



نقش دفن رسوبات ماسه‌بادی بر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیک گونه رمس (*Hammada salicornica*)

اصغر مصلح آرانی^{1*}، عصمت جعفری²، سید علی محمد میرمحمدی میبدی³، حمید سودایی‌زاده¹

1. دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
 2. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
 3. استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
- * نویسنده مسئول: amosleh@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: 1396/05/17 تاریخ پذیرش: 1396/12/07

چکیده

در پژوهش حاضر ویژگی‌های فیزیولوژیک و فیزیولوژیک و رویشی گونه رمس (*Hammada salicornica*) که گاهی با مترادف *Haloxylon salicornicum* (Moq.) Bge. Ex Boiss. معرفی می‌شود، تحت تأثیر دفن شدن با رسوبات ماسه بادی بررسی شد. آزمایش حاضر بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد. برای این منظور نهال‌های یک‌ساله و هم‌اندازه رمس با پنج تیمار شاهد، دفن شدن با ماسه‌بادی تا یک‌سوم ارتفاع گیاه، تا نصف ارتفاع گیاه، تا سه‌چهارم ارتفاع گیاه و دفن شدن کامل بررسی شد. پس از شش ماه آبیاری و مراقبت در شرایط گلخانه‌ای، برخی ویژگی‌های رویشی از قبیل: طول ساقه، وزن خشک و تر ساقه و وزن خشک و تر ریشه و صفات فیزیولوژیک شامل پرولین، قندهای محلول و محتوای یونی ساقه و ریشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پرولین برگ در تیمار دفن یک‌سوم به مقدار mg/gfw 20/8 بوده است. مقدار پرولین ریشه در تمام تیمارهای دفن به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. این موضوع نشان می‌دهد که دفن‌شدگی مانند سایر تنش‌های محیطی موجب افزایش پرولین می‌شود. مقدار اکسین در تیمار دفن یک‌سوم و یک‌دوم به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت به‌طوری‌که مقدار آن در تیمار یک‌سوم برابر با $0/64 mg/gfw$ و حدود دو برابر شاهد بود. افزایش هورمون ریشه‌زای اکسین نشان می‌دهد که دفن‌شدگی در این گیاه شرایط را برای ایجاد ریشه‌های نابجا فراهم می‌کند. مقدار قند ساقه در تیمارهای دفن کاهش یافت. این موضوع می‌تواند مربوط به کاهش مقدار فتوسنتز بدلیل دفن اندام فتوسنتزکننده باشد. مقدار سدیم ساقه و ریشه در تیمارهای دفن یک‌سوم و یک‌دوم $22 Meq/L$ بود که به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد و سه‌چهارم افزایش نشان داد. مقدار پتاسیم ساقه و ریشه در تیمار دفن سه‌چهارم به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای دفن بود. بیشترین مقدار فسفر ساقه $0/73 Meq/L$ و ریشه $1/97 Meq/L$ در تیمارهای دفن یک‌سوم اندازه‌گیری شد. مقدار فسفر ریشه در تمام تیمارهای دفن به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. افزایش عناصر غذایی مهم فسفر و پتاسیم نشان از شرایط رشدی مناسب گیاهان دفن شده نسبت به شاهد می‌باشد. طول ساقه در تیمار دفن سه‌چهارم حدود دو برابر شاهد بود. بیشترین مقدار وزن خشک و تر ساقه و ریشه در تیمار دفن یک‌سوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای دفن بود. بنابراین نتیجه‌گیری شد که گونه‌رمس دفن شدن در رسوبات جزئی را نه تنها تحمل می‌کند بلکه دفن شدن در ماسه بادی موجب تحریک رشد آن می‌شود.

واژگان کلیدی: دفن ماسه، اکسین، پتاسیم، پرولین، *Hammada salicornica*

n مقدمه

یکی از فرایندهای موثر در بیابانی شدن اراضی مناطق خشک، فرسایش بادی است. این فرایند پدیده‌ای پیچیده است که شامل سه مرحله برداشت، حمل و رسوبگذاری است (24). نهشته‌های بادی در مسیر حرکت، هرگونه مانع از جمله نهال‌ها و گیاهان بالغ را دفن و رشد آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (28). همچنین رسوبات ماسه‌بادی با تغییر دما، رطوبت، pH خاک، مقدار اکسیژن و مواد غذایی قابل دسترس ریشه، شرایط خاکی ویژه‌ای ایجاد می‌کنند (20). در مناطق حمل رسوبات ماسه بادی، دفن شدن مثل یک فیلتر عمل می‌کند و گونه‌های حساس را حذف و فراوانی نسبی گونه‌های کم مقاومت را کاهش و گونه‌های مقاوم و وابسته به ماسه را افزایش می‌دهد؛ ولی اگر رسوب گذاری ادامه یابد بیشتر گونه‌های گیاهی وابسته به ماسه نیز حذف می‌شوند و منطقه‌ای عاری از پوشش گیاهی بوجود می‌آید (16 و 9). این حد آستانه در گونه‌های مختلف متفاوت است

یافته‌ها نشان داده‌است که در آستانه معینی از سطح رسوبگذاری، رشد بیشتر گونه‌های گیاهی تحریک می‌شود (2). این تحریک رشد می‌تواند مربوط به بهبود منابع خاکی، افزایش عمق خاک، افزایش رطوبت و وضعیت بهتر تهویه خاک باشد (20). گیاهان در برابر رسوب ماسه واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. هنگامی که گونه‌های گیاهی به طور جزئی یا کامل دفن شده باشند ممکن است واکنش‌های زیر را از خود نشان دهند (16). 1- گیاه پاسخ منفی نشان می‌دهد و پس از دفن شدن از بین می‌رود که به این گونه‌ها، گونه‌های ناسازگار می‌گویند؛ 2- گیاه در ابتدا پاسخ منفی از خود نشان نمی‌دهد و رشد عادی دارد، اما با زیاد شدن رسوبات ماسه از یک سطح معین واکنش منفی از خود نشان می‌دهد و از بین می‌رود؛ 3- رشد بعضی از گونه‌های گیاهی با رسوب ماسه تحریک می‌شود و به این گونه‌ها، گونه‌های بردبار می‌گویند. سازگاری گیاهان نسبت به دفن شدن در رسوبات ماسه به شکل زیستی، مراحل چرخه زندگی (28)، فصل دفن شدن، تعداد و عمق دفن شدن (14)، مقدار ماده ذخیره‌ای و از همه مهمتر پاسخ مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان (22، 23 و 30) بستگی دارد.

در بررسی اثر دفن قطعات ریزوم گونه‌ای اسکنبیل، *Calligonum arborescens*، در عمق‌های مختلف ماسه بادی نشان داده شد که افزایش قطر ریزوم به‌طور معنی‌داری بیوماس اندام هوایی، بیوماس اندام زیرزمینی، زنده‌مانی، بیوماس کل و توانایی زایشی گیاه را افزایش می‌دهد (12). نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که عمق دفن متوسط، 5 سانتیمتر، نیز بیوماس و زنده‌مانی را

افزایش داد. بنابراین نتیجه‌گیری شد که مواد ذخیره‌ای ریزوم و دفن شدن ریزوم‌ها در ماسه نقش بسزایی در زنده‌مانی، استقرار و رشد رویشی و زایشی این اسکنبیل ایفا می‌کند.

مهمترین پاسخ‌های مورفولوژیک در برابر دفن شدن در ماسه‌بادی شامل افزایش تعداد گره در هر ساقه و در سطوح بالاتر ساقه، جوانه‌ها (25) و ظهور ریشه‌های جدید یا ریشه‌های جانبی است (13) در حالی که گونه‌های نابردبار قادر به تولید ریشه‌های جانبی نیستند و در برابر تغییراتی که در خاک ایجاد می‌شود واکنش نشان نمی‌دهند (4). برای نمونه بررسی پاسخ پنج گونه چوبی به دفن شدن در رسوبات نشان داد که عمق دفن نقش زیادی در زنده‌مانی گونه‌ها دارد، به‌طوری‌که همه گونه‌ها به‌جز گونه *Acer campestre* در دفن کامل از بین رفتند (3).

بررسی‌های اندکی تأثیر دفن شدن در ماسه بادی را بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان مورد مطالعه قرار داده است (21). به‌طوریکه، بررسی پاسخ اکو فیزیولوژیک 10 گونه به دفن شدن در رسوبات ماسه نشان داد که تحریک رشد در همه گونه‌ها مشاهده شد (19). زیست توده، نرخ فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل a در گیاهان دفن شده در رسوبات ماسه به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بوده‌است. در مطالعات مشابه اثر رسوبات ماسه بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه ذرت (23)، *Corispermum Agriophyllum* و *macrocarpum, Setaria viridis squarrosun* (22) و *Caragana microphylla* (29) بررسی شده است.

گیاهان در مقابله با تنش‌های مختلف، سازوکارهای دفاعی زیادی را بر می‌گزینند. یکی از راهکارهای مناسب گیاهان در پاسخ به تنش افزایش اسمولیت‌های سازگار اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد. این اسمولیت‌های سازگار مانند اسید آمینه‌های پرولین¹ و گلیسین بتائین² و قندهای محلول³ اعمالی از قبیل تنظیم اسمزی، حفاظت از ساختار درون سلولی، کاهش خسارت اکسیداتیو به‌واسطه تولید رادیکال‌های آزاد در پاسخ به تنش خشکی و شوری و سایر تنش‌ها را میانجی‌گری می‌کنند (5). در بین مواد محلول سازگار شناخته شده، پرولین گسترده‌ترین نوع است و به نظر می‌رسد تجمع آن در فرآیند سازگاری به تنش در بسیاری از گیاهان دخالت دارد (27).

اکسین⁴ هورمونی ریشه‌زا در گیاهان می‌باشد. یکی از مهمترین دلایل ایجاد ریشه‌های نابجا این است که رسوبات ماسه موجب کاهش مقدار اکسیژن جذب شده به گیاه می‌شود. کاهش اکسیژن موجب تحریک سنتز و ترشح هورمون ریشه‌زای اکسین می‌شود (30). بنابراین انتظار

³ Soluble sugar⁴ Oxine¹ Proline² Glycine betaine

منتقل شد. آزمایش حاضر بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار به اجرا درآمد. گلخانه در شرایط نوری طبیعی، شدت نور در اردیبهشت ماه برابر با 1009 لوکس بود که با دستگاه Light Meter مدل LX-1108 UK اندازه‌گیری شد. دمای متوسط گلخانه در طول آزمایش ثابت نگهداشته شد و به‌طور متوسط برابر با 27 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. رطوبت گلخانه به‌طور متوسط برابر با 60 درصد و ساعات آفتابی در سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد به ترتیب برابر با 225، 245 و 285 ساعت اندازه‌گیری شد. قبل از رشد رویشی و قبل از شروع آزمایش طول ساقه و تعداد شاخه‌های نهالها اندازه‌گیری شد. نهال‌ها به‌طور متوسط طولی برابر با 20 سانتی‌متر داشتند. سپس نهال‌های رمس تحت پنج تیمار شاهد، دفن شدن با ماسه‌بادی تا یک سوم ارتفاع گیاه، از قسمت یقه، دفن شدن تا نصف ارتفاع گیاه، دفن شدن تا سه‌چهارم ارتفاع گیاه و دفن کامل قرار گرفت. ماسه‌بادیها که نهالها در آنها کشت شد دارای بافتی شنی، با pH برابر با 7/2 و EC برابر 2ds/m بود. مقدار Na برابر با 3/9 Meq/L، Ca برابر با 19 Meq/L، و مقدار Mg، K و Cl به ترتیب برابر با 8 Meq/L، 0/36 Meq/L و 9 Meq/L اندازه‌گیری شد. برای آبیاری نهال‌ها از لوله‌های پلاستیکی به قطر 2 cm و طول 40 cm استفاده شد، که یک سر آن در قسمت یقه هر نهال قرار داشت و سر دیگر آن بیرون از رسوب ماسه‌بادی بود. آبیاری توسط کیف‌ها که بر روی لوله‌ها قرار داشتند و در فاصله زمانی سه روز یکبار و برای هر نهال به مقدار 100cc انجام شد. با این روش نهال‌ها در همه تیمارها به یک اندازه آب در قسمت یقه دریافت کردند. بعد از شش ماه آبیاری و مراقبت، نهال‌ها با دقت از ماسه‌بادی خارج شدند. سپس وزن تر و خشک ریشه و ساقه با استفاده از ترازوی با دقت 0/001 g، طول ساقه‌ها با استفاده از خط‌کش، تعداد شاخه‌ها و تعداد ریشه‌های نابجا اندازه‌گیری شدند. به دلیل انجام آزمایش حاضر در شرایط گلخانه، ادامه آن تا سال بعد و بررسی اثر زمان امکانپذیر نبود.

اندازه‌گیری پرولین

اندازه‌گیری مقدار پرولین به روش Bates و همکاران (1973) انجام شد (1). در این روش اندازه‌گیری، مقدار 0/5g اندام هوایی در 10mL محلول 3% اسید سولفوسالیسیلیک⁵ ساییده و سپس نمونه‌ها صاف شدند. آنگاه 2 mL معرف نین‌هیدرین⁶ و 2 mL اسید استیک⁷ خالص به نمونه‌ها افزوده و لوله‌ها در بن ماری با دمای 100°C به مدت یک ساعت قرار داده شدند. سپس لوله‌ها به مدت نیم ساعت در حمام یخ قرار گرفتند. آنگاه به هر لوله آزمایش 4 mL تولوئن⁸ اضافه شد. لوله‌ها را خوب تکان داده و در نهایت

می‌رود در اثر دفن‌شدگی مقدار اکسین در گیاه رمس افزایش یابد.

بررسی انجام شده در این زمینه، بیشتر شامل گیاهان شن‌دوست در سواحل دریا است و کمتر به واکنش‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان مناطق خشک توجه شده است. در پژوهش حاضر، سعی شده است ضمن بررسی این واکنش‌ها در گیاه رمس، ویژگی‌هایی از گیاه که موجب حیات این گیاه تحت شرایط سخت دفن‌شدن در رسوبات ماسه‌بادی شده است، معرفی شوند.

n مواد و روش‌ها

معرفی گونه مورد بررسی

رمس، *Hammada salicornica* (Moq.) Iljin، که گاهی با مترادف *Haloxylon salicornicum* (Moq.) Bge. Ex Boiss. معرفی می‌شود، گیاهی است از تیره اسفناجیان *Chenopodiaceae*، گسترش وسیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد. به خشکی و خشکسالی‌های طولانی مقاومت زیاد و به‌عنوان گیاهی تثبیت‌کننده خاک است. رمس گیاهی درختچه‌ای و پایا با ساقه‌های متعدد، چوبی و بندبند می‌باشد. رمس به‌طور عمده دارای ریشه اصلی است که در خاک‌های دارای ساختمان سست و نرم بیشتر توسعه عمودی دارد. از نظر فنولوژیک، این گیاه به‌طور معمول در اواخر زمستان با فراهم شدن درجه حرارت و رطوبت مورد نیاز، شروع به رشد نموده، در اواسط مهرماه به گل و در پایان تا اواخر آذرماه بذرهای آن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسند. این گیاه در سطح وسیعی از مناطق گرم و خشک جنوبی ایران در پایین تر از عرض‌های جغرافیایی 33 درجه شمالی رویش دارد. مقدار میانگین بارش سالانه در مناطق رویشی در ایران بین 60 تا 300 mm می‌باشد. این گیاه در مناطق مختلف در تیپ‌های مختلف گیاهی به‌صورت گیاه غالب یا همراه با بسیاری از گونه‌های گیاهی از کنار دریای آزاد تا ارتفاع 1800 متر از سطح دریا مشاهده می‌شود. در ترکیب شیمیایی خاک رویشگاه‌های رمس مقادیر قابل ملاحظه‌ای گچ یا آهک ملاحظه می‌شود. زادآوری آن در طبیعت از طریق بذر است. دام‌ها بیشتر این گیاه را در اواخر رویش مورد چرا قرار می‌دهند. در مجموع رمس گونه‌ای مناسب برای احیای پوشش گیاهی و تثبیت خاک در مناطق خشک و بیابانی محسوب می‌شود (17).

روش پژوهش

برای انجام آزمایش نهال‌های یک‌ساله و هم‌اندازه گونه رمس از نهالستان اداره کل منابع طبیعی استان یزد تهیه و در زمستان سال 1393 به گلخانه واقع در دانشگاه یزد

⁷ Acetic acid

⁸ Toluene

⁵ Sulphosalicylic acid

⁶ Nynhydrin

استفاده شد. سپس به کمک روش فلوئوریمتری¹⁸ مقدار آن‌ها محاسبه شد (6).

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از متغیرهای مختلف اندازه‌گیری شده از نرم‌افزار آماری استفاده شد. داده‌ها به روش تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با احتمال 1 و 5 درصد انجام شد.

n نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای دفن در ماسه بادی بر میزان پرولین برگ و ریشه، اکسین ساقه، قند ساقه و ریشه، Na در ساقه و ریشه، K در ساقه و ریشه، P در ساقه و ریشه و بر روی صفات رویشی طول ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تر ریشه اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. از میان صفات اندازه‌گیری شده اثر تیمارهای دفن بر تعداد شاخه‌ها، وزن خشک ریشه معنی‌دار نبود (جدول 1 و 2). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار پرولین برگ در تیمار دفن یک‌سوم به‌مقدار 20/8 mg/gfw و کمترین مقدار پرولین برگ به‌مقدار 2/5 mg/gfw در تیمار دفن سه‌چهارم اندازه‌گیری شد. مقدار پرولین ریشه در تمام تیمارهای دفن به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود، این افزایش در تیمار یک‌سوم بیش از دو برابر شاهد بود (جدول 2). مقدار اکسین در تیمار دفن یک‌سوم و یک‌دوم به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت به‌طوری‌که مقدار آن در تیمار یک‌سوم برابر با 0/64 mg/gfw و حدود دو برابر شاهد بود. مقدار قند ساقه در تیمارهای دفن کاهش یافت در حالیکه در ریشه مقدار قند در تیمار یک‌سوم بیشترین مقدار را داشت (جدول 3). مقدار Na در ساقه و ریشه در تیمارهای دفن یک‌سوم و یک‌دوم برابر با 22meq/L بود که به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد و سه‌چهارم افزایش نشان داد. مقدار K در ساقه و ریشه در تیمار دفن کامل به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای دفن بود. بیشترین مقدار P در ساقه برابر با 0/73 meq/L و در ریشه برابر با 1/97 meq/L در تیمارهای دفن یک‌سوم اندازه‌گیری شد. مقدار P در ریشه در تمام تیمارهای دفن به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. طول ساقه در تیمار دفن سه‌چهارم، 40cm، حدود دو برابر آن در شاهد بود. وزن خشک ساقه در تیمار دفن یک‌سوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد و بقیه تیمارهای دفن بود. وزن تر ساقه و وزن خشک ریشه در تیمار دفن یک‌سوم و یک‌دوم بیشتر از بقیه تیمارها بود. وزن تر ریشه در تیمار دفن یک‌سوم به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش نشان داد (جدول 4). در دفن کامل کلیه گیاهان از بین رفتند.

مقدار جذب لایه رنگی فوقانی حاوی تولوئن⁹ و پرولین با دستگاه اسپکتروفوتومتر¹⁰ در طول موج 520 nm اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قندهای محلول

اندازه‌گیری قندهای محلول به‌روش Kochert (1978) (15) انجام شد. برای سنجش قندهای محلول، mL 10 اتانول¹¹ 70% به 0/5g از اندام هوایی خشک گیاه اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از یک هفته، محلول در هاون چینی ساییده و از صافی رد شد. سپس mL 0/1 از محلول صاف شده برداشته و بر روی آن mL 1 فنل 5% اضافه کرده و خوب هم زده و پس از آن 5mL سولفوریک¹² اسید غلیظ اضافه شد. محلول زرد رنگی به دست آمد که به مرور زمان تغییر رنگ داده و به قهوه‌ای روشن تمایل پیدا کرد. پس از 30 دقیقه، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج 485 nm قرائت شد و با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز¹³، میزان تغییرات قندها بر حسب mg/gdw ارزیابی شد.

اندازه‌گیری مقدار اکسین

اندازه‌گیری مقدار اکسین به‌روش He و همکاران (2002) انجام شد (8). یک گرم بافت برگ از برگ‌های نزدیک به راس ساقه در 10 mL اتانول 80% جوشانده و پس از ساییدن از روی کاغذ صافی عبور و سپس مقدار 1mL از عصاره به‌دست آمده را درون لوله آزمایش جداگانه ریخته و 2 mL معرف سالکوفسکی¹⁴ به هر لوله آزمایش اضافه شد. جهت تهیه معرف سالکوفسکی ابتدا محلول کلرید فریک¹⁵ 0/5M مولار تهیه شد، در مرحله بعد 1 mL از محلول با 50 mL پرکلرید اسید¹⁶ 35% مخلوط و پس از هم زدن مخلوط، معرف سالکوفسکی آماده گردید. سپس لوله‌ها به مدت 15 دقیقه در بن ماری 40°C تا 50°C قرار گرفت تا واکنش کامل و حضور اکسین در عصاره با رنگ صورتی آشکار گردید. در پایان میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج 230 nm دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار اکسین موجود در نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد.

اندازه‌گیری Na و K

برای اندازه‌گیری میزان Na و K برگ‌ها از روش هضم، سوزاندن نمونه خشک گیاهی در کوره با دمای 550°C به مدت 8 ساعت و واکنش با اسید کلریدریک¹⁷ 2M

¹⁴ Silkowski

¹⁵ Chloride ferric

¹⁶ Perchloric acid

¹⁷ Chloridric acid

¹⁸ Flame photometry

⁹ Toluene

¹⁰ Spectrophotometer

¹¹ Ethanol

¹² Sulphoric acid

¹³ Glucose

جدول 1: تجزیه واریانس اثر تیمارهای دفن در ماسه بادی بر روی صفات فیزیولوژیک گونه رمس

میانگین مربعات											درجه آزادی	منابع تغییرات
P	P	K	K	Na	Na	قند	قند	اکسین	پرولین	پرولین		
ریشه	ساقه	ریشه	ساقه	ریشه	ساقه	ریشه	ساقه	ساقه	ریشه	برگ		
*1/1	**0/02	**0/02	**0/05	**0/01	**0/03	*93	**22	**0/05	**80	**182	3	تیمار
0/3	0/014	0/001	0/001	0/001	0/01	0/3	1/1	0/007	4/2	6/24	8	خطا
14	15	21	19	18	16	13	15	13	12	20		ضریب تغییرات

** معنی دار در سطح 1 درصد و * معنی دار در سطح 5 درصد

جدول 2: مقایسه میانگین اثر تیمارهای دفن در ماسه بادی بر روی صفات فیزیولوژیک گونه رمس

میانگین مربعات صفات						درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک	وزن تر	وزن خشک	وزن تر	طول	تعداد		
ریشه	ریشه	ساقه	ساقه	ساقه	شاخه‌ها		
ns16/43	**152	**38/26	*98/15	**356	ns2/78	3	تیمار
6/24	14/23	6/48	21/25	15/63	0/98	20	خطا
16	15	15	22	21	12		ضریب تغییرات

** معنی دار در سطح 1 درصد ، * معنی دار در سطح 5 درصد و ns معنی دار نیست.

جدول 3: مقایسه میانگین اثر تیمارهای دفن در ماسه بادی بر روی صفات رویشی گونه رمس

3/4	1/2	1/3	شاهد	تیمارهای دفن در ماسه
c0/128±2/54	b1/1±11/52	a1/55±20/84	b2/2±16	پرولین برگ (mg/gfw)
b0/69±17/2	b2/2±15/67	a0/37±22/72	c0/4±10	پرولین ریشه (mg/gfw)
bc0/014±0/43	ab0/04±0/54	a0/018±0/64	c0/1±0/33	اکسین ساقه (mg/gfw)
b0/1±14	b0/45±13/39	c0/97±10/32	a0/5±17	قند ساقه (mg/gdw)
c0/08±10/4	b0/46±20/48	a0/18±22/78	b0/5±20/87	قند ریشه (mg/gdw)
b0/01±0/023	a0/02±0/19	a0/008±0/21	b0/01±0/029	Na ساقه (meq/L)
b0/01±0/13	a0/009±0/22	a0/003±0/22	b0/03±0/16	Na ریشه (meq/L)
b0/004±0/7	a0/0001±1/5	a0/007±1/48	a0/01±1/47	K ساقه (meq/L)
b0/023±0/62	a0/006±0/81	a0/01±0/799	a0/01±0/79	K ریشه (meq/L)
b0/002±0/17	a0/1±0/55	a0/091±0/73	b0/03±0/32	P ساقه (meq/L)
ab0/35±1	ab0/03±1/1	a0/54±1/97	b0/2±0/55	P ریشه (meq/L)

جدول 4: مقایسه میانگین اثر تیمارهای دفن در ماسه بادی بر روی صفات رویشی گونه‌ی رمس

تیمارهای دفن در ماسه	شاهد	1/3	1/2	3/4
تعداد شاخه‌ها	b0/43±2/5	ab0/31±2/83	b0/33±2/67	a0/52±4
طول ساقه (cm)	c0/5±24/5	b2/11±33/33	c1/3±25/17	a2±40/83
وزن تر ساقه (gr)	b1/9±14/4	a1/7±23/1	ab2/3±18/1	b1/5±14/88
وزن خشک ساقه (gr)	b1/3±7/14	a0/76±13	b1/1±8/6	b0/97±8/5
وزن تر ریشه (gr)	ab1/6±18/95	a1/37±23/35	b1/5±16/1	c1/7±11/35
وزن خشک ریشه (gr)	ab1±7/2	a1±9/1	ab1±6/9	b0/7±5

حروف غیرمشترک در هر ردیف بیانگر معنادار بودن ($p < 0,05$) بر اساس تست دانکن می‌باشد. (± انحراف معیار)

N بحث و نتیجه‌گیری

افزایش زمان ممکن است ریشه‌های نابجا تشکیل شود. بررسی پاسخ مورفولوژیک چند گونه درختی به دفن شدن در رسوبات ماسه نشان داد در دو گونه *Pinus strobus* و *Picea glauca* زیتوده کاهش یافت ولی سه گونه *Juniperus virginiana*, *Thuja occidentalis*, *Picea mariana* با ایجاد ریشه‌های نابجا به شرایط جدید بردباری نشان دادند ولی تحریک در رشد و زیتوده آنها مشاهده نشد (19). دو گونه *Populus balsamifera* و *Salix cordata* نه تنها تولید ریشه‌های نابجا نمودند بلکه رشدشان نیز تحریک شد و این موجب افزایش زیتوده در این گیاهان شد. در بررسی اثر دفن در رسوبات ماسه بر روی گیاه *Cakile edentula* نیز نشان داده شد که بعد از دو هفته ریشه‌های نابجا ظاهر شدند (30).

انتقال مواد کربوهیدراتی و معدنی مورد نیاز گیاه از ریشه به اندام‌های هوایی می‌تواند از دلایل دیگر رشد گیاه باشد. در تحقیق حاضر این انتقال مشاهده نشد (جدول 3)، بنابراین گیاه رمس افزایش در بهبود رشد خود را مدیون انتقال مواد کربوهیدراتی و معدنی مورد نیاز گیاه از ریشه به اندام‌های هوایی نیست. اما مقدار پرولین ریشه در تمام تیمارهای دفن به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول 3). پرولین منبع مهم ازت در گیاه است، افزایش این اسید آمینه مهم می‌تواند تا اندازه‌ای مربوط به افزایش جذب ازت در این تیمارها باشد. هدف از انتقال مواد مغذی از ریشه به ساقه در گیاهان برای افزایش رشد اندام هدایی است، تا گیاه به‌تواند با افزایش

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در تیمار دفن جزئی بیشتر شاخص‌های فیزیولوژیک به‌ویژه مقدار پرولین، به‌عنوان منبع پروتئین و P و N به‌عنوان عناصر ماکرو، اکسین به‌عنوان هورمون ریشه‌زا، قند ریشه به‌عنوان کربوهیدرات ذخیره‌ای ریشه افزایش یافته است (جدول 3). افزایش این شاخص‌ها به‌نوبه خود موجب افزایش رشد، وزن خشک و تر ریشه و ساقه، در این تیمار شد. یکی از دلایل افزایش رشد در تیمار دفن شدگی می‌تواند مربوط به افزایش حجم خاک و به تبع آن افزایش رطوبت و مواد غذایی قابل دسترس گیاه و جذب آنها از طریق ریشه‌های نابجا ایجاد شده باشد. در تحقیق حاضر با وجود افزایش معنی‌دار هورمون ریشه‌زای اکسین، ریشه نابجایی مشاهده نشد. گیاه رمس در طبیعت و در شرایطی که در نیکا قرار دارد ایجاد ریشه‌های نابجا می‌کند و به این طریق موجب جذب مواد غذایی و رطوبت ذخیره شده در رسوبات ماسه می‌شود. یکی از مهمترین دلایل ایجاد ریشه‌های نابجا این است که رسوبات ماسه موجب کاهش مقدار اکسیژن جذب شده به گیاه می‌شود. کاهش اکسیژن موجب تحریک سنتز و ترشح هورمون ریشه‌زای اکسین می‌شود. در گیاه رمس مقدار اکسین با دفن شدن در ماسه‌بادی افزایش می‌یابد، ولی افزایش این هورمون موجب ایجاد ریشه‌های نابجا در گیاه رمس نشد. دلیل این امر می‌تواند مربوط به مدت زمان آزمایش حاضر باشد. با

اسکنبیل در عمق‌های مختلف ماسه بادی نشان داد که افزایش قطر ریزوم به‌طور معنی‌داری زیتوده‌اندام هوایی و زیرزمینی، زنده‌مانی، زیتوده‌کل و توانایی زایشی گیاه را افزایش داد (28). بنابراین نتیجه‌گیری شد که مواد ذخیره‌ای ریزوم نقش زیادی در زنده‌مانی، استقرار، و رشد رویشی و زایشی گیاه اسکنبیل ایفا می‌کند.

بر اساس نظر *Maun* (1998) (16) گیاهان در پاسخ به دفن شدن در رسوبات ماسه ممکن است منفی یا بردبار باشد. گونه‌های بردبار، در آغاز پاسخ منفی نشان نمی‌دهند، ولی با افزایش رسوبات رشدشان کم و در پایان از بین می‌روند. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که گونه‌ی رمس با دفن شدن در رسوبات جزئی، تا 33 درصد ارتفاع گیاه، را نه تنها تحمل می‌کند بلکه دفن شدن در ماسه بادی موجب تحریک رشد آن می‌شود. بنابراین رمس بر اساس طبقه‌بندی *Maun* (1998) (16) جزء گونه‌های بردبار محسوب می‌شود. بنابراین با تولید و ازدیاد گونه‌ی رمس و دیگر گونه‌های بردبار و کشت آنها در مناطق منشأ یا در مسیرهای حمل ماسه می‌توان از حرکت ماسه‌ها و عواقب بعدی آن جلوگیری نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود بررسی مشابه بر روی دیگر گونه‌های مناطق خشک برای معرفی بهترین گونه سازگار انجام شود.

بیوماس هوایی از زیر رسوبات ماسه خارج شود. همچنین پرولین یکی از مهمترین آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان می‌باشد. بنابراین افزایش اسید آمینه پرولین نشان می‌دهد که افزایش رسوبات ماسه در برخی از فعالیت‌های سلولی ایجاد اختلال می‌کند و تولید این اسید آمینه به احتمال برای خنثی کردن اثر اکسیدان‌ها افزایش یافته است.

بررسی پاسخ پنج گونه چوبی به دفن شدن در رسوبات مارنی نشان داد که همه گونه‌ها در دفن جزئی زنده ماندند، ولی فقط گونه *Acer campestre* در دفن کامل قادر به رشد شد (3). انعطاف در جابجایی مواد ذخیره‌ای بین ساقه و ریشه به عنوان عامل رشد این گیاهان بیان شد. همچنین در بررسی اثرات دفن شدن سه گونه *Chrysothamnus Sarcobatus vermiculatus*, *Distichlis spicata nauseosus*, در رسوبات ماسه نشان داد که، در دفن جزئی به رشد خود ادامه دادند (2). تغییر افزایش زیتوده‌اندام هوایی نسبت به اندام زیرزمینی در این گیاهان را علت اصلی حیات آنها در این شرایط ارزیابی شده است (2). نتایج مشابه توسط *Harris and Davy* (1988) در گیاه *Elymus farctus* (7) و *Seliskar* (1994) در گیاه *Ammophila breviligulata* گزارش شده است (26). *Zhao* (2015) در بررسی دفن ریزوم گونه

References

1. Bates, L.S., Waldren, R.P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant soil*, 39, 205-207.
2. Brown, J. F. (1997). Effects of experimental burial on survival, growth and resource allocation of three species of dune plants. *Journal of Ecology*, 85, 151-158.
3. Burylo, M., Rey, F. & Dutoit, T. (2011). Responses of five woody species to burial by marly sediment: The role of biomass allocation pattern flexibility. *Journal of Plant Ecology*, 77, 1-7.
4. Dech, J. P. & Maun, M. A. (2006). Adventitious root production and plastic resource allocation to biomass determine burial tolerance in woody plants from central Canadian coastal dunes. *Annal Botany*, 98, 1095-1105.
5. De Lacerda, C.F., Cambraia, J. Oliva, M.A. & Ruiz, H.A. (2005). Changes in growth and in solute concentrations in Sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 54, 69-76.
6. Ghazanshahi, J. (2000). Plant and soil analysis. University of Tehran Press, Pp.272.

7. Harris, D. & Davy, A. J. (1988). Carbon and nutrient allocation in *Elymus farctus* seedlings after burial with sand. *Annal Botany*, 61, 147-15.
8. He, Y., Oyaizu, H. & Suzuki, S. (2002). Indole-3-acetic acid production in *Pseudomonas fluorescens* HP72 and its association with suppression of creeping bentgrass brown patch. *Current Microbiology*, 47, 138-143.
9. Huang, Z.Y. & Gutterman, Y. (2000). Comparison of germination strategies of *Artemisia ordosica* with its two congeners from deserts of China and Israel. *Acta Botanica Sinica*, 42, 71-80.
10. Li, J., Qu, H., Zhao, H., Yun, J. Y. & Pan, Ch. (2015). Growth and physiological responses of *Agriophyllum squarrosum* to sand burial stress. *Journal of Arid Land*, 7, 94-100.
11. Little, L. R. & Maun, M. A. (1996). The *Ammophila* problem revisited: a role for mycorrhizal fungi. *Journal of Ecology*, 84, 1-7.
12. Luo, Z. & Zhao, W. (2015). Burial depth and diameter of the rhizome fragments affect the regenerative capacity of a clonal shrub. *Ecological Complexity*, 23, 34-40.
13. Liu, B., Liu, Zh. & Lu, X. (2014). Sand burial compensates for the negative effects of erosion on the dune-building shrub *Artemisia wudanica*. *Plant Soil*, 374, 263-273.
14. Liu, H. L., Shi, X. & Wang, J. C. (2011). Effects of sand burial, soil water content and distribution pattern of seeds in sand on seed germination and seedling survival of *Eremosparton songoricum* (Fabaceae), a rare species inhabiting the moving sand dunes of the Gurbantungut Desert of China. *Plant and Soil*, 345, 69-87.
15. Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Hand book of physiological method (eds. Helebust, J. A. & Craig, J. S.) Pp. 56-97. Cambridge University Press .Cambridge.
16. Maun, M. A. (1998). Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, 76, 713-738.
17. Moghimi, J. (2003). Introduction of some important rangeland species suitable for reclamation in Iran. Iran: Arvan publication.
18. Perumal, J. (1994). *Effect of burial in sand on dune plant communities and ecophysiology of component species*. Ph.D. Thesis, University of Western Ontario: London.
19. Perumal, V. J & Maun, M. A. (2006). Ecophysiological response of dune species to experimental burial under field and controlled conditions. *Plant Ecology*, 184, 89-104.
20. Poulson, T.L. (1999). Autogenic, allogenic and individualistic mechanisms of dune succession at Miller, Indiana. *Natural Areas Journal*, 19, 172-176.
21. Qu, H, Zhao, H.L. & Zhao, X.Y. (2012 a). Effects of sand burial on survival and yield of mung bean. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10, 687-689.
22. Qu. H, Zhao. H.L. & Zhou, R.L. (2012 b). Effects of sand burial on the survival and physiology of three annuals of Northern China. *African Journal of Biotechnology*, 11(20), 4518-4529.
23. Qu. H, Zhao. H.L. & Zhou, R.L. (2012 c). Effects of sand burial stress on maize (*Zea mays* L.) growth and physiological responses. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5), 869-876.
24. Safarnejad, A. (2004). Campaign of saxaoul species (*Haloxylon spp*) for its improvement and expansion in desert areas. *Pajouhesh & Sazandagi*, 67, 51-57. (In Farsi).

25. Samsone, I., Druva-Lusite, I. & Andersone, U. (2009). Plasticity of a dune plant *Alyssum gmelinii* in response to sand burial in natural conditions. *Acta Universitatis Latviensis*, 753, 125–136.
26. Seliskar, D. M. (1994). The effect of accelerated sand accretion on growth, carbohydrate reserves, and ethylene production in *Ammophila breviligulata* (Poaceae). *American Journal of Botany*, 81, 536–541.
27. Sudhakar, C., Reddy, P.S. & Veeranjanyulu, K. (1993). Effect of salt stress on enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram (*Phaseolus aureus*) seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 141, 621-623.
28. Yu, F.H., Dong, M. & Krusi, B. (2004). Clonal integration helps *Psammocbloa villosa* survive sand burial in all inland dune. *New Phytologist*, 162, 697–704.
29. Zhao, H., Qu, H., Zhou, R., Wang, J., Yun, J. & Li, J. 2013. Ecological Adaptation and Physiological Response of *Caragana microphylla* Seedling to Sand Burial. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 7, 235-245.
30. Zhang, J. H. & Maun, M. A. (1990). Effects of sand burial on seed germination, seedling emergence, survival, and growth of *Agropyron psammophilum*. *Canadian Journal of Botany*, 68, 304- 310.

Investigation of Some Vegetative and Physiological Characteristic of *Hammada salicornica* Under Sand Burial

A. Mosleh Arani^{1*}, E. Jafari², S. A.M. Mirmohammadi Meybodi³, H. Sodaeizadeh¹

1. Associate Professor, Yazd University, Iran.
 2. MSc. Student, Yazd University, Iran.
 3. Professor, Isfahan University of Technology, Iran.
- * Corresponding Author: amosleh@yazd.ac.ir

Received date: 08/08/2017

Accepted date: 26/02/2018

Abstract

This study investigated the vegetative and physiological characteristics of *Hammada salicornica* Syn.: *Haloxylon salicornicum* under sand burial. Experiment conducted in completely randomised design with five replicates. One year-old seedlings of *Hammada salicornica* in the same size assigned to one of the following five burial treatments, control, buried to 33% of plant height, buried to 50% of plant height, buried to 75% of plant height and buried to complete plant height. After 6 months watering under glasshouse conditions, some of vegetative and physiological characteristics of *Hammada salicornica* were measured. Results showed the highest amounts of leave proline equal to 20.8 mg/gfw observed in 33% burial treatment. Root proline in all burial treatments were significantly more than two times compared to control. The root proline in 33% burial treatment was equal to 22.72 mg/gfw that was two times more than control. The amount of oxine significantly increased in 33% and 50% burial treatments compared to control. The amount of oxine in 33% burial treatment was equal to 0.64 mg/gfw that was two times more compared to the control. The amounts of stem sugar were decreased in all burial treatment while highest amounts of root sugar were measured in 33% burial treatment. Stem and root sodium, 22 meq/l, significantly increased in 33% and 50% compared to control and 75% burial treatment. The amount of root and stem potassium content in 75% of burial treatment was significantly lower than other burial treatment. The amounts of stem phosphorus, 0.73 meq/L, and root phosphorous, 1.9 meq/L, observed in 33% of burial treatment. The amounts of root phosphorus significantly increased in all burial treatment compared to the control. Moreover, the stem height in 75% burial treatment, 40 cm, were more than two times compared to the control. The highest amount of stem and root dry and wet weight in 33% of burial treatment was significantly more than other burial treatments. It is concluded that *Hammada salicornica* tolerate not only 33% of burial treatment but also the burial stimulates the growth.

Keywords: *Haloxylon salicornicum*; Oxine; Potassium; Proline; Psammophyte