مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳
ص ۴۷۵-۴۸۵

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۰۴/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۰۸/۲۳

بررسی واکنش‌های مورفولوژیک و شکل‌گیری نبکا در دو گونهٔ کلیر (*Capparis decidua*) و لگجی(*C. spinosa*) در مناطق خشک و بیابانی

❖ **اصغر مصلح آرانی*؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، پژوهشکدهٔ مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد، دکتری اکولوژی گیاهی
❖ **حمیدرضا عظیم‌زاده؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، پژوهشکدهٔ مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد، دکتری علوم خاک
❖ **محمدرضا اختصاصی؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، دکتری مورفودینامیک فرسایش بادی
❖ **ندا ایمان‌طلب؛** دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
❖ **علی دولتی؛** استادیار دانشکدهٔ ریاضی، دانشگاه یزد، دکتری آمار

چکیده

این پژوهش، با تکیه بر مقایسهٔ واکنش‌های متفاوت مورفولوژیک دو گونهٔ کلیر (*Capparis decidua*) و لگجی(*C. spinosa*)، ارتباط بین بعضی از عوامل مؤثر در شکل‌زایی نبکا را بررسی می‌نماید. به منظور بررسی واکنش‌های مورفولوژیک دو گونهٔ مورد اشاره به تشکیل نبکا، ۹ نبکا ی لگجی با سنین متفاوت به طور تصادفی انتخاب شد. سپس، تعداد و اندازهٔ ریشه های نابجا و تعداد شاخه و جوانه در طول ساقه شمارش شد. نتایج نشان داد که وزن بخش زنده (سبز) و غیرزندهٔ پایه‌هایی از گیاه لگجی تشکیل‌دهندهٔ نبکا به طور معنی داری از پایه های شاهد هم‌سن خود بیشتر است. در لگجی، نبکا در ابتدا با افزایش تعداد جوانه‌ها و شاخه‌ها باعث تحریک رشد می‌شود، ولی، در نهایت، باعث خشکیدگی کامل گیاه می‌گردد. در کلیر، تشکیل نبکا باعث ریشه‌زایی (ریشه‌های نابجا) در شاخه‌های مدفون‌شده می‌شود. همچنین، با افزایش حجم نبکا، بر تعداد شاخه یا جوانه در کلیر افزوده نشد. علاوه بر آن، ریشهٔ نابجایی در پایه‌های کلیرِ فاقد نبکا ملاحظه نشد. نتایج بررسی نحوهٔ انشعاب شاخه‌ها نشان داد که گونهٔ کلیر به دو روش باعث ایجاد نبکا می‌شود. کلیر در میان‌سالی پاجوش‌های فراوانی تولید می‌کند. تشکیل پاجوش‌ها در اطراف و در قسمت یقهٔ گیاهِ کلیر باعث تجمع رسوبات و تشکیل نبکا می‌شود. شاخهٔ پاجوش های مدفون‌شده در نبکا، با افزایش حجم نبکا، ریشه های نابجا تولید می نماید و پایهٔ مادری به‌تدریج ضعیف می‌شود و نهایتاً خشک می شود. حالت دوم تشکیل نبکا مشابه لگجی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشخص شد که گونهٔ کلیر واکنش‌های مورفولوژیک سازگارتری نسبت به لگجی در برابر تشکیل نبکا دارد.

واژگان کلیدی: کلیر، لگجی، نبکا، واکنش مورفولوژی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۳۱۵۷۵۲۱۸
Email: amosleh@yazd.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک گیاهان از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهندهٔ سرعت باد و از عوامل رسوب‌گذاری ماسه‌بادی‌ها محسوب می‌شوند. تجمع رسوبات بادی در اطراف و داخل گیاهان موجب تشکیل پدیده‌ای به نام نبکا می شود. نبکاها به اشکال مختلف به‌ویژه به شکل نیم‌مخروط یا نیم‌کره‌ای دیده می‌شوند[۱۹] و می‌توانند اندازه‌های قابل توجهی داشته باشند[۸]. اشکال این نبکاها از عوامل گوناگونی متأثر است.

عوامل مؤثر بر شکل نبکاها شامل زمان، اقلیم، اندازه، دانه‌بندی، منبع تأمین رسوبات، فرم تعادلی تپه ها، باد، و عملکرد رویشی گونه های گیاهی است؛ در این میان نقش فرم رویشی گیاهان از اهمیت زیادی برخوردار است [۳]. ارزیابی ارتباطات موجود بین خصوصیات رویشی گونه‌های گیاهی Alhagi mannifera، Reaumuria turcestanica، و Tamarix mascatensis با مؤلفه های مورفومتری نبکا با استفاده از نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه نشان می‌دهد که فرمِ رویشی گیاهان مؤثرترین عامل در توجیه شکل و تکامل نبکاست[۲۰]. در مورفولوژی نبکای دو گونهٔ Gazania rigens و Arctotheca populifolia نقش فرم رویشی این گیاهان از عوامل مهم شکل نبکاست[۸]. در تحقیق ذکرشده، G. rigens.، به دلیل داشتن شاخه‌های متراکم و متعدد، به لحاظ آئرودینامیک چهار برابر زبرتر از گیاه A. populifolia است و همین عامل باعث افزایش معنی‌دار رسوب ماسه‌بادی در نبکای G. rigens و، در نتیجه، تفاوت در شکل نبکای این دو گیاه است[۸]. مطالعهٔ دینامیک ۳۰ نبکا در طول سال‌های ۲۰۰۴ ــ ۲۰۰۵ نشان داد که فرم رویشی گیاهان باعث رسوب بیشتر ماسه‌بادی و افزایش ارتفاع نبکا در آن می‌شود. مشابه مطالعات فوق[۲، ۳، ۹، ۱۹]نیز اشکال نبکا را به فرم‌های رویشی گیاهان مرتبط ساخته‌اند[۱]. بررسی مقایسه و تحلیل ویژگی های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونهٔ گیاه نشان داد که با افزایش ارتفاع تاج پوشش گیاهیْ ارتفاع نبکا نیز افزایش می‌یابد و، در نتیجه، مساحت بیشتری از فضای اطراف گیاه اشغال می شود که موجب افزایش پهنا و محیط نبکا می‌شود[۱۱]. بررسی ارتباطات مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبکاهای گونهٔ گل گزی در منطقهٔ خیرآباد سیرجان نشان داد که ارتباط معنی‌دار قوی بین حجم مخروط نبکا با مؤلفهٔ افقی سایه‌انداز گیاه وجود دارد[۲۰]. تحقیقات انجام شدهٔ فوق بر روی خصوصیات و ارتباطات موجود در شکل گیری و توسعهٔ نبکاها، به‌رغم نتایج قابل توجه، کمتر به نقش واکنش‌های مورفولوژیک گیاهان در نبکا پرداخته است[۲۰]. از طرف دیگر، نبکا باعث ایجاد یک میکروکلیمای خاصی می‌گردد که شرایط جدیدی را برای رشد گیاهان فراهم می‌سازد. بعضی از گیاهان در خود تغییرات ژنتیکی، مورفولوژیکی، و فیزیولوژیکی ایجاد می‌نمایند و با این شرایط سازگار می شوند. گیاهانی که قادر نیستند با شرایط جدید سازگار شوند از بین می‌روند[۱۰]. سازگاری گیاهان نسبت به تشکیل نبکا به شکل زیستی، مراحل چرخهٔ زندگی، فصل دفن‌شدن، تعداد دفن‌شدن، مقدار مادهٔ ذخیره‌ای و، از همه مهم تر، پاسخ مورفولوژیک گیاهان بستگی دارد. گونه‌های سازگار پاسخ‌های مورفولوژیکی متفاوتی در برابر نبکا از خود نشان می دهند. در بعضی گونه‌ها تعداد گره در هر ساقه و میان‌گره‌ها افزایش می‌یابد و در سطوح بالاتر ساقه، جوانه‌ها، و ریشه‌های جدیدی ظاهر می‌شود [۱]. بدین ترتیب، هر گونه تغییر مورفولوژیک در گیاه باعث تغییر مورفولوژیک در نبکا می‌شود و شکل نهایی نبکا می تواند با شکل گیاه هماهنگ و متأثر از آن باشد. به این دلیل در این

Archive of SID

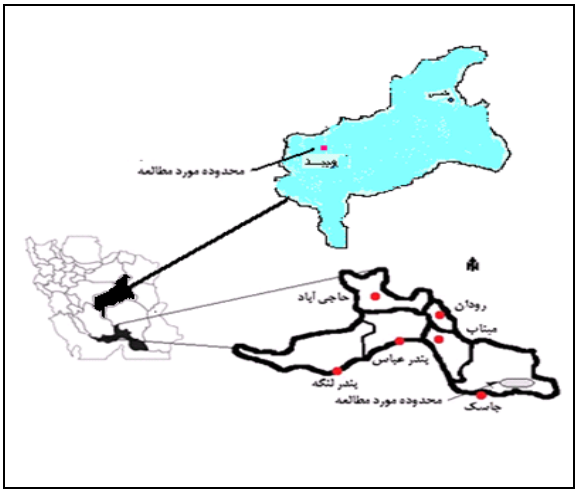
www.SID.ir

پـژوهش سـعی شـده اسـت، بـا تکیـه بـر مقایسـهٔ واکـنش‌هـای متفـاوت مورفولوژیـک دو گونـهٔ تشـکیل‌دهنـدهٔ نبکـا، کلیـر (Capparis decidua) و لگجی(C. spinosa)، ارتبـاط بـین بعضـی از عوامـل مؤثر در شکل‌زایی نبکاها بررسی شود.

روش‌شناسی تحقیق

مناطق مورد مطالعه

بنـدر جاسـک در فاصـلهٔ ۷۰ کیلـومتری شهرسـتان جاسـک و ۴۰۰ کیلـومتری مرکـز اسـتان هرمزگـان (بنـدرعباس) یکـی از رویشـگاه‌هـای گونـهٔ کلیـر در جنوب کشور است که در محدودهٔ طـول جغرافیـایی ۵۸° ۱۳′ شرقی و عرض جغرافیـایی ۲۵° ۴۳′ شـمالی قرار دارد (شکل ۱). از نظـر ارتفـاعی، محـدودهٔ مـورد مطالعه منطقـه‌ای سـاحلی اسـت کـه اخـتلاف ارتفـاع چندانی در نقاط مختلف آن مشاهده نمی‌شود. متوسـط بارندگی در جاسک حـدود ۱۳۲٫۶ میلـی‌متـر در سـال برآورد شده است. میانگین درجـهٔ حـرارت سـالیانه در ایـن ایسـتگاه ۲۷°C اسـت. ایـن منطقـه از منـاطق فراخشک ایران است و یکی از کانون‌های مهم بحرانـی و حساس به فرسایش بادی به‌شمار می‌رود[۱۰].



شکل ۱. مناطق مورد مطالعه در استان‌های یزد و هرمزگان

رویشگاه لگجی در دشـت بیابـانی در شـرق شـهر میبد در استان یزد واقع شـده اسـت (شـکل ۱). آب و هوای منطقه گرم و خشک است. گرم‌ترین ماهِ سال در آن تیرماه اسـت بـا دمـای متوسـط روزانـه ۳۹٫۴°C و سردترین ماهِ سال دی‌ماه بـا دمـای متوسـط ۰٫۵°C- . متوسط بارندگی سالانه ۶۱٫۵ میلی‌متر است و بیشـترین آن در ماه فروردین اتفاق می‌افتد. گیاه لگجی به حالـت تنک در سرتاسر این منطقه گسترش دارد[۵].

معرفی گونه‌های مورد مطالعه

کلیر (*Capparis decidua*) گونه‌ای است از تیـرهٔ کـور (*Capparidaceae*)، بـا تـاجی گسـترده و شـاخه‌هـای سبزرنگ، صاف و بدون کرک. برگ‌های کوچـک ایـن گونه فقط در پایه‌های جوان دیده می‌شود. گل‌های این درخت قرمزرنگ است [۱۳، ۱۷]. زمان گُل‌دهـی ایـن درخت دو بار در سـال (بهـار و تابسـتان) اسـت[۱۸]. این گونه در ارتفاع ۱۰ تا ۱۳۰۰ متـری از سـطح دریـا دیده می‌شود. خاک‌های شور و ماسه‌ای را، کـه از نظـر مواد آلی فقیرند، می‌پسندد و گونه‌ای گزروفیت به شمار مـی‌رود. سیسـتم ریشـه‌ای ایـن گونـه عمیـق اسـت و می‌تواند بـه درون زمـین نفـوذ کنـد. کلیـر، بـا تـاجی گسترده، قادر به تثبیت ماسه و تشکیل نبکـا در اطـراف خود است[۶]. نبکای کلیر به دو شکل در منطقهٔ مورد مطالعه مشاهده می‌شود: نیم‌کره‌ای؛ نیم‌کره‌ای سینوسی.

لگجی (*Capparis spinosa*) نیز گیاهی اسـت از تیرهٔ کور، با ساقه‌های متعـدد و اغلـب گسـترده روی زمین. شاخه‌های این گیـاه سـاده یـا منشـعب، بـدون کـرک یـا پوشـیده از کـرک‌هـای نـرم ریـزان اسـت. برگ‌های این گیاه از نظـر انـدازه متنـوع، دم‌بـرگ‌دار، دایره‌ای، واژ تخم‌مرغی، و بیضوی با نوکی کند یا تیـز است. گل‌های آن منفرد یا محوری و اغلب شب‌بـوی و معطر است. میوهٔ آن سـبزرنگ اسـت و شـکوفا بـا دانه‌های متعدد و با گوشت درونی قرمز. لگجی دارای خواص دارویی است و پوست ریشـهٔ آن در امـراض

Archive of SID

www.SID.ir

مربوط به کبد و طحال به‌کار می‌رود [۱۲]. نبکا ی لگجی، برخلاف شکل نبکای کلیر، با سطح مقطع لوزی در منطقه مشاهده می‌شود.

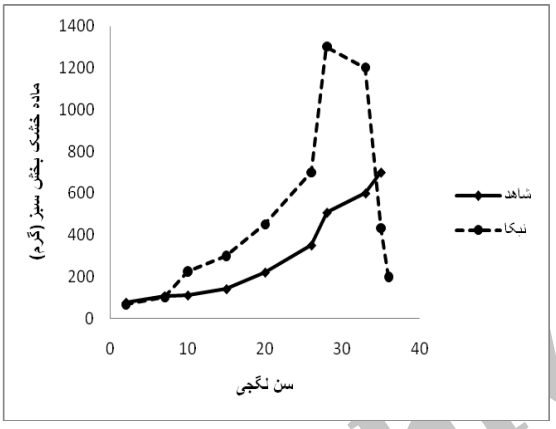
روش تحقیق

به منظور بررسی واکنش های مورفولوژیک گونه های مورد مطالعه به تشکیل نبکا، نُه نبکا ی لگجی به اندازه‌های مختلف از کوچک تا بزرگ با سنین متفاوت به طور تصادفی انتخاب شد. رسوبات نبکا از اطراف گیاه تا سطح عمومی زمین کنار زده شد. سپس، تعداد و اندازهٔ ریشه های نابجا در کل نبکا و تعداد شاخه و جوانه در طول ساقه در عمق ۲۰ سانتی‌متر از سطح نبکا (محل جست شاخه‌ای) اندازه گیری شد. همچنین، نحوهٔ انشعاب شاخه ها از ساقهٔ اصلی بررسی شد. سپس، قسمت‌های سبز گیاه از بخش‌های غیرزنده (شاخه‌های خشک‌شده) آن جدا و شسته شد و در دمای ۱۰۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. وزن بخش های غیرزنده و سبز گیاه اندازه‌گیری شد. همهٔ گیاهان به روش شمارش تعداد حلقه های سالانه تعیین سن شدند. تعیین سن و اندازه‌گیری‌ها هم‌زمان برای پایه‌هایی از لگجی که نبکا تشکیل نداده بودند به عنوان شاهد انجام شد. تعیین سنِ گونهٔ کلیر، به دلیل ازبین‌رفتن پایهٔ مادری، امکان‌پذیر نبود. بنابراین، شش نبکا به ارتفاع ۳۵، ۴۰، ۶۰، ۷۰، ۱۶۰، و ۱۶۵ سانتی‌متر به طور تصادفی انتخاب و مشابه لگجی آزمایش ها تکرار شد. برای مقایسهٔ میانگین وزن بخش زنده و بخش غیرزندهٔ گیاه در حالت نبکا و شاهد از آزمون t زوجی استفاده شد.

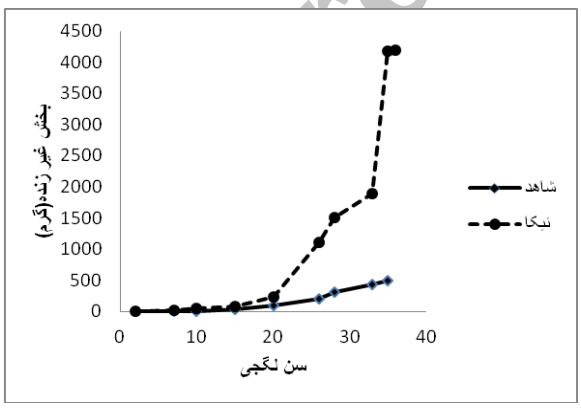
نتایج

واکنش‌های مورفولوژیک و نحوهٔ رشد گونهٔ لگجی

نتایج نشان داد که اختلاف بین میانگین این دو بخش در گیاه شاهد و نبکا معنی‌دار است ($P < ۰/۰۱$). وزن بخش زنده (سبز) پایه هایی از گیاه لگجی، که نبکا تشکیل داده بودند، به طور معنی‌داری از پایه‌های شاهد هم‌سن خود بیشتر بود. این افزایش به‌وضوح نشان داد که نبکا باعث تحریک رشد لگجی شده است. از طرف دیگر، وزن بخش‌های غیرزندهٔ پایه هایی از گیاه لگجی، که نبکا تشکیل داده بودند، به طور معنی‌داری از پایه‌های شاهد هم‌سن خود بیشتر بود. شکل‌های ۲ و ۳ بخش های زنده و غیرزندهٔ لگجی را در دو حالت نبکا و شاهد نشان می‌دهد.



شکل ۲. مقایسهٔ مادهٔ خشک بخش سبز در لگجی در دو حات نبکا و بدون نبکا (شاهد).

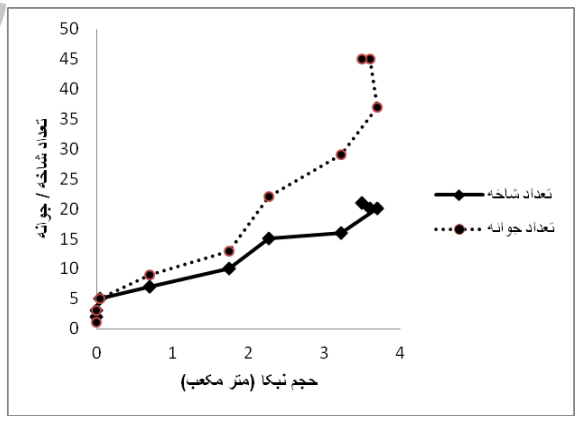


شکل ۳. مقایسهٔ بخش غیرزنده در لگجی در دو حات نبکا و شاهد.

لگجی در حالت نبکا، به‌ویژه از سن بیست‌سالگی به بعد، رشد بیشتری را در هر دو بخش زنده و

Archive of SID
www.SID.ir

غیرزنده نسبت به گیاه شاهد نشان داد. این افزایش برای بخش زنده تا سی‌سالگی ادامه دارد و پس از آن با کاهش چشمگیری همراه است، به طوری که بعد از سی‌وشش‌سالگی این گیاه به طور کامل خشک می شود. نتایج نشان داد که تشکیل نبکا نخست باعث تحریک و افزایش رشد لگجی می‌شود، ولی با افزایش حجم رسوبات رشد کاهش می یابد و، در نهایت، باعث خشکیدگی کامل گیاه می‌شود. هیچ‌گونه ریشه‌زایی (ریشه‌های نابجا) در ساقه و شاخه‌های مدفون‌شدهٔ لگجی در نبکا دیده نشد، ولی، در عوض، با افزایش سن گیاه در نبکا، تعداد جوانه‌ها و شاخه ها به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تعداد جوانه‌ها و شاخه‌ها در پایه‌هایی با سنین مختلف از لگجی، که نبکا تشکیل نداده بودند، بدون تغییر بود. شکل ۴ افزایش تعداد شاخه و جوانه در لگجی را با افزایش حجم نبکا نشان می‌دهد.



شکل ۴. افزایش تعداد شاخه و جوانه در لگجی بر حسب حجم نبکا

نتایج بررسی نحوهٔ انشعاب شاخه ها در لگجی مشخص کرد که در دو حالت وجود نبکا و فقدان آن (شاهد)، تاج و شاخه های گسترده با رشد افقی از مهم‌ترین عوامل تشکیل نبکا در این گیاه است، که باعث افزایش زبری، کاهش سرعت باد، و تجمع رسوبات بادی می‌شود (شکل ۵).

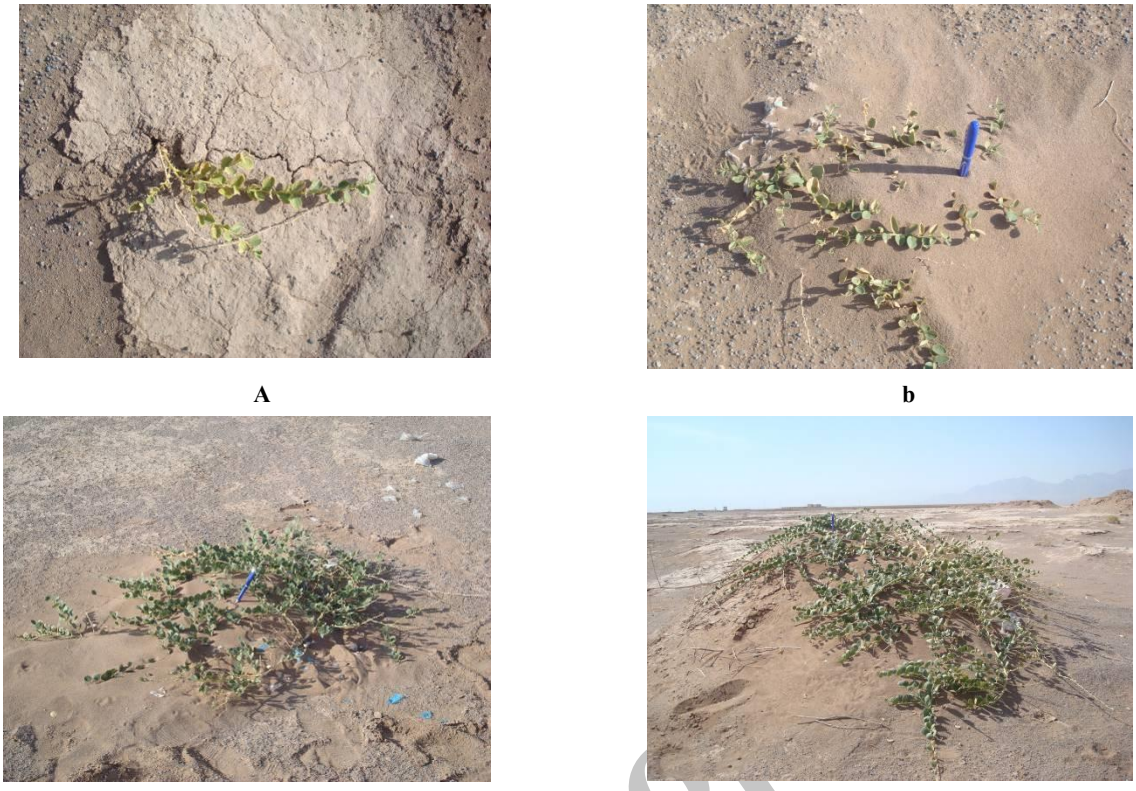
انشعاب شاخه ها در دو طرف ساقهٔ اصلی محیط مناسبی را برای رسوب‌گذاری ماسه‌بادی‌ها و تشکیل نبکا با مقطع لوزی فراهم می سازد. با افزایش حجم نبکا تولید شاخه و جوانه در گیاه تحریک می‌شود و گیاه بزرگ‌تر قادر به ایجاد نبکای بزرگ‌تر می شود. اوج حجم نبکا در سی‌سالگی است و بعد از آن حجم نبکا ثابت باقی می ماند تا زمانی که گیاه به طور کامل خشک می شود، و از آن زمان به بعد نبکا بر اثر فرسایش ممکن است با کاهش حجم روبه‌رو شود (شکل ۶).

واکنش‌های مورفولوژیک و نحوهٔ رشد گونهٔ کلیر

در کلیر تشکیل نبکا باعث ریشه زایی (ریشه های نابجا) در شاخه های مدفون‌شده گردید. برخلاف لگجی، در تولید شاخه و جوانه در حالت نبکا افزایشی مشاهده نشد. با اندازه‌گیری طول و تعداد ریشه‌های نابجای تشکیل‌شده توسط گونهٔ کلیر، مشخص شد که با افزایش ارتفاع نبکا تعداد ریشه‌ها و میانگین طول آن‌ها افزایش یافت (شکل ۷). با افزایش حجم نبکا هیچ‌گونه افزایشی در تعداد شاخه یا جوانه در کلیر مشاهده نشد. همچنین، هیچ‌گونه ریشهٔ نابجایی در پایه هایی از کلیر، که نبکا تشکیل نداده بودند، مشاهده نشد.

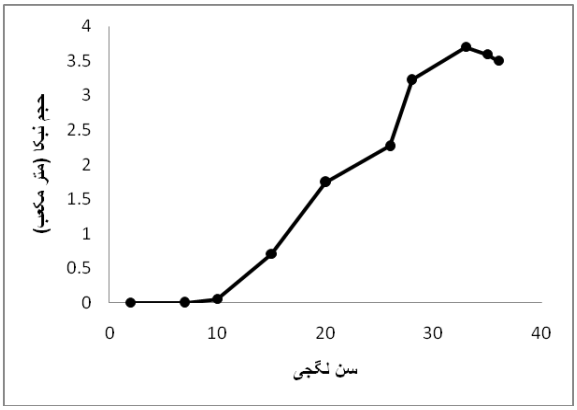
نتایج بررسی نحوهٔ انشعاب شاخه‌ها و تأثیر آن در شکل‌گیری نبکا نشان داد که گونهٔ کلیر به دو روش و متفاوت از گیاه لگجی باعث ایجاد نبکا می شود. در حالت اول، که شکل ۸ شماتیک آن را نشان می دهد، کلیر در میان‌سالی پاجوش‌های فراوانی تولید می کند. تشکیل این پاجوش‌ها در اطراف و در قسمت یقهٔ گیاه کلیر باعث کاهش سرعت باد و تجمع رسوبات بادی می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

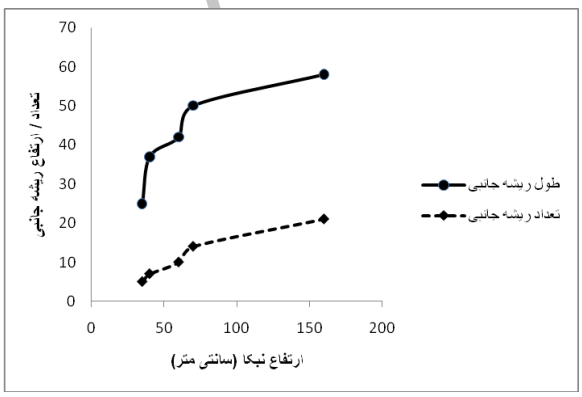


A b C d e

شکل ۵. توسعهٔ نبکا در لگجی (از a تا e)



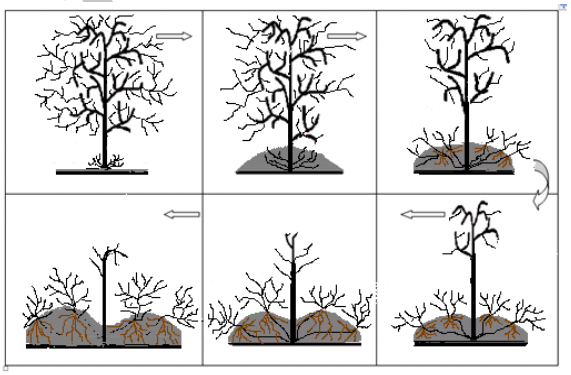
شکل ۶. روند افزایش حجم نبکا در لگجی



شکل ۷. افزایش تعداد/ ارتفاع ریشه‌های جانبی بر حسب ارتفاع نبکا در کلیر

www.SID.ir

با افزایش رشد پاجوش‌ها حجم نبکا افزایش می‌یابد. شاخهٔ پاجوش‌های مدفون‌شده در نبکا با افزایش حجم نبکا ریشه های نابجا تولید می‌نماید و با گذشت زمان باعث جذب مواد غذایی می شود. با ادامهٔ رشد پاجوش‌ها پایهٔ مادری به تدریج ضعیف و نهایتاً خشک می‌شود. پاجوش‌هایی که بدین ترتیب به گیاهی مستقل تبدیل شده‌اند پدیده‌ای به‌وجود می‌آورند به نام حلقهٔ گیاهی (شکل ۹). حلقه‌های گیاهی یکی از روش های تکثیر غیرجنسیِ گیاه کلیر در شرایط حاکم بر منطقهٔ مورد مطالعه ارزیابی شد. با ازبین‌رفتن پایهٔ مادری و رشد نبکا توسط پاجوش ها، نبکا با گذشت زمان به شکل سینوسی ملاحظه می‌شود (شکل ۹).



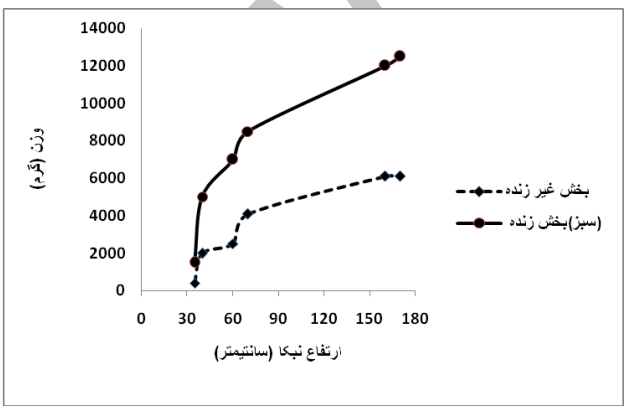
شکل ۸. چگونگی تشکیل نبکا در کلیر به صورت شماتیک

شکل ۹. ازبین‌رفتن پایهٔ مادری و تشکیل حلقهٔ گیاهی در کلیر

شکل ۱۰. نبکای کلیر

در حالت دوم تشکیل نبکا مشابه لگجی است. کلیر در اوایل رشد رویشی خود شاخه های متراکم و محکم تولید می‌نماید که قادر به کاهش سرعت باد و تجمع رسوبات بادی است. انشعاب منظم شاخه ها در اطراف ساقه به تشکیل نبکا به شکل نیم‌کره منجر می‌شود (شکل ۱۰). در این حالت سن نبکا تقریباً برابر با سن کلیر است و بخش غیرزنده بسیار ناچیز و قابل اغماض است.

نتایج مقایسهٔ میانگین وزن بخش زنده و بخش غیرزنده در گیاه کلیر (در حالت اول تشکیل نبکا) نشان داد که با افزایش ارتفاع نبکا این دو بخش افزایش می یابد و روند افزایش مادهٔ خشک از مادهٔ تر کمتر است و در نهایت ثابت می‌ماند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. روند افزایش بخش زنده (سبز) و غیرزنده بر حسب ارتفاع در کلیر

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

برای شکل‌گیری نبکا، علاوه بر فرسایش بادی و حرکت ماسه‌ها، گیاهان نیز باید به رسوب‌گذاری پاسخ مناسبی بدهند. بر این اساس، پاسخ بعضی از گیاهان منفی است و پس از دفن‌شدن ازبین می‌روند؛ به این گونه‌ها گونه‌های ناسازگار می‌گویند (طبقهٔ یک). بعضی از گیاهان نخست پاسخ منفی نمی‌دهند و به طور عادی رشد می‌کنند، اما با بالارفتن رسوبات و ماسه از یک سطح معین واکنش منفی نشان می‌دهند و ازبین می‌روند (طبقهٔ دو). رشد بعضی از گونه‌های گیاهی با تشکیل نبکا تحریک می‌شود؛ به این گونه‌ها گونه‌های بردبار (طبقهٔ سه) می‌گویند[۱۰].

نتایج این تحقیق نشان داد که در لگجی، با افزایش حجم و ارتفاع نبکا، بیوماس، شاخه زایی، و جوانه‌ها افزایش یافتند. این افزایش تا سی‌سالگی ادامه داشت و پس از آن کاهش چشمگیری نشان داد؛ به طوری که خشکیدگی اندام‌های هوایی گیاه افزایش یافت و بعد از سی‌وشش‌سالگی رشد گیاه به طور کامل متوقف شد. بنابراین، تحریک رشد در این گیاه با دومین طبقه[۱۰] همخوانی دارد. در گونهٔ کلیر، برخلاف لگجی، نبکا باعث تحریک ریشه زایی شد و با افزایش حجم نبکا تعداد و طول ریشه ها افزایش یافت. از آنجا که نبکا، به لحاظ بهبود منابع خاکی، افزایش عمق خاک، افزایش رطوبت و مواد آلی، و وضعیت بهتر تهویهٔ خاک، شرایط جدیدی را ایجاد می‌کند، تولید ریشه‌های نابجا در کلیر و نقش آن‌ها در استفاده از نبکا شرایط مناسب‌تری را برای سازگاری با شرایط حاکم بر منطقه نسبت به لگجی فراهم ساخت. زمان تشکیل نبکا تأثیر بسزایی در چرخهٔ زندگی کلیر دارد. اگر نبکا در اوایل رشد رویشی کلیر ایجاد شود، رشد این گیاه با سومین طبقه[۱۰] همخوانی دارد، چون در این حالت نبکا باعث ریشه‌زایی و در نتیجه تحریک رشد کلیر شد و در تمام سنین نبکا هیچ‌گونه خشکیدگی شاخه دیده نشد. اگر نبکا در میان‌سالی کلیر، زمانی که پاجوش‌های فراوانی تولید کرده، اتفاق بیفتد، مسیر چرخهٔ زندگی کلیر متفاوت است. در همهٔ نبکا های بررسی‌شده در این حالت پایهٔ مادری خشک یا در حال خشک‌شدن بودند، ولی پاجوش‌ها به گیاهانی مستقل تبدیل شدند. بنابراین، کلیر در این حالت در طبقه ای بین دو و سه در طبقه‌بندی[۱۰] قرار می‌گیرد.

پاسخِ درختان و درختچه‌ها در برابر دفن‌شدن در ماسه مختلف است، اما عمدهٔ پاسخ‌ها در مناطقی که دارای بار رسوب ماسهٔ منظم است به صورت «افزایش توانایی» ظاهر می‌شود. افزایش توانایی عبارت است از: بهبود ویژگی‌های رشد از نظر فیزیولوژیک و اکولوژیک در گیاه منفرد یا افزایش تراکم، پوشش، و بیوماس در واحد سطح. در پاسخ به این تنش، درختان واکنش‌های فیزیولوژیک، مثل افزایش سطح برگ، افزایش جوانه، بیشترشدن میزان فتوسنتز و کلروفیل در برگ‌ها، ضخامت سطح برگ، تعداد ریزوم‌ها، و درصد پوشش و بیوماس در واحد سطح، نشان می‌دهند. همچنین، برگ‌ها به طور مشخص‌تری شروع می کنند به نازک و عریض‌ترشدن[۱۵، ۲۲]. دفن‌شدن برخی از درختان در ماسه باعث افزایش رشد آن‌ها می شود[۹]. در درختان غان اندازهٔ رشد حلقه‌های سالیانه در پاسخ به دفن‌شدن افزایش می‌یابد[۷]. در اندازهٔ حلقه‌های سالیانهٔ سرو خمره‌ای در میشیگان افزایش مشابهی دیده شده است[۲۱]. در مجموع، دفن‌شدن در ماسهٔ رشد گیاهان، به‌ویژه درختچه‌ها، را افزایش می‌دهد، اما اگر عمق دفن‌شدن زیاد باشد، نه‌تنها بقا و بیوماس کاهش می‌یابد، بلکه رشد گیاه متوقف می‌شود. مشابه کلیر تعداد زیادی از گیاهان با ایجاد ریشه های نابجا به شرایط نبکا پاسخ می دهند. ریشه زایی به دلیل رطوبت و افزایش میزان اکسین در گیاه ایجاد می‌شود[۱۰].

نتایج این تحقیق نشان داد که زمان رسوب‌گذاری

Archive of SID

www.SID.ir

نقش مهمی در سرنوشت و توسعهٔ گیاه کلیر دارد. همچنین، ریشه‌زایی یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های مورفولوژیک در مقابله با تشکیل نبکاست. نتایج به دست آمده مشابه با تحقیق[۴] در بررسی پاسخ مورفولوژیکی چند گونهٔ درختی به مدفون شدن در خاک دو گونهٔ *Pinus strobud* و *Picea glauca* است که در آن زیتوده کاهش یافت، ولی سه گونهٔ *Picea mariana*، *Thuja occidentalis*، و *Juniperus virginiana* با ایجاد ریشه‌های نابجا به شرایط جدید بردباری نشان دادند. دو گونهٔ *Populus balsamifera* و *Salix cordata* نه‌تنها ریشه‌های نابجا تولید نمودند، بلکه رشدشان نیز تحریک شد و این باعث افزایش زیتوده در این گیاهان شد[۴].

چهار دلیل عمده برای افزایش تحریک رشد گیاهان در برابر دفن‌شدن در ماسه می تواند مربوط باشد به افزایش حجم خاک، افزایش فعالیت قارچ‌های میکوریز خاک، افزایش مواد غذایی خاک، و واکنش گیاه در برابر دفن‌شدن. این چهار دلیل فرضیهٔ چندفاکتوره نام گرفته است[۱۰]. وقتی یک گیاه دفن می‌شود حجم خاک در قاعدهٔ گیاهان مورد مطالعه افزایش می‌یابد. با افزایش حجم خاک حجم مواد غذایی نیز افزایش می‌یابد که توسط ریشه‌های جانبی ایجادشده قابل جذب‌اند. در گیاه کلیر تحریک رشد به طور واضحی به رشد ریشه‌های نابجا مربوط می شود. به هر حال، موارد مطرح‌شده توسط[۱۰] در خصوص دلایل تحریک رشد باید جداگانه مطالعه شود.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که واکنش های متفاوت مورفولوژیک در کلیر و لگجی باعث تنوع شکلی در نبکا می شود. سرنوشت و توسعهٔ نبکاها نیز به طور مستقیم به این واکنش‌ها مربوط می شود. لگجی و کلیر قادرند نقش مهمی در حفاظت خاک با تثبیت خاک و تشکیل نبکا در مناطق خشک و بیابانی ایفا نمایند، اما با افزایش توفان‌های ماسه در سال‌های اخیر، رسوب‌گذاری ماسه بر روی گیاه لگجی می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مرگ این گیاه مورد توجه قرار گیرد. اثر متقابل و سازگار کلیر و نبکا بر یکدیگر نقش مهم‌تر و باثبات‌تری در حفاظت خاک ایفا می‌کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص شد که گونهٔ کلیر، در مقایسه با لگجی، واکنش های مورفولوژیک سازگارتری در برابر تشکیل نبکا نشان می دهد و شناسایی گونه‌های سازگار یا بردبار و تولید و تکثیر آن‌ها در مناطق منشأ یا در مسیرهای گذر باد می‌تواند نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و محیط زیست ایفا کند.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1] Ardon, K., Tsoar, H. and Blumberg, D.G. (2009). Dynamics of nebkhas superimposed on a parabolic dune and their effect on the dune dynamics. *Journal of Arid Environments,* 73, 1014-1022.

[2] Bing, L., Wenzhi, Z. and Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of Tamarix ramosissima nebkhas in desert-oasis ecotones. *Acta Ecologica Sinica,* 28(4), 1446-1455.

[3] Cooke, R.U., Warren, A. and Goudie, A. (1993). *Desert Geomorphology*. UCL Press, London, 256 p.

[4] Dech, J.P. and Maun, M.A. (2006). Adventitious root production and plastic resource allocation to biomass determine burial tolerance in woody plants from central Canadian coastal dunes. *Annals of Botany,* 98, 1095-1105.

[5] Ekhtesasi, M.R., Ahmadi, H., Feyznia, S. and Busche, D. (2005). Wind erosion, Faces and Damages in Yazd-Ardakan Plain. *Iranian Journal of Natural Resources,* 57(4), 567-583.

[6] Ekhtesasi, M.R. (2010). *Plants suitable for sand dunes & sand sheets fixation in Iran (Major psammophytes in Iran)*. Yazd University pub., 246p.

[7] Hermesh, R. (1972). A study of the ecology of the Athabasca sand dunes with emphasis on the phytogenic aspects of dune formation. M.Sc. thesis. University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask.

[8] Hesp, P. and McLachlan, A. (2000). Morphology, dynamics, ecology and fauna of Arctotheca populifolia and Gazania rigens nabkha dunes. *Journal of Arid Environments*, 44, 155-172.

[9] Khalaf, F.F.I., Miska, R. and Al Douseri, A. (1995). Morphological characteristics of some nebkha deposits in the northern coastal plain of Kuwait, Arabia. *Journal of Arid Environments,* 58, 335-355.

[10] Maun, M.A. (1998). Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany*, 76, 713-738.

[11] Maghsoudi, M., Negahban, S., Bagheri Said-Shokeri, S. and Chezgheh, S. (1391). Comparative and analysis of nebkhas geomorphologic features four plant species in west of Lut (East of Shahdad-Takab Plain). *Research in Natural Geography,* 79, 55-77.

[12] Mozafarian, V. (2000). *Flora of Yazd*. Yazd University pub.

[13] Mozafarian, V. (2004). *Trees and Shrubs of Iran*, 1st edition, Farhang -e-Moaser pub.

[14] Ekhtesasi, M.R. and Azimzadeh, H. (2002). Bandar-e-Jask (Sedij & Biahe) detailed technical document of combat desertification and sand dune fixation. *Natural Resources and Watershed Management Service of Hormozgan province pub*.

[15] Perumal, J. (1994). Effects of burial in sand on dune plant communities and ecophysiology of component species. Ph.D. thesis, University of Western Ontario, London, Ont.

[16] Pourkhosravani, M., Vali, A.A. and Moayeri, M. (2009). Study of relationships between plant morphology and nebkha morphometry characteristic of *Reaumaria turcestana* in khairabad desert in Sirjan. *Physical Geography Research,* 69, 99-113.

[17] Sabeti, H. (1994). *Trees and Shrubs of Iran*, 5th edition, Yazd University pub, 187p.

[18] Saghafi Khadem, F. (1999). *Flora of Iran*, No:30, Capparidaceae, Forest and Rangeland Research Institute pub.

[19] Tengberg, A. and Chen, D. (1995). Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. *Journal of Arid Environments,* 30, 265-282.

[20] Pourkhorasani, M., Vali, A.A. and Movahedi, S. (2010). A comparative classification for nebkhas; *Seidlitzia florida*, *Alhagi mannifera* and *Reaumaria turcestanica*, based on vegetative performance of plants in Khair Abad desert in Sirjan. *Geographic Space*, 10(31),137-158.

Archive of SID

www.SID.ir

[21] Wolfe, F. (1932). Annual rings of *Thuja accidentalis* in relation to climatic conditions and movement of sand. *Botanical Gazette (Chicago)*, 93, 328-335.

[22] Yuan, T., Maun, M.A. and Hopkins, W.G. (1993). Effects of sand accretion ophotosyntesis, leaf-water potential and morphology of two dune grasses. *Functional Ecology*, 7, 676-682.

Archive of SID

www.SID.ir