

## بررسی واکنش‌های مورفولوژیک و شکل‌گیری نبکا در دو گونه کلیر (*Capparis decidua*) و لگجی (*C. spinosa*) در مناطق

### خشک و بیابانی

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

### چکیده

این پژوهش، با تکیه بر مقایسه واکنش‌های متفاوت مورفولوژیک دو گونه 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 گونه مورد اشاره به تشکیل نبکا، ۹ نبکای لگجی با سنین متفاوت به طور تصادفی انتخاب شد. سپس، تعداد و اندازه ریشه‌های نابجا و تعداد شاخه و جوانه در طول ساقه شمارش شد. نتایج نشان داد که وزن بخش زنده (سبز) و غیرزنده پایه‌هایی از گیاه لگجی تشکیل‌دهنده نبکا به طور معنی‌داری از پایه‌های 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، ریشه نابجایی در پایه‌های کلیر فاقد نبکا ملاحظه نشد. نتایج بررسی نحوه انشعاب شاخه‌ها نشان داد که گونه کلیر به دو روش باعث ایجاد نبکا می‌شود. کلیر در میان‌سالی پاجوش‌های فراوانی تولید می‌کند. تشکیل پاجوش‌ها در اطراف و در قسمت یقه گیاه کلیر باعث تجمع رسوبات و تشکیل نبکا می‌شود. شاخه پاجوش‌های مدفون‌شده در نبکا، با افزایش حجم نبکا، ریشه‌های نابجا تولید می‌نماید و پایه مادری به تدریج ضعیف می‌شود و نهایتاً خشک می‌شود. حالت دوم تشکیل نبکا مشابه لگجی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشخص شد که گونه کلیر واکنش‌های مورفولوژیک سازگارتری نسبت به لگجی در برابر تشکیل نبکا دارد.

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

## مقدمه

در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک گیاهان از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده سرعت باد و از عوامل رسوب‌گذاری ماسه‌بادی‌ها محسوب می‌شوند. تجمع رسوبات بادی در اطراف و داخل گیاهان موجب تشکیل پدیده‌ای به نام نبکا می‌شود. 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 تپه‌ها، باد، و عملکرد رویشی گونه‌های گیاهی است؛ در این میان نقش فرم رویشی گیاهان از اهمیت زیادی برخوردار است [۳]. ارزیابی ارتباطات موجود بین خصوصیات رویشی گونه‌های گیاهی *Alhagi* *Reaumuria turcestanica*، *mannifera* و *Tamarix* *mascatensis* با مؤلفه‌های مورفومتری نبکا با استفاده از نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه نشان می‌دهد که فرم رویشی گیاهان مؤثرترین عامل در توجیه شکل و تکامل نبکاست [۲۰]. در مورفولوژی نبکای دو گونه *Arctotheca* *Gazania rigens* و *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]. مطالعه دینامیک ۳۰ نبکا در طول سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ 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 ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاها، چهار گونه گیاه نشان داد که با افزایش ارتفاع تاج پوشش گیاهی ارتفاع نبکا نیز افزایش می‌یابد و، در نتیجه، مساحت بیشتری از فضای اطراف گیاه اشغال می‌شود که موجب افزایش پهنا و محیط نبکا می‌شود [۱۱]. بررسی ارتباطات مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبکاها، گونه گل‌گری در منطقه خیرآباد سیرجان نشان داد که ارتباط معنی‌دار قوی بین حجم مخروط نبکا با مؤلفه افقی سایه‌انداز گیاه وجود دارد [۲۰]. تحقیقات انجام شده فوق بر روی خصوصیات ارتباطات موجود در شکل‌گیری و توسعه 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 می‌شوند. گیاهانی که قادر نیستند با شرایط جدید سازگار شوند از بین می‌روند [۱۰]. سازگاری گیاهان نسبت به تشکیل نبکا به شکل زیستی، مراحل چرخه زندگی، فصل دفن‌شدن، تعداد دفن‌شدن، مقدار ماده ذخیره‌ای و، از همه مهم‌تر، پاسخ مورفولوژیک گیاهان بستگی دارد. گونه‌های سازگار پاسخ‌های مورفولوژیکی متفاوتی در برابر نبکا از خود نشان می‌دهند. 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 می‌تواند با شکل گیاه هماهنگ و متأثر از آن باشد. به این دلیل در این

رویشگاه لگجی در دشت بیابانی در شرق شهر میبد در استان یزد واقع شده است (شکل ۱). آب و هوای منطقه گرم و خشک است. گرم‌ترین ماه سال در آن تیرماه است با دمای متوسط روزانه  $39.4^{\circ}\text{C}$  و سردترین ماه سال دی‌ماه با دمای متوسط  $-0.5^{\circ}\text{C}$ . متوسط بارندگی سالانه  $61.5$  میلی‌متر است و بیشترین آن در ماه فروردین اتفاق می‌افتد. گیاه لگجی به حالت تنک در سرتاسر این منطقه گسترش دارد [۵].

### معرفی گونه‌های مورد مطالعه

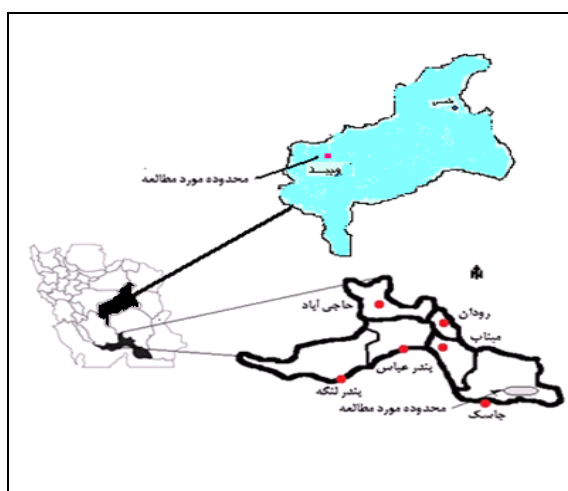
کلیر (*Capparis decidua*) گونه‌ای است از تیره کور (*Capparidaceae*)، با تاجی گسترده و شاخه‌های سبزرنگ، صاف و بدون کرک. برگ‌های کوچک این گونه فقط در پایه‌های جوان دیده می‌شود. گل‌های این درخت قرمزرنج است [۱۳، ۱۷]. زمان گل‌دهی این درخت دو بار در سال (بهار و تابستان) است [۱۸]. این گونه در ارتفاع ۱۰ تا  $1300$  متری از سطح دریا دیده می‌شود. خاک‌های شور و ماسه‌ای را، که از نظر مواد آلی فقیرند، می‌پسندد و گونه‌ای گزروفیت به شمار می‌رود. سیستم ریشه‌ای این گونه عمیق است و می‌تواند به درون زمین نفوذ کند. کلیر، با تاجی گسترده، قادر به تثبیت ماسه و تشکیل نیکا در اطراف خود است [۶]. نیکای کلیر به دو شکل در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود: نیم‌کره‌ای؛ نیم‌کره‌ای سینوسی. لگجی (*Capparis spinosa*) نیز گیاهی است از تیره کور، با ساقه‌های متعدد و اغلب گسترده روی زمین. شاخه‌های این گیاه ساده یا منشعب، بدون کرک یا پوشیده از کرک‌های نرم ریزان است. برگ‌های این گیاه از نظر اندازه متنوع، دم‌برگ‌دار، دایره‌ای، واژ تخم‌مرغی، و بیضوی با نوکی کند یا تیز است. گل‌های آن منفرد یا محوری و اغلب شب‌بوی و معطر است. میوه آن سبزرنگ است و شکوفا با دانه‌های متعدد و با گوشت درونی قرمز. لگجی دارای خواص دارویی است و پوست ریشه آن در امراض

پژوهش سعی شده است، با تکیه بر مقایسه واکنش‌های متفاوت مورفولوژیک دو گونه تشکیل‌دهنده نیکا، کلیر (*Capparis decidua*) و لگجی (*C. spinosa*)، ارتباط بین بعضی از عوامل مؤثر در شکل‌زایی نیکاها بررسی شود.

### روش‌شناسی تحقیق

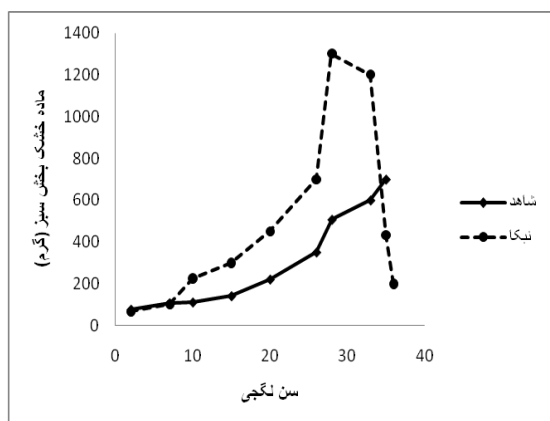
#### مناطق مورد مطالعه

بندر جاسک در فاصله ۷۰ کیلومتری شهرستان جاسک و ۴۰۰ کیلومتری مرکز استان هرمزگان (بندرعباس) یکی از رویشگاه‌های گونه کلیر در جنوب کشور است که در محدوده طول جغرافیایی  $58^{\circ} 13'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $25^{\circ} 43'$  شمالی قرار دارد (شکل ۱). از نظر ارتفاعی، محدوده مورد مطالعه منطقه‌ای ساحلی است که اختلاف ارتفاع چندانی در نقاط مختلف آن مشاهده نمی‌شود. متوسط بارندگی در جاسک حدود  $132.6$  میلی‌متر در سال برآورد شده است. میانگین درجه حرارت سالیانه در این ایستگاه  $27^{\circ}\text{C}$  است. این منطقه از مناطق فراخشک ایران است و یکی از کانون‌های مهم بحرانی و حساس به فرسایش بادی به‌شمار می‌رود [۱۰].

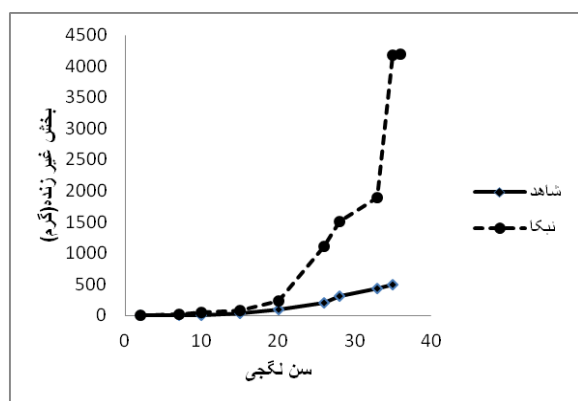


شکل ۱. مناطق مورد مطالعه در استان‌های یزد و هرمزگان

بخش زنده (سبز) پایه هایی از گیاه لگجی، که نبکا تشکیل داده بودند، به طور معنی داری از پایه های شاهد هم سن خود بیشتر بود. این افزایش به وضوح نشان داد که نبکا باعث تحریک رشد لگجی شده است. از طرف دیگر، وزن بخش های غیرزنده پایه هایی از گیاه لگجی، که نبکا تشکیل داده بودند، به طور معنی داری از پایه های شاهد هم سن خود بیشتر بود. شکل های ۲ و ۳ بخش های زنده و غیرزنده لگجی را در دو حالت نبکا و شاهد نشان می دهد.



شکل ۲. مقایسه ماده خشک بخش سبز در لگجی در دو حالت نبکا و بدون نبکا (شاهد).



شکل ۳. مقایسه بخش غیرزنده در لگجی در دو حالت نبکا و شاهد.

لگجی در حالت نبکا، به ویژه از سن بیست سالگی به بعد، رشد بیشتری را در هر دو بخش زنده و

مربوط به کبد و طحال به کار می رود [۱۲]. نبکا ی لگجی، برخلاف شکل نبکای کلیر، با سطح مقطع لوزی در منطقه مشاهده می شود.

## روش تحقیق

به منظور بررسی واکنش های مورفولوژیک گونه های مورد مطالعه به تشکیل نبکا، سه نبکای لگجی به اندازه های 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 اندازه ریشه های نابجا در کل نبکا و تعداد شاخه و جوانه در طول ساقه در عمق ۲۰ سانتی متر از سطح نبکا (محل جست شاخه ای) اندازه گیری شد. همچنین، نحوه انشعاب شاخه ها از ساقه اصلی بررسی شد. سپس، قسمت های سبز گیاه از بخش های غیرزنده (شاخه های خشک شده) آن جدا و شسته شد و در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. وزن بخش های غیرزنده و سبز گیاه اندازه گیری شد. همه گیاهان به روش شمارش تعداد حلقه های سالانه تعیین سن شدند. تعیین سن و اندازه گیری ها هم زمان برای پایه هایی از لگجی که نبکا تشکیل نداده بودند به عنوان شاهد انجام شد. تعیین سن گونه کلیر، به دلیل از بین رفتن پایه مادری، امکان پذیر نبود. بنابراین، شش نبکا به ارتفاع ۳۵، ۴۰، ۶۰، ۷۰، ۱۶۰، و ۱۶۵ سانتی متر به طور تصادفی انتخاب و مشابه لگجی آزمایش ها تکرار شد. برای مقایسه میانگین وزن بخش زنده و بخش غیرزنده گیاه در حالت نبکا و شاهد از آزمون  $t$  زوجی استفاده شد.

## نتایج

### واکنش های مورفولوژیک و نحوه رشد گونه لگجی

نتایج نشان داد که اختلاف بین میانگین این دو بخش در گیاه شاهد و نبکا معنی دار است ( $P < 0.01$ ). وزن

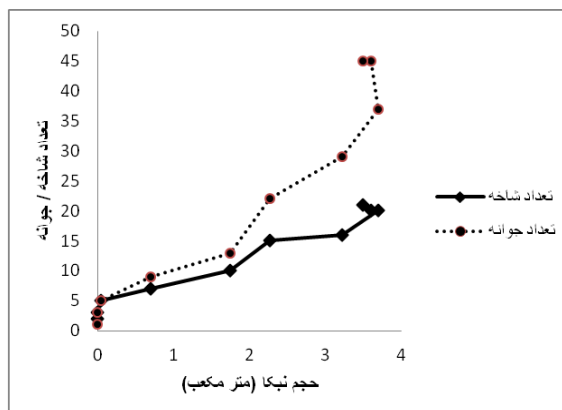
انشعاب شاخه‌ها در دو طرف ساقه اصلی محیط مناسبی را برای رسوب‌گذاری ماسه‌بادی‌ها و تشکیل نبکا با مقطع لوزی فراهم می‌سازد. با افزایش حجم نبکا تولید شاخه و جوانه در گیاه تحریک می‌شود و گیاه بزرگ‌تر قادر به ایجاد نبکای بزرگ‌تر می‌شود. اوج حجم نبکا در سی‌سالگی است و بعد از آن حجم نبکا ثابت باقی می‌ماند تا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

### واکنش‌های مورفولوژیک و نحوه رشد گونه کلیر

در کلیر تشکیل نبکا باعث ریشه‌زایی (ریشه‌های نابجا) در شاخه‌های مدفون‌شده گردید. برخلاف لگجی، در تولید شاخه و جوانه در حالت نبکا افزایشی مشاهده نشد. با اندازه‌گیری طول و تعداد ریشه‌های نابجای تشکیل‌شده توسط گونه 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 ریشه نابجایی در پایه‌هایی از کلیر، که نبکا تشکیل داده بودند، مشاهده نشد.

نتایج بررسی نحوه انشعاب شاخه‌ها و تأثیر آن در شکل‌گیری نبکا نشان داد که گونه کلیر به دو روش و متفاوت از گیاه لگجی باعث ایجاد نبکا می‌شود. در حالت اول، که شکل ۸ شماتیک آن را نشان می‌دهد، کلیر در میان‌سال‌های پاجوش‌های فراوانی تولید می‌کند. تشکیل این پاجوش‌ها در اطراف و در قسمت یقه گیاه کلیر باعث کاهش سرعت باد و تجمع رسوبات بادی می‌شود.

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 می‌شود. نتایج نشان داد که تشکیل نبکا نخست باعث تحریک و افزایش رشد لگجی می‌شود، ولی با افزایش حجم رسوبات رشد کاهش می‌یابد و، در نهایت، باعث خشکیدگی کامل گیاه می‌شود. هیچ‌گونه ریشه‌زایی (ریشه‌های نابجا) در ساقه و شاخه‌های مدفون‌شده لگجی در نبکا دیده نشد، ولی، در عوض، با افزایش سن گیاه در نبکا، تعداد جوانه‌ها و شاخه‌ها 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 نحوه انشعاب شاخه‌ها در لگجی مشخص کرد که در دو حالت وجود نبکا و فقدان آن (شاهد)، تاج و شاخه‌های 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).



A



b



C

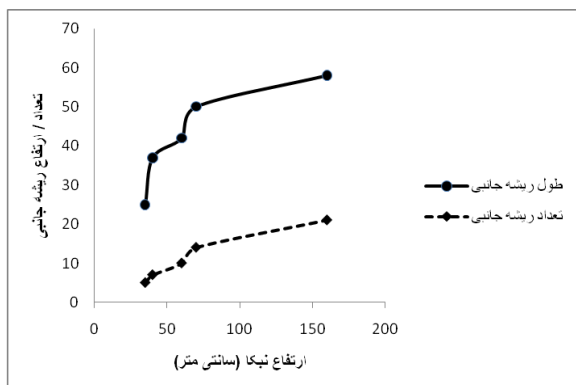


d

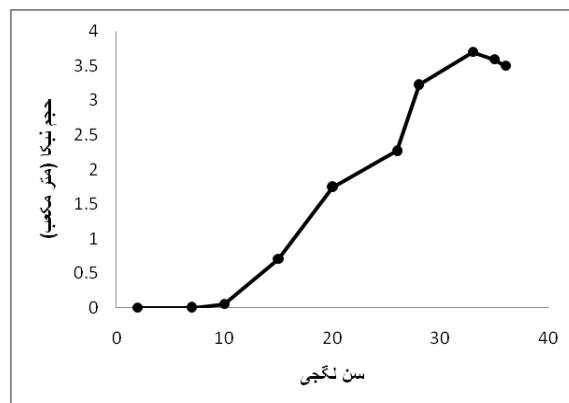


e

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



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



شکل ۶. روند افزایش حجم نیکا در لگجی

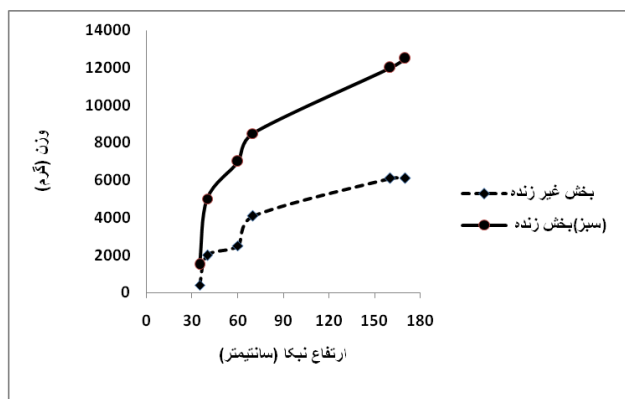




شکل ۱۰. نیکای کلیر

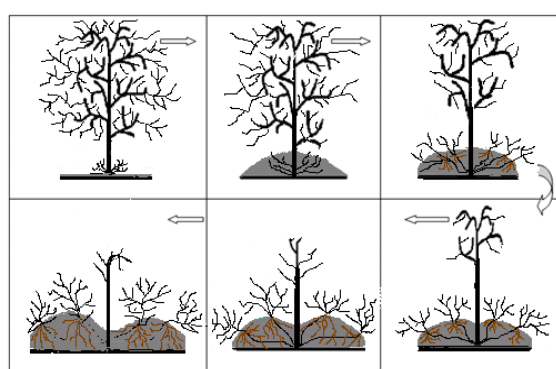
در حالت دوم تشکیل نیکا مشابه لگجی است. کلیر در اوایل رشد رویشی خود شاخه‌های متراکم و محکم تولید می‌نماید که قادر به کاهش سرعت باد و تجمع رسوبات بادی است. انشعاب منظم شاخه‌ها در اطراف ساقه به تشکیل نیکا به شکل نیم‌کره منجر می‌شود (شکل ۱۰). در این حالت سن نیکا تقریباً برابر با سن کلیر است و بخش غیرزنده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

نتایج مقایسه میانگین وزن بخش زنده و بخش غیرزنده در گیاه کلیر (در حالت اول تشکیل نیکا) نشان داد که با افزایش ارتفاع نیکا این دو بخش افزایش می‌یابد و روند افزایش ماده خشک از ماده تر کمتر است و در نهایت ثابت می‌ماند (شکل ۱۱).



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

با افزایش رشد پاجوش‌ها حجم نیکا افزایش می‌یابد. شاخه پاجوش‌های مدفون‌شده در نیکا با افزایش حجم نیکا ریشه‌های نابجا تولید می‌نماید و با گذشت زمان باعث جذب مواد غذایی می‌شود. با ادامه رشد پاجوش‌ها پایه مادری به تدریج ضعیف و نهایتاً خشک می‌شود. پاجوش‌هایی که بدین ترتیب به گیاهی مستقل تبدیل شده‌اند پدیده‌ای به وجود می‌آورند به نام حلقه گیاهی (شکل ۹). حلقه‌های گیاهی یکی از روش‌های تکثیر غیرجنسی گیاه کلیر در شرایط حاکم بر منطقه مورد مطالعه ارزیابی شد. با ازبین‌رفتن پایه مادری و رشد نیکا توسط پاجوش‌ها، نیکا با گذشت زمان به شکل سینوسی ملاحظه می‌شود (شکل ۹).



شکل ۸. چگونگی تشکیل نیکا در کلیر به صورت شماتیک



شکل ۹. ازبین‌رفتن پایه مادری و تشکیل حلقه گیاهی در کلیر

## بحث و نتیجه گیری

برای شکل گیری نبکا، علاوه بر فرسایش بادی و حرکت ماسه ها، گیاهان نیز باید به رسوب گذاری پاسخ مناسبی بدهند. بر این اساس، پاسخ بعضی از گیاهان منفی است و پس از دفن شدن از بین می روند؛ به این گونه ها گونه های ناسازگار می گویند (طبقه یک). بعضی از گیاهان نخست پاسخ منفی نمی دهند و به طور عادی رشد می کنند، اما با بالا رفتن رسوبات و ماسه از یک سطح معین واکنش منفی نشان می دهند و از بین می روند (طبقه دو). رشد بعضی از گونه های گیاهی با تشکیل نبکا تحریک می شود؛ به این گونه ها گونه های بردبار (طبقه سه) می گویند [۱۰].

نتایج این تحقیق نشان داد که در لگجی، با افزایش حجم و ارتفاع نبکا، بیوماس، شاخه زایی، و جوانه ها افزایش یافتند. این افزایش تا سی سالگی ادامه داشت و پس از آن کاهش چشمگیری نشان داد؛ به طوری که خشکیدگی اندام های هوایی گیاه افزایش یافت و بعد از سی و شش سالگی رشد گیاه به طور کامل متوقف شد. بنابراین، تحریک رشد در این گیاه با دومین طبقه [۱۰] همخوانی دارد. در گونه 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 تهویه خاک، شرایط جدیدی را ایجاد می کند، تولید ریشه های نابجا در کلیر و نقش آن ها در استفاده از نبکا شرایط مناسب تری را برای سازگاری با شرایط حاکم بر منطقه نسبت به لگجی فراهم ساخت. زمان تشکیل نبکا تأثیر بسزایی در چرخه 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 ریشه زایی و در نتیجه تحریک رشد کلیر شد و در

تمام سنن نبکا هیچ گونه خشکیدگی شاخه دیده نشد. اگر نبکا در میان سالی کلیر، زمانی که پاجوش های فراوانی تولید کرده، اتفاق بیفتد، مسیر چرخه زندگی کلیر متفاوت است. در همه نبکا های بررسی شده در این حالت پایه مادری خشک یا در حال خشک شدن بودند، ولی پاجوش ها به گیاهانی مستقل تبدیل شدند. بنابراین، کلیر در این حالت در طبقه ای بین دو و سه در طبقه بندی [۱۰] قرار می گیرد.

پاسخ درختان و درختچه ها در برابر دفن شدن در ماسه مختلف است، اما عمده پاسخ ها در مناطقی که دارای بار رسوب ماسه منظم است به صورت «افزایش توانایی» ظاهر می شود. افزایش توانایی عبارت است از: بهبود ویژگی های رشد از نظر فیزیولوژیک و اکولوژیک در گیاه منفرد یا افزایش تراکم، پوشش، و بیوماس در واحد سطح. در پاسخ به این تنش، درختان واکنش های فیزیولوژیک، مثل افزایش سطح برگ، افزایش جوانه، بیشتر شدن میزان فتوسنتز و کلروفیل در برگ ها، ضخامت سطح برگ، تعداد ریزوم ها، و درصد پوشش و بیوماس در واحد سطح، نشان می دهند. همچنین، برگ ها به طور مشخص تری شروع می کنند به نازک و عریض تر شدن [۱۵، ۲۲]. دفن شدن برخی از درختان در ماسه باعث افزایش رشد آن ها می شود [۹]. در درختان غان اندازه رشد حلقه های سالیانه در پاسخ به دفن شدن افزایش می یابد [۷]. در اندازه حلقه های سالیانه سرو خمره ای در میشیگان افزایش مشابهی دیده شده است [۲۱]. در مجموع، دفن شدن در ماسه رشد گیاهان، به ویژه درختچه ها، را افزایش می دهد، اما اگر عمق دفن شدن زیاد باشد، نه تنها بقا و بیوماس کاهش می یابد، بلکه رشد گیاه متوقف می شود. 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 می شود [۱۰].

نتایج این تحقیق نشان داد که زمان رسوب گذاری



به طور واضحی به رشد ریشه‌های نابجا مربوط می‌شود. به هر حال، موارد مطرح‌شده توسط [۱۰] در خصوص دلایل تحریک رشد باید جداگانه مطالعه شود.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که واکنش‌های متفاوت مورفولوژیک در کلیر و لگجی باعث تنوع شکلی در نیکا می‌شود. سرنوشت و توسعه نیکاها نیز به طور مستقیم به این واکنش‌ها مربوط می‌شود. لگجی و کلیر قادرند نقش مهمی در حفاظت خاک با تثبیت خاک و تشکیل نیکا 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 نیکا بر یکدیگر نقش مهم‌تر و باثبات‌تری در حفاظت خاک ایفا می‌کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص شد که گونه کلیر، در مقایسه با لگجی، واکنش‌های مورفولوژیک سازگارتری در برابر تشکیل نیکا نشان می‌دهد 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.

نقش مهمی در سرنوشت و توسعه گیاه کلیر دارد. همچنین، ریشه‌زایی یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های مورفولوژیک در مقابله با تشکیل نیکا است. نتایج به‌دست آمده مشابه با تحقیق [۴] در بررسی پاسخ مورفولوژیکی چند گونه درختی به مدفون شدن در خاک دو گونه *Picea glauca* و *Pinus strobus* است که در آن زیتوده کاهش یافت، ولی سه گونه *Thuja occidentalis*، *Picea mariana* و *Juniperus virginiana* با ایجاد ریشه‌های نابجا به شرایط جدید بردباری نشان دادند. دو گونه *Populus balsamifera* و *Salix cordata* نه تنها 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 دفن شدن در ماسه می‌تواند مربوط باشد به افزایش حجم خاک، افزایش فعالیت قارچ‌های میکوریز خاک، افزایش مواد غذایی خاک، و واکنش گیاه در برابر دفن شدن. این چهار دلیل فرضیه چندفاکتوره نام گرفته است [۱۰]. وقتی یک گیاه دفن می‌شود حجم خاک در قاعده گیاهان مورد مطالعه افزایش می‌یابد. با افزایش حجم خاک حجم مواد غذایی نیز افزایش می‌یابد که توسط ریشه‌های جانبی ایجادشده قابل جذب اند. در گیاه کلیر تحریک رشد

## 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*, 1<sup>st</sup> edition, Farhang -e-Moaser pub.
- [14] Ekhtesasi, M.R. and Azimzadeh, H. (2002). Bandar-e-Jask (Sedij & Biah) 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*, 5<sup>th</sup> 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.

- [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 on photosynthesis, leaf-water potential and morphology of two dune grasses. *Functional Ecology*, 7, 676-682.