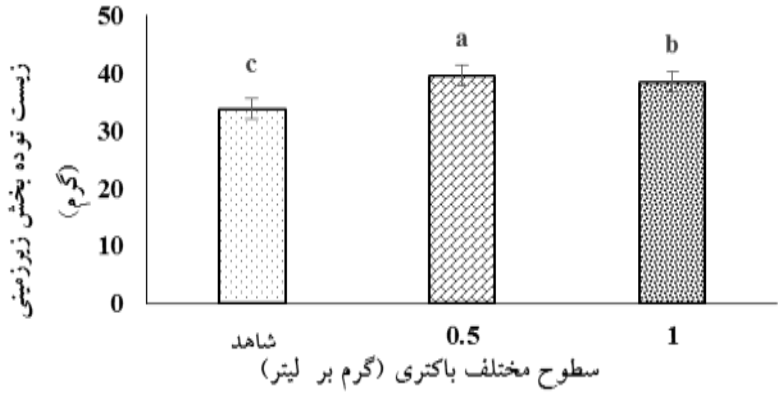
زیست‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی: تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این آزمایش نشان داد سطوح مختلف شوری و کود زیستی بارور ۲ در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده اندام هوایی داشت ولی برهمکنش این دو فاکتور بر میزان زیست‌توده اندام هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای کاربرد سطوح مختلف فسفات بارور ۲ و شوری بر شاخص زیست‌توده هوایی به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود که بیشترین و کمترین میزان زیست‌توده هوایی به ترتیب تحت کاربرد تیمارهای شاهد و کاربرد ۱ گرم بر لیتر از کود زیستی وجود داشتند. به عبارتی، تیمار شاهد در مقایسه با کاربرد سطوح ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر از فسفات بارور ۲، به ترتیب افزایشی معادل ۲/۷۹ و ۱۳/۲۷ درصد داشت.

علاوه بر این، نتایج شکل ۳ نشان می‌دهند که سطوح مختلف تنش شوری نیز سبب کاهش معنی‌دار میزان زیست‌توده هوایی گیاه چمن فستوکای بلند شدند به طوری که بیشترین زیست-توده (۲۳/۳۰ درصد) تحت کاربرد شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان آن (۱۹/۹۰ درصد) تحت کاربرد شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۳).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بر میزان زیست‌توده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]



شکل ٤- اثرهای سطوح مختلف فسفات بارور ۲ بر زیست‌توده بخش زیرزمینی گیاه چمن فستوکای بلند. حروف غیر مشابه در هر ستون و هر تیمار، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند.

بخش‌های زیرزمینی گیاه چمن فستوکای بلند نشان داد که اثر تیمار سطوح مختلف باکتری در سطح ۱ درصد بر میزان صفت مذکور معنی‌دار بود در حالی که تیمارهای شوری و برهمکنش باکتری × شوری اثرهای معنی‌داری را بر میزان زیست‌توده زیرزمینی گیاه ایجاد نکردند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرهای باکتری‌های حل کننده فسفات بر میزان زیست-توده بخش زیرزمینی (شکل ٤) نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین مقادیر معنی‌دار در زیست‌توده زیرزمیتی که به ترتیب معادل با ۳۹/۵۳ و ۳۳/۷۳ گرم بودند تحت کاربرد تیمارهای ۰/۵ گرم بر لیتر و شاهد فسفات بارور ۲ حاصل شدند.

در برخی پژوهش‌ها، مشاهده شد که تیمار کود زیستی فسفات بارور۲ در سطح ۱ درصد سبب افزایش معنی‌داری زیست‌توده اندام هوایی گیاه گشنیز شد (Hashemabadi *et al.*, 2012). همچنین مطالعات نشان داد تیمار کود زیستی بارور ۲ منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع، شاخساره و تعداد غلاف گیاه کنجد (Nasrollahzadeh-Asl, 2017) و افزایش زیست‌توده اندام هوایی گیاه خیار نیز گردید (Moshbaki Isfahani and Besharati, 2012). زیست‌توده اندام زیرزمینی و هوایی فستوکای بلند تحت تأثیر کودهای زیستی فسفات بارور-۲ ممکن است به دلیل افزایش فعالیت کودهای بیولوژیک و تولید هورمون‌های محرک رشد توسط باکتری مورد بررسی باشد که سبب افزایش سرعت فتوسنتز خالص و در نتیجه افزایش عملکرد وزن تر و خشک اندام‌های گیاهی می‌شود (Ahmed *et al.*, 2010). فسفر یکی از اجزاء ضروری متابولیسم انرژی، بخشی از اسیدهای نوکلئیک و غشاهای زیستی می‌باشد. فرآیندهای اصلی بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز و تنفس به وسیله فسفات معدنی یا مشتقات آلی آن فعال می‌شود (Raghothama *et al.*, 2005).

کلروفیل a: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای سطوح مختلف باکتری و غلظت‌های شوری در سطح ۱ درصد بر میزان کلروفیل a در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار بودند. از طرفی، اختلاف معنی‌داری در برهمکنش بین سطوح باکتری حل کننده فسفات و غلظت‌های شوری بر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین کاربرد سطوح مختلف باکتری حل کننده فسفات (جدول ۳) نشان می‌دهند که کاربرد باکتری اثرهای مثبتی بر محتوای کلروفیل a ایجاد کرد به طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۱ گرم به دست آمد و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر باکتری داشت. از طرفی، مشاهده می‌شود که کمترین میزان معنی‌دار کلروفیل a (۰/۱۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت کاربرد تیمار شاهد از باکتری حل کننده فسفات حاصل شد. با مقایسه آماری نتایج فوق، ملاحظه می‌شود که تحت کاربرد تیمار ۱ گرم بر لیتر از باکتری حل کننده فسفات، به ترتیب معادل ۳۵/٤۸ و ۱۷/۳۲ درصد کلروفیل a بیشتری نسبت به کاربرد سطوح شاهد و ۰/۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

جدول ۳- مقایسه میانگین (میانگین مربعات) اثرهای سطوح مختلف باکتری حل‌کننده فسفات و غلظت‌های مختلف تنش شوری بر محتوای رنگیزه‌های گیاهی فستوکای بلند

منبع تغییرات	کلروفیل a (mg/g FW)	کلروفیل b (mg/g FW)	کاروتنوئیدها (mg/g FW)
باکتری حل کننده فسفات (گرم بر لیتر)			
شاهد	۰/۱۵۵ c	۰/۰۳۸ b	۰/۰۳۹ c
۰/۵	۰/۱۷۹ b	۰/۰۳۷ b	۰/۰٤ a
۱	۰/۲۱ a	۰/۰٤٤ a	۰/۰۳۵ c
شوری(dS/m)			
شاهد	۰/۲۰۲ a	۰/۰۵۱ a	۰/۰٤ a
٤	۰/۱۹۳ b	۰/۰٤۵ b	۰/۰٤ a
۸	۰/۱۷۵ c	۰/۰۳۷ c	۰/۰۳۸ c
۱۲	۰/۱۵٦ d	۰/۰۲٦ d	۰/۰۳٤ d

در هر ستون، میانگین‌ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

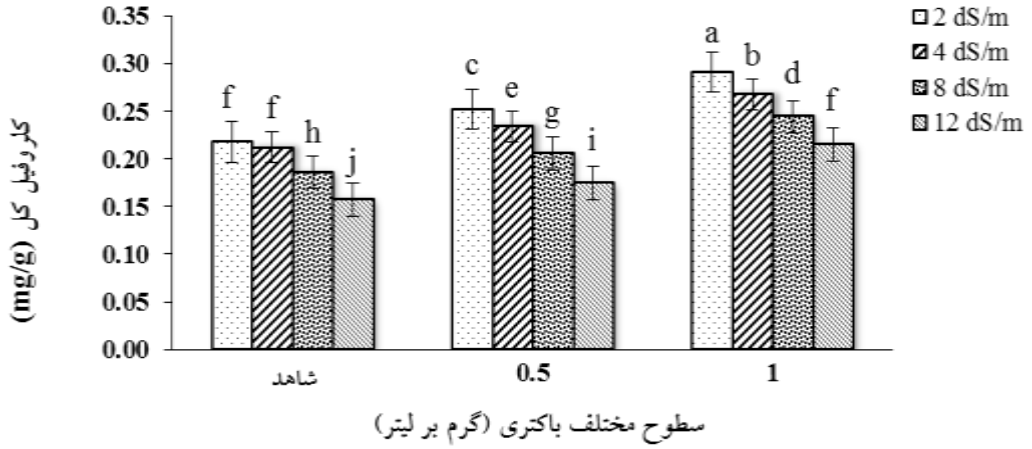
گرم بر لیتر به دست آمد. علاوه بر این، نتایج جدول ۵ نیز نشان می‌دهند که سطوح مختلف تنش شوری اثرهای منفی معنی‌داری بر میزان کلروفیل a داشتند. به عبارتی، تیمار شاهد در مقایسه با سطوح ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس شوری، به ترتیب افزایش معنی‌داری معادل با ٤/٦٦، ۱۵/٤۳ و ۲۹/٤۹ درصد داشت.

کلروفیل b: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول ۲، مشاهده می‌شود که تیمارهای باکتری و شوری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل b در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار بودند در حالی که برهمکنش غلظت‌های باکتری × سطوح شوری اختلاف معنی‌داری را بر محتوای کلروفیل b ایجاد نکرد (جدول ۲). بر طبق نتایج جدول مقایسه میانگین اثرهای اصلی، بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۰٤٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار ۱ گرم بر لیتر باکتری مشاهده شد و در مقایسه با تیمار شاهد و غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر، افزایش معنی‌داری معادل ۱۵/۷۹ و ۱۸/۹۲ درصد داشت. علاوه بر این، همانند اثرهای سطوح تنش شوری بر میزان کلروفیل a، سطوح مختلف تنش شوری بر محتوای کلروفیل b نیز دارای اثرهای منفی و وابسته به غلظت بود به طوری‌که بیشترین محتوای کلروفیل b (۰/۰۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت کاربرد تیمار شاهد از تنش شوری بود و اختلاف معنی‌داری با محتوای کلروفیل b در سایر تیمارها داشت و کمترین محتوای کلروفیل b (۰/۰۲٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت کاربرد شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۳، مشاهده می‌شود که تیمار شاهد در مقایسه با سطوح ٤، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، به ترتیب افزایش معنی‌داری معادل ۱۳/۳۳، ۳۷/۸٤ و ۹٦/۱۵ درصد در محتوای کلروفیل b داشت.

محتوای کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای باکتری در سطح احتمال ۱٪، سطوح تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش بین آنها در سطح احتمال ۵٪ بر میزان کلروفیل کل گیاه فستوکای بلند معنی‌دار شدند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که با افزایش شوری در صورت عدم کاربرد کود زیستی میزان کلروفیل کل به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین، مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت باکتری حل کننده فسفات، میزان کلروفیل کل به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد به طوری‌که حتی تحت شوری بین ٤ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر، استفاده از تیمار باکتریایی به میزان ۱ گرم بر لیتر منجر به افزایش معنی‌داری در کلروفیل کل می‌شود (شکل ۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]



شکل ۵- برهمکنش باکتری‌های حل کننده فسفات و تنش شوری بر محتوای کلروفیل کل. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند

طی پژوهشی، مطالعه گیاه لوبیا نشان‌دهنده نسبت معکوس افزایش شوری با محتوای کلروفیل کل بود (Taïbi *et al*., 2016). همچنین در پژوهش دیگری، تیمار گیاه باقلا با سدیم کلراید سبب کاهش محتوای کلروفیل گردید. دلیل این پدیده را می‌توان در افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه تخریب کلروفیل بیان کرد (Taïbi *et al*., 2016). همچنین، در پژوهش حاضر، با افزایش شوری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در صورت استفاده از غلظت باکتریایی ۱ گرم بر لیتر نتایج مشابه کنترل آزمایشی حاصل می‌شود. به عبارت دیگر تیمار باکتریایی حتی در شرایط شوری زیاد منجر به افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل کل می‌شود (شکل ۳). مطالعه بر روی گیاه خیار نشان دهنده افزایش محتوای کلروفیل در اثر کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ در سطح احتمال ۵ درصد بود (Moshbaki Isfahani and Besharati, 2012). همچنین استفاده از کود زیستی فسفاته در شرایط کشت گیاه ذرت و همچنین پنبه منجر به افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل کل شد (Tensingh Baliah and Andal Priya, 2017). از دلایل عدم تأثیر سوء تنش شوری بر محتوای کلروفیل می‌توان به کاربرد کود زیستی فسفات بارور۲ در این پژوهش اشاره کرد. به دلیل اینکه مطالعات نشان می‌دهد باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش دسترسی به مواد غذایی و کاهش تنش اسمزی ناشی از شوری خاک می‌شوند (مساحی‌صفورا و همکاران، ۱۳۹۷).

علاوه بر موارد فوق، برخی پژوهشگران اظهار دارند که افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم ناشی از افزایش سطح مختلف تنش شوری در بافت برگ، از طریق افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز است که سبب کاهش میزان کلروفیل و عدم ثبات در کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها، تخریب کلروفیل a و b و تغییر در میزان و ساختار کارتنوئیدها می‌شود (بالاورد و همکاران، ۱۳۹۱؛ عموآقایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کاشانی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین، یکی دیگر از دلایل کاهش کلروفیل تحت تنش شوری، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز با آنزیم گلوتامات لیگاز گزارش شده است که سبب میشود تا بیشتر مقادیر پیش‌ساز گلوتامات به مصرف پرولین برسد و بر همین اساس، بیوسنتز کلروفیل محدود شود (بایبوردی و همکاران، ۱۳۸۹).

محتوای کاروتنوئیدها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تیمارهای باکتری و شوری در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کاروتنوئید در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار شد اما تحت برهمکنش تیمارهای فوق، اختلاف معنی‌داری بر صفت فوق ایجاد نشد (جدول ۲). بر طبق نتایج جدول ۵، بیشترین میزان کاروتنوئید در تیمارهای باکتری حل کننده فسفات تحت کاربرد ۰/۵ گرم بر لیتر حاصل شد که برابر با ۰/۰۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود و در مقایسه با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

تیمارهای شاهد (۰/۰۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و ۱ گرم بر لیتر (۰/۰۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به ترتیب افزایش معنی‌داری معادل ۲/٥٦ و ۱٤/۲۹ درصد داشت. از طرفی، نتایج کاربرد سطوح مختلف تنش شوری بر میزان کاروتنوئیدها نشان‌دهنده وجود یک رابطه منفی می‌باشد به طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئیدها (۰/۰٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) به طور مشترک تحت کاربرد تیمارهای شاهد و ٤ دسی‌زیمنس بر متر بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین میزان معنی‌دار در محتوای کاروتنوئیدها (۰/۰۳٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تحت شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۳).

کاروتنوئیدها پیگمآنهایی هستند که هم به طور مستقیم در فتوسنتز نقش داشته و هم در مقابل تنش اکسیداتیو نقش آنتی اکسیدانی بازی می‌کنند. بنابراین افزایش میزان تولید آنها در شرایط شوری می‌تواند در پاسخ به افزایش سطوح گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Taibi *et al*., 2016). طی پژوهشی، کاشانی و همکاران (۱۳۹۸) پاسخ محتوای کاروتنوئیدهای گیاه کلزا را تحت سطوح مختلف تنش شوری مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که اثرات وابسته به غلظت تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار کاروتنوئیدهای گیاهی می‌شود. مرادی مرجانه و همکاران (۱۳۹٦) برخی ویژگی‌های کمی و فیزیولوژیک گیاه دارویی رزماری را تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که کودهای فسفاته بارور ۲ سبب افزایش معنی‌دار محتوای کاروتنوئیدها در گیاه رزماری می‌شود.

درصد سدیم: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تیمارهای باکتری، شوری و برهمکنش تیمار باکتری × شوری در سطح ۱ درصد بر میزان سدیم در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان سدیم در تیمار بدون باکتری و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۷/٤۲ درصد مشاهده شد. کمترین میزان سدیم نیز در تیمارهای بدون باکتری، ۰/٥ و ۱ گرم بر لیتر باکتری به همراه شوری ۲ دسی زیمنس بر متر با میزان ۳/۸۰، ۳/۸۲ و ۳/۸۷ درصد نشان داده شد. اگرچه بین برخی از تیمارها در سطح ٥ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ٦).

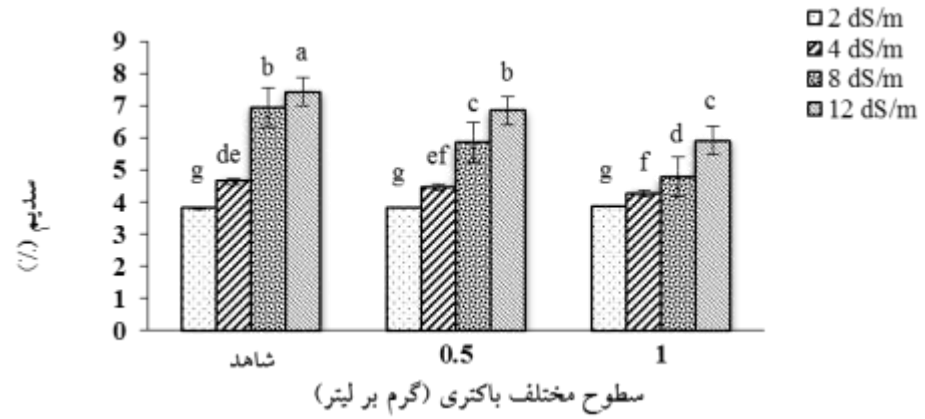
درصد پتاسیم: بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای باکتری، شوری و برهمکنش تیمار باکتری × شوری در سطح ۱ درصد بر میزان پتاسیم در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار شد (جدول ٦). بیشترین میزان پتاسیم در تیمار های بدون باکتری و ۰/٥ گرم بر لیتر باکتری به همراه شوری شاهد و بدون باکتری و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با میزان ٤/۷٥، ٤/۷۱ و ٤/٥٤ درصد مشاهده شد. کمترین میزان پتاسیم نیز در تیمار ۱ گرم بر لیتر باکتری به همراه شوری ۸ و ٤ دسی‌زیمنس بر متر با میزان ۳/۲۹ و ۳/٥۰ درصد نشان داده شد. اگرچه بین برخی از تیمارها در سطح ٥ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۷).

از آثار تنش شوری می‌توان به تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی اشاره کرد. این ترکیبات به خودی خود چربی‌های غشایی را وارد واکنش پراکسیداسیون نموده و از طرفی منجر به تخریب ساختار پروتئین‌های غشایی و در نهایت قدرت انتخاب‌پذیری آن را کاهش می‌دهد. در نتیجه این موارد عدم تعادل یونی در سلول ایجاد می‌شود. با توجه به موارد فوق، احتمال دارد که افزایش محتوای سدیم و پتاسیم در سلول‌های گیاهی، ناشی از کاهش یا از بین رفتن قدرت انتخاب‌پذیری غشا باشد (Jaffel *et al*., 2011; Assaha *et al*., 2017; Shahmoradi and Naderi, 2018).

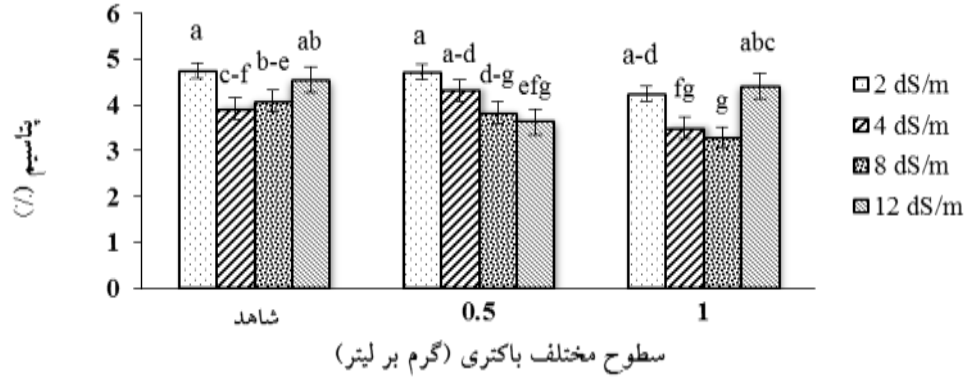
فعالیت کاتالاز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر تیمارهای باکتری، شوری و برهمکنش باکتری × شوری در سطح ۱ درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه فستوکای بلند معنی‌دار شد (جدول ۲). بر طبق نتایج مقایسه میانگین اثرهای برهمکنش تیمارهای کاربرد باکتری و سطوح مختلف تنش شوری، بیشترین فعالیت کاتالاز در برهمکنش شاهد از باکتری حل‌کننده فسفات × شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر (شاهد) با میزان ۰/٤۲ میلی‌گرم بر گرم پروتئین مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با فعالیت آنزیم کاتالاز در سایر برهمکنش‌ها داشت. از طرفی، کمترین فعالیت کاتالاز نیز در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

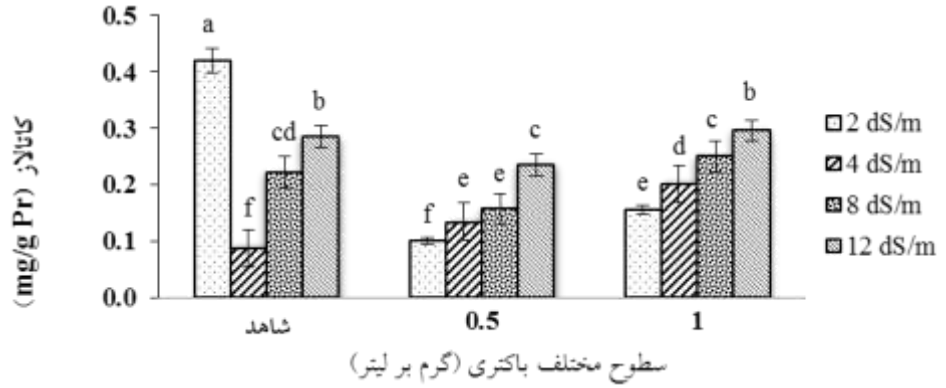
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]



شکل ٦- برهمکنش باکتری‌های حل کننده فسفات و تنش شوری بر درصد سدیم برگ. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۷- برهمکنش باکتری‌های حل کننده فسفات و تنش شوری بر درصد پتاسیم برگ. **میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.**



شکل ۸- برهمکنش باکتری‌های حل کننده فسفات و تنش شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز. میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

برهمکنش تیمار شاهد کاربرد باکتری × شوری ٤ دسی‌زیمنس بر متر بود که برابر با ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم پروتئین به ثبت رسید. علاوه بر این، در شکل ۸ نیز نشان داده شده است که بین مقادیر فعالیت آنزیم کاتالاز تحت برهمکنش شاهد × ٤ دسی‌زیمنس شوری و برهمکنش کاربرد غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر × شوری ۲ دسی‌زیمنس (۰/۰۱ میلی‌گرم بر گرم پروتئین)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

مطالعه روی ذرت نشان داد که تنش شوری منجر به تغییر فرآیند متابولیکی طبیعی سلول و در نتیجه تولید گونه‌های فعال اکسیژن به خصوص هیدروژن پراکسید می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن به عنوان سیگنال عمل کرده و منجر به افزایش بیان ژنهای آنتی اکسیدانی مانند کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و همچنین فعالیت آنها می‌شود (Menezens-Benavente *et al*., 2004). همچنین مطالعه گندم نان نشان دهنده افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در اثر تیمار شوری است (Sakr and El-Metwally, 2009). علاوه بر موارد فوق، فعالیت کاتالازی کالوس‌های پنبه تحت تیمارهای شوری ۰/۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار به طور معنی داری افزایش یافت (Gossett *et al*., 1994).

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه‌گیری می‌شود که تیمارهای آزمایشی مورد بررسی در پژوهش حاضر حاضر بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی چمن فستوکای بلند تأثیرگذار بودند به شوری که سطوح مختلف تنش شوری بر شاخص سطح برگ، زیست‌توده هوایی و زیرزمینی، رمگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدها اثرات منفی داشتند ولی سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و محتوای عنصر سدیم شدند. از طرفی، کاربرد کود زیستی فسفاته می‌تواند سبب کاهش اثرات منفی تنش شوری و افزایش مقاومت چمن فستوکای بلند به سطوح مختلف تنش شوری شود.

منابع

بالاورد، م.، مسکرباشی، م. و نبی‌پور، م. (۱۳۹۱) تأثیر تنوع ترکیبات یونی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم کلزا. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی) ۳۵: ۱۰۳-۱۱۵.

بایبوردی، ا.، طباطبایی، س. ج. و احمداف، ع. (۱۳۸۹) تأثیر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی، کمیت و کیفیت ارقام پاییزه کلزا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۴ :۳۳۴-۳۴۶.

خالقی، ا. و رامین، ع. (۱۳۸۴) بررسی اثرات شوری بر شاخص‌های رشد و نمو چمن‌های .*Lolium perenne* L ، *Festuca arundinacea* و *Cynodon dactylon*. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹: ۵۷-۶۷.

رضایی، م. ع.، خاوازی‌نژاد، ر. ع. و فهیمی، ح. (۱۳۸۳) بررسی پاسخ فیزیولوژیک گیاه پنبه به شوریهای مختلف خاک. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۱۷: ۸۱-۸۹.

رضایی‌چیانه، ا.، جلیلیان، ج.، ابراهیمیان، ا. و سیدی، س. م. (۱۳۹۴) اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری. به زراعی کشاورزی ۱۷: ۷۷۵-۷۸۸.

عموآقایی، ر.، قربان‌نژاد نیریزی، ه. و مستاجران، ا. (۱۳۹۳) بررسی اثر شوری بر رشد گیاهچه، میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب و پایداری غشا در دو رقم کلزا. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲۷: ۲۵۶-۲۶۸.

کاشانی، آ.، پیردشتی، ه. ا.، بی‌پروا، پ. و عمادی، س. م. (۱۳۹۸) پاسخ صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کلزا (*Brassica napus* .L) به کاربرد نانوذرات آهن صفرظرفیتی پایدارشده تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۸: ۹۵-۱۱۳.

کریمی، م. و مرعشی، س.ک. (۱۳۹۵) تاثیر مصرف توام کودهای شیمیایی و زیستی فسفاته و نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. پژوهش‌نامه کشاورزی ۲۷: ۴۱-۵۱.

مرادی‌مرجانه، ا.، گلوی، م. رمرودی، م. و سلوکی، م. (۱۳۹۶) بررسی برخی ویژگی‌های کمی و فیزیولوژیک گیاه دارویی رزماری تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در چین‌های مختلف. به‌زراعی کشاورزی ۱۹: ۱۰۶۱-۱۰۷۶.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

مساحی، ص.، نادری، د. بهارلویی، ژ. (۱۳۹۷) اثر کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی فستوکای بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) تحت سطوح مختلف تنش شوری. دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۸: ۷۹-۹۵.

Abdul Qados, A. M. S. (2010) Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant Vicia faba (L.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 10: 7-15.

Ahmed, A.G., Orabi, S. A. and Gaballah, M. S. (2010) Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. International Journal of Academic Resaerch 2: 271-277.

Ashraf, M. and Harris, J. C. (2004) Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Journal of Plant Sciences 166: 3-16.

Assaha, D. V. M., Ueda, A., Saneoka, H., Al-Yahyai, R. and Yaish, M. W. (2017) The role of Na+ and K+ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. Frontiers in Physiology 8: 509-527.

Balal, R. M., Ashraf, M. Y., Khan, M. M., Jaskani, M. J. and Ashfaq, M. (2011) Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus rootstocks. Pakistan Journal Botany 43: 2135-2141.

Buckner, R. C., Powell, J. B. and Frakes, R. V. (1979) Tall Fescue, Agronomy Monograph 20. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison.

Desbrosses, G. J. and Stougaard J. (2011) Root nodulation: a paradigm for how plant-microbe symbiosis influences host developmental pathways. Cell Host and Microbe 10: 348-358.

Eraslan, F., Inal, A., Savasturk, O. and Gunes, A. (2007) Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae 114: 5-10.

Gossett, D. R., Millhollon, E. P. and Lucas, M. C. (1994) Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and saltsensitive cultivars of cotton. Crop Science 34: 706-714.

Han, L., Gao, Y. and Li, D. (2014) Ion uptake in tall fescue as affected by carbonate, chloride, and sulfate salinity. Journal of PLOS ONE 9: 1-8.

Hand, M. L., Cogan, N. O. and Forster, J. W. (2012) Molecular characterisation and interpretation of genetic diversity within globally distributed germplasm collections of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and meadow fescue (*F. pratensis* Huds.). Theoretical and Applied Genetics 124:1127-1137.

Hashemabadi, D., Zaredost, F., Barari Ziyabari, M., Zarchini, M., Kaviani, B., Jadid Solimandarabi, M. and Mohammadi Torkashvand, A., (2012) Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold (*Tagetes erecta* L.). Australian journal of crop sciences 6: 1101-1109.

Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., Khizar, H. B. and Nisar, M. F. (2009) Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). Journal of Biological Sciences 1: 135-138.

Inda, L. A., Segarra-Moragues, J. G., MuÈ ller, J., Peterson, P. M. and CatalaÂn, P. (2008) Dated historical biogeography of the temperate Loliinae (Poaceae, Pooideae) grasses in the northern and southern hemispheres. Molecular Phylogenetics and Evolution 46: 932-957.

Jaffel, K., Sai, S., Bouraoui, N. K., Ammar, R. B., Legendre, L., Lachaal, M. and Marzouk, B. (2011) Influence of salt stress on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in borage (*Borago officinalis* L.). Plant Biosyst 145:362–369.

Khan, M. S. A., Karim, M. A., Haque, M. M. and Islam, M. M. (2016) Influence of salt and water stress on growth and yield of soybean genotypes. Tropical Agricultural Science 39: 167-180.

Li, G., Wan, Sh., Zhou, J., Yang, Zh. and Qin, P. (2009) Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus commonis* L.) seedlings to salt stress levels. Industrial Crops and Products 31: 13-19.

Machado, R. M. A. and Serralheiro, R. P. (2017) Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. Journal of Horticulturae 3: 30-43.

Maghsoudi Moud, A. A. and Maghsoudi, K. (2008) Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. World Journal of Agricultural Sciences 4: 351-358.

Mahmood, I.A., Ali, A., Aslam, M., Shahzad, A., Sultan, T. and Hussain, F. (2013) Phosphorus availability in different salt-affected soils as influenced by crop residue incorporation. International Journal of Agriculture and Biology 15: 472-478.

Menezes-Benavente, L., Kernodle, S. P., Margis-Pinheiro, M. and Scandalios, J. G. (2004) Saltinduced antioxidant metabolism defenses in maize (*Zea mays* L.) seedlings. Redox Repor 9: 29-36.

Mian, M. A. R., Saha, M. C., Hopkins, A. A. and Wang, Z. Y. (2005) Use of tall fescue EST-SSR markers in phylogenetic analysis of cool-season forage grasses. Journal of Genome 48: 637-647.

Moshabaki Isfahani, F.and Besharati, H. (2012) Effect of biofertilizer on yield and yield component of cucumber. Journal of Biology and Earth sciences. 2: 83-89.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. Journal of Plant Biology 59: 651-81.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

Nasrollahzadeh Asl, A. (2017) Effects of Nitrogen and Phosphate Biofertilizers on Morphological and Agronomic Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Open journal of ecology 7: 101-111.

Ouhaddach, M., Elyacoubi, H., Douaik, A.and Rochdi, A. (2018). Morpho-physiological and biochemical responses to salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) at the heading stage. Journal of Materials and Environmental Science 9: 1899-1907.

Perlikowski, D., Kosmala, A., Rapacz, M., Ko´scielniak, J., Pawłowicz, I. and Zwierzykowsk, Z. (2014) Influence of short-term drought conditions and subsequent tre water in gonthe physiology and proteome of *Lolium multiflorum/Festuca arundinacea* introgression forms with contrasting level so tolerance tolong-termdrought. Journal of Plant Biology 16: 385-394.

Petrasek, J., Hoyerova, K., Motyka, V., Hejatko, J., Dobrev, P., Kaminek, M. and Vankova, R. (2019) Auxins and Cytokinins in Plant Development 2018. International Journal of Molecular Sciences 20: 909-917.

Rout, N. P. and Shaw, B. P. (2001) Salt tolerance in aquatic macrophyte: possible involvement of the antioxidative enzymes. Journal of Plant Sciences 160: 415-423.

Sairam, R. K. and Tyagi, A. (2004) Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science 86: 407-421.

Sakr, M. T. and El-Metwally, M. A. (2009) Alleviation of the Harmful Effects of Soil Salt Stress on Growth, Yield and Endogenous Antioxidant Content of Wheat Plant by Application of Antioxidants. Pakistan Journal of Biological Sciences 12: 624-630.

Schruff, M. C., Spielman, M., Tiwari, S., Adams, S., Fenby, N. and Scott, R. J. (2005) The AUXIN RESPONSE FACTOR 2 gene of Arabidopsis links auxin signalling, cell division, and the size of seeds and other organs. Development Journal 133, 251-261.

Shahmoradi, H. and Naderi, D. (2018) Improving Effects of Salicylic Acid on Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Salt-imposed Winter Jasmine. International Journal of Horticultural Science and Technology 5: 219-230.

Taïbi, K. H., Taïbi, F., Ait Abderrahim, L., Ennajahb, A., Belkhodja, M. and Miguel Mulet, J. (2016) Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South African Journal of Botany 105: 306-312.

Tang, X., Mu, X., Shao, H., Wang, H.and Brestic, M. (2015) Global plant-responding mechanisms to salt stress: Physiological and molecular levels and implications in biotechnology. Critical Review of biotechnology 35: 425-437.

Temel, S., Keskin, B., Simsek, U. and Yilmaz, I. H. (2015) Performance of some forage grass species in halomorphic soil. Torkish Journal of Field Crops 20: 131-141.

Tensingh Baliah, N. and Andal Priya, S. (2017) Effect of bioformulations of Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB) on the Growth and Biochemical Characters of the Gossypium Hirsutum and *Zea Mays*. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology 2: 3229- 3236.

Tzvelev, N, (1989) The system of grasses (Poaceae) and their evolution. The Botanical Review 55: 141-203.

Zhu, J. K. (2001) Plant salt tolerance. Trends in Plant Science 6: 66-71.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]

Effect of phosphate biofertilizer on some growth, physiological, and biochemical characteristics of *Festuca arundinacea* under salinity conditions

Davood Naderi*

Departmet of hourticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University
(Received: 10/09/2019, Accepted: 15/01/2020)

Abstract:

In order to investigate the effect of phosphate biofertilizer on growth and physiological characteristics of tall fescue in different salinity conditions, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Results of analysis of variance showed that interactions between salinity stress and biofertilizer were significant on leaf area, total chlorophyll, sodium, potassium, and catalase activity. However, the interaction between these treatments was not significant in the traits such as aerial and underground biomass, chlorophyll a and b, and carotenoids at 5% level. The maximum leaf area and total chlorophyll content in biomass was 1 g/L and control salinity and the highest catalase activity, assessment in 0.5, 1 g/L biofertilizer treatments and 12 dS/m salinity. The highest amount of sodium was observed in the treatment without biofertilizer and 12 dS/m salinity. Also, the highest potassium content was observed in non-fertilized treatments and 0.5 g/L biofertilizer with control salinity without fertilizer and salinity of 12 dS/m. Significant difference between plants treated with biofertilizer under salinity conditions indicated improvement of tall fescue function under stress conditions. In general, the results of this study indicated that tall fescue treatment with bio-phosphate fertilizer had positive effects on plant growth and physiological characteristics.

Key words: Catalase activity, Chlorophyll, Leaf area, Salinity stress

Corresponding author, Email: d.naderi@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.17.0]