

کاربرد هالوفیت‌ها در شورورزی؛ رویکردی پایدار برای افزایش تاب‌آوری امنیت غذایی در مناطق خشک و شور

احسان زندی اصفهان^۱

۱. دانشیار بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: احسان زندی اصفهان، پست الکترونیک: zandiesfahan@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۲۳

چکیده

در دهه‌های اخیر، کاهش منابع آب غیر شور، افت سطح آب‌های زیرزمینی، تغییرات اقلیمی و گسترش اراضی تحت تأثیر شوری، از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی تولید پایدار کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و به‌ویژه ایران بوده است. حدود ۳۴ میلیون هکتار از اراضی کشور تحت تأثیر شوری قرار دارند که این موضوع، ضرورت استفاده از رویکردهای نوین برای بهره‌برداری پایدار از منابع موجود را افزایش داده است. در چنین شرایطی، استفاده از گیاهان شورورزی یا هالوفیت‌ها که توانایی سازگاری و رشد در خاک‌های شور و با آب‌های لب‌شور را دارند، به عنوان یکی از راهکارهای توسعه کشاورزی شور (Saline Agriculture) یا شورورزی مورد توجه قرار گرفته است. شورورزی، رویکردی پایدار برای تولید زیست‌توده، علوفه، محصولات غذایی، مواد دارویی، روغن‌های گیاهی و سوخت زیستی در اراضی شور و کم‌بازده است. در این سیستم، گونه‌های مختلف هالوفیت شامل گیاهان علوفه‌ای مانند آتریپلکس و سوئدا، گیاهان خوراکی مانند سالیکورنیا و کینوا و همچنین گونه‌های چندمنظوره، متناسب با شرایط اقلیمی، شوری خاک و هدف تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند. هالوفیت‌ها با سازوکارهایی مانند تنظیم اسمزی، تجمع یون‌های نمکی در واکوئل‌ها، تغییر در ساختارهای سلولی و در برخی گونه‌ها دفع نمک از طریق اندام‌های تخصص‌یافته، قادر به حفظ رشد و تولید در محیط‌های شور هستند. در این مقاله، ضمن معرفی مفهوم شورورزی و ظرفیت‌های هالوفیت‌ها، اصول انتخاب گونه مناسب، مدیریت کشت، استفاده از آب‌های شور، روش‌های بهره‌برداری و نقش این گیاهان در احیای نسبی اراضی شور بررسی شده است. توسعه این رویکرد، همراه با مدیریت صحیح منابع آب و خاک و بهره‌گیری از سامانه‌های تولید یکپارچه، می‌تواند به افزایش تاب‌آوری نظام‌های تولید کشاورزی، کاهش فشار بر منابع آب غیر شور، ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید برای جوامع محلی و تقویت امنیت غذایی در مناطق خشک و شور کشور کمک کند.

واژگان کلیدی: احیای اراضی شور، تغییر اقلیم، شورورزی، کم‌آبی

بیان مسئله

کمبود منابع آب غیر شور و افزایش شوری خاک، از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌روند. این دو عامل به‌طور مستقیم بر کاهش بهره‌وری اراضی، محدود شدن تولید محصولات کشاورزی و افزایش فشار بر منابع طبیعی اثرگذار هستند. بر اساس برآوردهای انجام‌شده، اراضی متأثر از شوری در جهان حدود ۱۷ میلیون کیلومتر مربع (بیش از ۱۰۷ میلیارد هکتار) وسعت دارند و بخش قابل توجهی از این اراضی ظرفیت توسعه فعالیت‌های کشاورزی شور یا شورورزی را دارا هستند. همچنین پیش‌بینی شده است که در دهه‌های آینده، با تشدید تغییرات اقلیمی و افزایش استفاده از منابع آب نامتعارف، خطر گسترش شوری در اراضی قابل کشت جهان افزایش یابد (۱۰، ۱۳، ۱۴).

بر اساس مطالعات انجام‌شده و گزارش‌های مبتنی بر داده‌های سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، حدود ۳۴ میلیون هکتار از اراضی ایران در پهنه‌های مختلف، از جمله اراضی کشاورزی، مراتع، کفه‌ها و سایر اراضی تحت تأثیر درجات مختلف شوری قرار دارند. در بخش کشاورزی، شوری خاک و آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید به شمار می‌رود و بخشی از اراضی زراعی و باغی، به‌ویژه اراضی آبی، با درجات مختلفی از شوری مواجه هستند. بر اساس منابع مورد استناد، حدود ۴۰۱ میلیون هکتار از اراضی آبی کشور در معرض شوری قرار دارد؛ با توجه به سطح تقریبی ۸ تا ۸۰۵ میلیون هکتاری اراضی آبی ایران، این میزان نشان‌دهنده گستردگی قابل توجه مسئله شوری در اراضی تحت کشت آبی کشور است. شوری در این اراضی می‌تواند با کاهش عملکرد و کیفیت محصولات، افزایش هزینه‌های مدیریت خاک و آب و در موارد شدید، کاهش قابلیت بهره‌برداری اقتصادی از زمین همراه باشد. برآوردهای اقتصادی نیز نشان می‌دهد که تخریب و کاهش بهره‌وری ناشی از شوری در بخش کشاورزی

ایران، سالانه خسارت اقتصادی قابل توجهی ایجاد می‌کند (۳).

با این حال، طبیعت راهکارهایی برای سازگاری با چنین شرایطی ارائه کرده است؛ گروهی از گیاهان به نام هالوفیت‌ها یا گیاهان شورزیست، دارای سازوکارهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ویژه‌ای هستند که امکان رشد و تولید آن‌ها را در محیط‌های شور فراهم می‌کند (۳، ۱۱، ۱۴).

بهره‌گیری هدفمند از این گیاهان در قالب رویکرد کشاورزی شور (Saline Agriculture) یا شورورزی می‌تواند راهکاری نوین برای استفاده پایدار از اراضی شور، بهره‌برداری از منابع آب نامتعارف و کاهش فشار بر منابع آب غیر شور باشد. شورورزی به مجموعه‌ای از روش‌های مدیریتی و تولیدی گفته می‌شود که با استفاده از گیاهان مقاوم به شوری و مدیریت مناسب منابع آب و خاک، امکان تولید اقتصادی در محیط‌های شور را فراهم می‌کند (۱۳).

معرفی دستاورد یا راهکار

شورورزی و چارچوب مفهومی آن

شورورزی یک رویکرد نوین برای بهره‌برداری پایدار از اراضی شور است که بخشی از آن بر بهره‌گیری از منابع آب شور و لب‌شور برای تولید محصولات مختلف با کاشت گیاهان مقاوم به شوری (هالوفیت‌ها) تأکید دارد. در این رویکرد، به جای آنکه اراضی شور به عنوان مناطق غیرقابل استفاده تلقی شوند، ظرفیت‌های تولیدی آن‌ها با انتخاب گونه‌های مناسب گیاهی و مدیریت صحیح منابع آب و خاک مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (۱۳، ۱۴).

شورورزی با مفهوم پیوند آب-انرژی-غذا (Water-Energy-Food Nexus) هماهنگ است؛ زیرا با استفاده

از منابع آب شور و لب‌شور، ضمن کاهش فشار بر منابع آب غیر شور، می‌تواند به تولید محصولات غذایی، علوفه‌ای، صنعتی، مواد اولیه سوخت زیستی و همچنین ارائه خدمات زیست‌محیطی کمک کند. از این دیدگاه،

پایداری اکوسیستم‌های شور و توسعه سامانه‌های شورورزی دارند (۳، ۱۱، ۱۴).

بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران و جهان، گونه‌های متعددی از گیاهان شورزیست و هالوفیت‌ها دارای ظرفیت استفاده در اراضی شور هستند. این گیاهان با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی، ارزش اقتصادی و خدمات زیست‌محیطی، می‌توانند در تولید علوفه، محصولات خوراکی، روغن، سوخت زیستی، احیای اراضی تخریب‌شده و صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

اگرچه هالوفیت‌ها از نظر زیست‌شناختی تنوع زیادی دارند، اما از دیدگاه کاربردی می‌توان آن‌ها را در گروه‌های اصلی شامل علوفه‌ای، خوراکی، روغنی، سوخت زیستی، احیای اراضی و صنعتی طبقه‌بندی کرد. در جدول ۱، برخی از مهم‌ترین گونه‌های دارای ظرفیت توسعه شورورزی به همراه کاربردهای اصلی و ویژگی‌های گزارش‌شده آن‌ها ارائه شده است (۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۴).

جدول ۱- گونه‌های کلیدی هالوفیت و شورزیست و کاربردهای آن‌ها

گونه‌های علوفه‌ای (Forage) (۴، ۶، ۸، ۱۳، ۱۴).

گونه	کاربرد اصلی	دامنه گزارش‌شده تحمل شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
<i>Atriplex</i> spp.	علوفه دام، احیای اراضی شور	تا ۳۲
<i>Suaeda</i> spp.	علوفه دام، احیای خاک	تا ۳۰
<i>Kochia</i> spp.	علوفه دام، مقاوم به خشکی و شوری	حدود ۱۰-۲۰ بسته به اکوتیپ
<i>Leptochloa fusca</i>	علوفه در مناطق بیابانی	تا ۳۰
<i>Spartina patens</i>	علوفه در مناطق ساحلی	تا ۴۲
<i>Panicum</i> spp.	علوفه، مقاوم به شوری	۱۰-۲۰

گونه‌های خوراکی انسانی (Food) (۲، ۱۲، ۱۳).

گونه	کاربرد اصلی	دامنه گزارش‌شده تحمل شوری (دسی‌زیمنس بر متر)
<i>Salicornia</i> spp.	سبزی خوراکی، منبع امگا-۳	تا ۵۸
<i>Chenopodium quinoa</i>	دانه با ارزش غذایی بالا، آمینواسیدهای ضروری	تا ۲۰
<i>Atriplex triangularis</i>	سبزی شبیه اسفناج	تا ۳۰-۳۵
<i>Distichlis palmeri</i>	آرد و نان، فیبر بالا	تا بیش از ۴۰
<i>Chenopodium album</i>	سبزی و سالاد	تا ۱۵-۲۰

شورورزی تنها یک روش کشت در اراضی شور نیست، بلکه یک سامانه تولیدی یکپارچه برای مدیریت پایدار منابع طبیعی در مناطق خشک و کم‌آب محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر، مفهوم هالو-مهندسی (Haloengineering) برای توصیف طراحی و مدیریت علمی سامانه‌های شورزیست مطرح شده است. این مفهوم شامل مجموعه‌ای از راهکارهای زیستی، مهندسی و مدیریتی برای انتخاب گونه‌های مناسب، استفاده بهینه از آب‌های شور، بهبود شرایط محیط رشد و افزایش بهره‌وری اراضی متأثر از شوری است (۹، ۱۳).

معرفی گونه‌های شورزیست با ارزش اقتصادی

هالوفیت‌ها گروهی از گیاهان هستند که توانایی رشد، بقا و تکمیل چرخه زندگی در محیط‌های شور را دارند. این گیاهان معمولاً قادرند در شرایطی با غلظت بالای نمک (حدود ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم یا بیشتر) رشد کنند؛ شرایطی که برای بیشتر گیاهان زراعی محدودکننده یا حتی غیرقابل تحمل است. هالوفیت‌ها حدود ۱ تا ۲ درصد از فلور جهان را تشکیل می‌دهند و نقش مهمی در

گونه	کاربرد اصلی	محتوای روغن/پروتئین (درصد)
<i>Amaranthus spp.</i>	سبزی و سالاد	متوسط (وابسته به گونه؛ حدود ۸-۲۰)
گونه‌های روغنی و پروتئینی (Oilseeds & Protein) (۱۲، ۱۳، ۱۴).		
<i>Salicornia bigelovii</i>	روغن خوراکی، بیودیزل	روغن ~۳۰-۳۶، پروتئین ~۲۰-۳۰
<i>Suaeda fruticosa</i>	روغن خوراکی	اسیدهای چرب غیراشباع ~۷۴
<i>Salvadora persica</i>	روغن صنعتی و دارویی	روغن ۴۰-۴۵، غنی از لوریک اسید
<i>Suaeda moquinii</i>	روغن و پروتئین	روغن ۱۸-۲۴؛ پروتئین ۲۰-۲۵
<i>Kosteletskyia virginica</i>	روغن و پروتئین	روغن ۱۸-۲۲؛ پروتئین ۲۲-۲۸
<i>Batis maritima</i>	روغن	۲۰-۲۵

گونه‌های سوخت زیستی (Biofuel) (۷، ۹، ۱۲)		
گونه	کاربرد اصلی	ویژگی‌ها
<i>Salicornia bigelovii</i>	بیودیزل، بیواتانول	عملکرد دانه ۱،۵-۲،۵ تن در هکتار با آبیاری آب دریا؛ روغن بذر ۲۸-۳۳٪ (گاهی تا ۳۶٪)
<i>Tamarix spp.</i>	هیزم، تولید بیواتانول	تولید زیست‌توده چوبی ۱۰-۲۰ تن ماده خشک در هکتار در سال؛ مناسب برای تولید بیواتانول نسل دوم
<i>Phragmites australis</i>	اتانول	زیست‌توده ۱۵-۴۰ تن ماده خشک در هکتار در سال؛ بازده اتانول بالقوه حدود ۳۰۰۰-۵۰۰۰ لیتر در هکتار
<i>Panicum spp.</i>	زیست‌توده برای سوخت	زیست‌توده ۱۰-۲۵ تن ماده خشک در هکتار در سال؛ مناسب برای بیواتانول لیگنوسلولزی و مقاوم به شوری و خشکی

گونه‌های احیای اراضی و زیست‌محیطی (Phytoremediation) (۹، ۱۴، ۱۵)		
گونه	کاربرد اصلی	مکانیسم
<i>Suaeda fruticosa</i>	فیتودسالی شدن، جذب سدیم	انباشت سدیم در اندام‌های هوایی؛ حذف تا حدود ۰،۳-۰،۲ تن Na در هکتار در هر دوره رشد
<i>Atriplex halimus</i>	استخراج فلزات سنگین (Pb, Cd, Zn)	جذب و انتقال فلزات سنگین به اندام‌های هوایی (Phytoextraction)
<i>Tamarix aphylla</i>	تثبیت خاک، بادشکن، جذب فلزات	ترشح نمک از طریق غدد نمکی و تثبیت خاک با سیستم ریشه‌ای گسترده؛ قابلیت انباشت برخی فلزات
<i>Avicennia marina</i>	حفاظت ساحلی، چرخه مواد مغذی	تثبیت رسوبات، کاهش فرسایش ساحلی و جذب عناصر غذایی و برخی فلزات سنگین
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	احیای خاک‌های شور و ساحلی	انباشت Na^+ و Cl^- در بافت‌ها و کاهش شوری خاک؛ تحمل تا حدود ۴۰۰ mM NaCl
<i>Aeluropus lagopoides</i>	احیای خاک‌های شور، تولید علوفه	تثبیت خاک، کاهش فرسایش و انباشت نسبی نمک در اندام‌های هوایی
<i>Sporobolus marginatus</i>	احیای خاک‌های شور	تثبیت خاک و تولید زیست‌توده در خاک‌های شور و بیابانی
<i>Cressa cretica</i>	احیای خاک‌های شور	تحمل شوری شدید، تثبیت خاک و حفظ پوشش گیاهی در اراضی شور

گونه‌های صنعتی و چندمنظوره (Industrial & Multipurpose) (۹، ۱۱، ۱۲، ۱۴)		
گونه	کاربرد اصلی	ویژگی‌ها
<i>Tamarix aphylla</i>	چوب، هیزم، بادشکن	چوب نیمه‌سنگین و بادوام؛ مناسب برای الوار، هیزم و زغال؛

مقاوم به شوری و خشکی	
تولید صمغ، تثبیت نیتروژن، غلاف خوراکی، برگ‌های	علوفه، خوراک، صمغ، رنگ
علوفه‌ای و تحمل شوری	
تولید زیست‌توده چوبی، سوخت و زغال، تثبیت تپه‌های شنی	تثبیت شن‌های روان، سوخت
و مقاومت بالا به شوری و خشکی	

*Pithecellobium dulce**Haloxylon spp.*

احیای اراضی شور از طریق فرایند فیتودسالی شدن (Phytodesalination)، یعنی استفاده از گیاهان برای جذب و تجمع نمک‌های محلول و قابل جذب خاک در اندام‌های گیاهی و در نتیجه کمک به کاهش شوری خاک، یکی از کاربردهای مهم هالوفیت‌ها در مدیریت و احیای اراضی شور است. برخی هالوفیت‌ها با جذب، تجمع یا انتقال نمک‌ها و افزایش پوشش گیاهی، می‌توانند در بهبود شرایط خاک و کاهش اثرات منفی شوری نقش داشته باشند. تحقیقات نشان داده است که کاشت هالوفیت‌های پیشگام مانند *Suaeda* و *Tamarix chinensis* طی یک دوره پنج‌ساله، منجر به کاهش چگالی ظاهری خاک، افزایش تخلخل کل خاک (تا ۶۳ تا ۲۸ درصد در لایه سطحی) و بهبود هدایت هیدرولیکی اشباع می‌شود که خود به آب‌شویی املاح و کاهش نسبت جذب سدیم (SAR) کمک می‌کند. به بیان ساده، این گیاهان در اراضی شور می‌توانند موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، افزایش کربن آلی و کاهش تخریب خاک شوند. ریشه هالوفیت‌ها نیز با ترشح ترکیبات آلی و اسیدهای آلی، می‌تواند در هوازادگی مواد معدنی، تغییر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک و شکل‌گیری شرایط مناسب‌تر برای توسعه خاک در محیط‌های بسیار شور و قلیایی نقش داشته باشد (۹، ۱۵).

ترسیب کربن و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از دیگر کارکردهای زیست‌محیطی هالوفیت‌ها و پوشش‌های گیاهی سازگار با شوری است. توسعه پوشش گیاهی در اراضی شور می‌تواند از طریق افزایش زیست‌توده گیاهی و ورود بقایای آلی به خاک، به افزایش ذخیره کربن آلی خاک کمک کند. مطالعات انجام‌شده بر روی برخی گونه‌های شورپسند جنس *Tamarix* نیز نشان داده‌اند که

استقرار پوشش گیاهی در اراضی شور ساحلی می‌تواند ذخیره کربن آلی خاک را نسبت به اراضی فاقد پوشش گیاهی افزایش دهد. با این حال، میزان ترسیب کربن به گونه، شرایط اقلیمی، سن و تراکم پوشش گیاهی، ویژگی‌های خاک و مدیریت اراضی وابسته است. هالوفیت‌ها همچنین با افزایش نسبت کربن به نیتروژن خاک و تشکیل خاکدانه‌های درشت، سرعت تجزیه کربن آلی را کاهش داده و آن را در خاک تثبیت می‌کنند. کشت هالوفیت‌های درختچه‌ای مانند *Tamarix* و *Haloxylon* در مناطق بیابانی و حاشیه کویرها، به تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی کمک می‌کند و از گسترش کانون‌های گرد و غبار جلوگیری می‌نماید. افزون بر این، هالوفیت‌ها با افزایش تخلخل، کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود هدایت هیدرولیکی، ساختار فیزیکی خاک را به طور قابل توجهی بهبود می‌بخشند و با کاهش نسبت جذب سدیم و قلیائیت، شرایط خاک را برای کشت گیاهان زراعی متداول فراهم می‌آورند. برخی هالوفیت‌ها مانند *Atriplex spp.* حتی توانایی جذب فلزات سنگین (مانند سرب، کادمیوم و روی) را دارند و برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین نیز کاربرد دارند. پژوهش‌های اخیر نشان داده است که ترکیب کاشت هالوفیت‌ها با اصلاح‌کننده‌های آلی مانند پیت، می‌تواند بر انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشد و انتخاب گونه هالوفیت و مدیریت اصلاح‌کننده‌های خاک می‌تواند به بهینه‌سازی ترسیب کربن و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. البته استفاده از این گیاهان در اراضی آلوده نیازمند مدیریت صحیح است، زیرا ورود فلزات تجمع‌یافته به زنجیره غذایی باید کنترل شود (۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۴).

مدیریت‌های به‌زراعی توسعه کاشت شورزیست‌ها بطورکلی قبل از هر گونه تصمیم برای توسعه کاشت گیاهان شورزیست، ارزیابی تناسب اراضی و شناخت مناطق مستعد با توجه به شوری منابع آب و خاک ضرورت دارد. گام بعد انتخاب گونه مناسب می‌باشد که بسته به کیفیت آب آبیاری، نوع گونه انتخابی برای کاشت می‌تواند متفاوت باشد (جدول ۲). هرچند به منظور سازگاری یک گونه به شرایط اقلیمی منطقه، قبل از هرگونه توسعه گونه‌های شورزیست در یک منطقه، انجام آزمایشات سازگاری توصیه می‌گردد.

جدول ۲- راهنمای انتخاب گونه بر اساس شوری خاک و کاربردهای آن

دامنه مناسب شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	گونه‌های پیشنهادی	کاربرد اصلی	توضیحات تکمیلی
کمتر از ۱۵	<i>Panicum antidotale</i> , <i>Atriplex lentiformis</i> , <i>Atriplex halimus</i> , <i>Chenopodium quinoa</i>	تولید علوفه، تولید دانه، احیای خاک	این گونه‌ها در شوری‌های ملایم تا متوسط بهترین عملکرد را دارند. ارزن پادزهری و کینوا در این دامنه شوری زیست‌توده قابل قبولی تولید می‌کنند.
۲۵-۱۵	<i>Suaeda</i> , <i>Tamarix</i> spp., <i>Atriplex</i> spp., <i>Kochia</i> spp., <i>fruticosa</i>	تولید علوفه، تثبیت خاک، احیای اراضی شور	آتریپلکس در این دامنه شوری عملکرد علوفه‌ای خوبی دارد. تاماریکس برای تثبیت خاک و بادشکن مناسب است.
۴۰-۲۵	<i>Suaeda</i> , <i>Salicornia bigelovii</i> , <i>Atriplex lentiformis</i> , <i>calceoliformis</i>	سبزی خوراکی، روغن، احیای خاک، سوخت	سالیکورنیا در این شوری عملکرد روغن قابل قبولی دارد. سوندا کلسفورمیس برای جذب سدیم و احیای خاک مؤثر زیستی است.
۵۰-۴۰ و بیشتر	<i>Salicornia europaea</i> , <i>Salicornia sinus-persica</i> , <i>Suaeda salsa</i>	سبزی خوراکی، روغن، تولید زیست‌توده	اکوتیپ بوشهر گونه سالیکورنیا به عنوان یک گونه بسیار متحمل به شوری، حتی تا شوری آب خلیج فارس (۶۰ دسی‌زیمنس بر متر) تولید قابل توجهی دارد (۱۶).

بهترین زمان برای آماده‌سازی زمین، پاییز یا اوایل بهار (حداقل یک ماه قبل از کاشت) است تا خاک فرصت کافی برای تهویه و آماده‌شدن داشته باشد. برای گونه‌های دارای بذر ریز مانند کوشیا و آتریپلکس، نرم و هموار کردن بستر کشت با استفاده از ماله یا غلتک ضروری است (۳، ۹).

زمان کاشت گونه‌های شورزیست، مشابه گیاهان زراعی، بسته به عادت رشدی، نیازهای حرارتی، طول دوره رشد و شرایط اقلیمی منطقه متفاوت است. به‌طور کلی، در مناطق دارای زمستان سرد، کشت مستقیم بسیاری از گونه‌های شورزیست یک‌ساله یا علفی پس از رفع خطر

علاوه بر آزمایشات سازگاری، اطمینان از سیستم زهکشی کارآمد در مناطق تحت کشت برای جلوگیری از تجمع نمک در منطقه ریشه و تسهیل آب‌شویی املاح توصیه می‌شود. آماده‌سازی مکانیکی زمین، از جمله شخم و دیسک، باید متناسب با نوع سامانه تولید، وضعیت خاک و هدف کشت انجام شود. در اراضی شور که هدف تولید اقتصادی است، عملیات خاک‌ورزی مناسب می‌تواند به بهبود بستر کشت و استقرار گیاه کمک کند؛ اما در سامانه‌های احیای اراضی شور و مناطق طبیعی، حداقل دستکاری خاک به منظور حفظ ساختار خاک، جلوگیری از فرسایش و حفاظت از پوشش گیاهی توصیه می‌شود.

نهال، اصلاح شرایط بستر و مدیریت آبیاری و آب‌شویی می‌تواند نسبت به کشت مستقیم موفقیت بیشتری داشته باشد. بنابراین، پیش از کشت مستقیم، ارزیابی شوری خاک و آب آبیاری و مقایسه آن با دامنه تحمل گونه موردنظر ضروری است.

در گونه‌های درختچه‌ای مانند *Tamarix* نیز بسته به شرایط اقلیمی و روش تکثیر، استفاده از نهال‌های پرورش‌یافته در خزانه می‌تواند استقرار اولیه را بهبود دهد و انتقال نهال به زمین اصلی معمولاً در زمان‌هایی انجام می‌شود که تنش گرما یا سرمای شدید حداقل باشد (۱، ۳، ۴).

شورزیست‌ها به‌طور کلی گونه‌هایی کم‌توقع هستند و در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی، نیاز کودی نسبتاً پایینی دارند؛ با این حال، کم‌توقع بودن به معنای بی‌نیازی از عناصر غذایی نیست. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که بسیاری از این گونه‌ها، از جمله سالیکورنیا و آتریپلکس‌ها، در صورت تأمین متعادل عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، می‌توانند افزایش قابل توجهی در رشد و تولید زیست‌توده نشان دهند. همچنین، استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست یا ورمی‌کمپوست می‌تواند با افزایش ماده آلی و بهبود برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط رشد هالوفیت‌ها را بهبود بخشد. در خاک‌های بسیار فقیر از نظر فسفر یا پتاسیم نیز تأمین این عناصر می‌تواند در افزایش رشد و تولید برخی گونه‌های شورزیست مؤثر باشد؛ با این حال، میزان و نوع کود باید بر اساس نیاز غذایی گونه، ویژگی‌های خاک و نتایج آزمون خاک تعیین شود. بنابراین، انجام آزمایش خاک پیش از مصرف هرگونه کود توصیه می‌شود (۳، ۵، ۶).

اگرچه پژوهش‌های فراوانی در ارتباط با واکنش **علف-های هرز** و گیاهان زراعی در شرایط متعارف انجام شده است، با اینحال اطلاعات کمی در مورد توان رقابتی علف‌های هرز در شرایط شور گزارش شده است. به نظر می‌رسد در شرایط شور نیز همانند شرایط متعارف، تداخل گونه‌های مهاجم در زیست‌بوم‌های زراعی می‌تواند بر

یخبندان و در اواخر زمستان یا اوایل بهار انجام می‌شود؛ با این حال، در مناطق گرم‌تر و در گونه‌های متحمل به سرما، امکان کشت پاییزه نیز وجود دارد. بنابراین، تعیین زمان کاشت باید بر اساس گونه، دمای خاک و هوا، احتمال یخبندان، رطوبت خاک و شرایط اقلیمی منطقه انجام شود. در مناطق گرم و خشک، تأخیر در کشت بهاره ممکن است به دلیل افزایش سریع دمای هوا و تبخیر و تعرق، موجب کاهش استقرار گیاهچه‌ها شود؛ از این‌رو، کشت باید در زمان مناسب و با تأمین رطوبت کافی در لایه بذر انجام گیرد.

در **کشت مستقیم بذری**، عمق کاشت به اندازه بذر، نوع خاک، رطوبت و روش کاشت بستگی دارد و نمی‌توان عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متر را برای همه گونه‌های شورزیست توصیه کرد. برای بذرهای کوچک مانند سالیکورنیا، استقرار بذر در عمق کم و تماس مناسب آن با خاک اهمیت زیادی دارد و در خاک‌های سنگین یا دارای پوسته سطحی، عمق زیاد می‌تواند موجب کاهش سبز شدن شود. در مقابل، برای بذرهای بزرگ‌تر یا گونه‌هایی که با روش‌های متفاوت کشت می‌شوند، عمق کاشت باید متناسب با اندازه بذر و ویژگی‌های بستر کشت تعیین شود. برای بذرهای بسیار ریز مانند سالیکورنیا، اختلاط بذر با حامل مناسب مانند ماسه نرم و استفاده از روش دست‌پاشی یا بذرکار دقیق می‌تواند به توزیع یکنواخت بذر کمک کند (۱۶).

امکان کشت مستقیم در خاک‌های شور نیز به میزان شوری، بافت و ساختمان خاک، زهکشی، رطوبت اولیه خاک و آستانه تحمل شوری گونه در مرحله جوانه‌زنی و استقرار بستگی دارد. در بسیاری از هالوفیت‌ها، حساسیت به شوری در مرحله جوانه‌زنی و استقرار اولیه ممکن است با مرحله رشد کامل متفاوت باشد؛ بنابراین، صرفاً مقاوم بودن یک گونه در مرحله بالغ، به معنای مناسب بودن کشت مستقیم آن در خاک‌های بسیار شور نیست. در خاک‌هایی با شوری بالا، به‌ویژه خاک‌های دارای زهکشی ضعیف و تجمع نمک در لایه سطحی، استفاده از نشا یا

قارچ‌های خاک‌زاد می‌توانند مشکل‌ساز باشند. توصیه می‌شود از روش‌های کنترل تلفیقی آفات (IPM) شامل کنترل بیولوژیک (استفاده از دشمنان طبیعی مانند کفشدوزک‌ها برای کنترل شته) و در صورت لزوم، کنترل شیمیایی استفاده شود (۵، ۶).

با توجه به اینکه زمان برداشت بسته به گونه متفاوت است، انتخاب زمان مناسب و روش برداشت در سامانه‌های شورزیست باید بر اساس ویژگی‌های هر گونه، هدف تولید، شرایط اقلیمی منطقه و توان بازروی گیاه انجام شود. در جدول زیر، زمان برداشت بهینه، محصول برداشتی، تعداد برداشت در سال و نکات کلیدی برداشت برای گونه‌های مختلف هالوفیت ارائه شده است (۷، ۸، ۱۲، ۱۴).

توان رقابتی گیاه زراعی برای حصول آب، مواد غذایی و نور تأثیر بگذارد. بنابراین لزوم آگاهی از توان رقابتی این گونه‌ها در شرایط شور و وسعت دامنه تحمل آنها، می‌تواند علاوه بر کنترل مناسب آن‌ها، میزان توان پراکنش آنها در اکوسیستم‌های زراعی را پیش‌بینی نماید (۳).

بطورکلی کنترل علف‌های هرز در سال اول کشت در اطراف بوته‌ها ضروری است. بهترین روش کنترل علف‌های هرز در سال اول، کنترل مکانیکی (وجین دستی) است. در مزارع بزرگ، در صورت نیاز و با مشورت کارشناسان، می‌توان از علف‌کش‌های مجاز استفاده کرد. همچنین باید نسبت به آفات و بیماری‌های احتمالی که ممکن است به این گیاهان حمله کنند، هوشیار بود. به عنوان مثال، شته‌ها و کنه‌ها از آفات شایع در کشت *Atriplex* هستند و در کشت سالیکورنیا،

جدول ۳- زمان و نحوه برداشت گونه‌های مختلف هالوفیت

گروه علوفه‌ای (Forage Halophytes)				
گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Atriplex</i> spp.	اواخر پاییز تا اوایل بهار (آبان تا فروردین)	علوفه خشک (برگ و سرشاخه‌های جوان)	۱-۳ بار	• برداشت در فصل گرم باعث افزایش ۵ تا ۸ برابری مرگ‌ومیر بوته‌ها می‌شود • برداشت تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین، بهترین روش برای حفظ شادابی و رشد مجدد است • هرس شدید (برداشت تا سطح زمین) باعث نابودی بوته‌ها می‌شود
<i>Suaeda</i> spp.	اواخر تابستان تا اوایل پاییز	علوفه، زیست‌توده	۱-۲ بار	• برداشت پس از استقرار کامل بوته‌ها (معمولاً از سال دوم)
<i>Kochia</i> spp.	اواخر تابستان تا اوایل پاییز	علوفه، زیست‌توده	۱ بار	• برداشت سرشاخه‌های سبز و نرم برای علوفه دام
<i>Leptochloa fusca</i>	اوایل پاییز	علوفه	۱-۲ بار	• برداشت در زمان گلدهی کامل برای حداکثر زیست‌توده
<i>Spartina patens</i>	اواخر تابستان	علوفه	۱ بار	• برداشت انتخابی سرشاخه‌های جوان • برداشت در مناطق ساحلی
گروه خوراکی (Halophytes Food)				
گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Salicornia</i> spp.	اواخر تابستان تا	سبزی، دانه	۱ بار	• چرخه رشد حدود ۹ تا ۱۱ ماه

• برداشت بذر همزمان با رسیدن کامل بذرها	روغنی،	اوایل پاییز (مرداد تا	
• عملکرد زیست‌توده: ۱۳۰۶ تا ۲۳۰۱ تن ماده خشک در هکتار	زیست‌توده	شهریور)	
• عملکرد دانه: حدود ۲ تن در هکتار با ۲۶ تا ۳۳ درصد روغن			
• برداشت پس از خشک شدن کامل بوته و رسیدگی فیزیولوژیک دانه	دانه خوراکی	اواخر تابستان تا اوایل پاییز (رسیدن دانه‌ها)	<i>Chenopodium quinoa</i>
• زمان برداشت حدود ۹۰-۱۲۰ روز پس از کاشت	۱ بار		
• برداشت برگ‌های جوان و تازه	چندین بار	بهار تا اوایل تابستان	<i>Atriplex triangularis</i>
• برداشت پس از رسیدگی کامل دانه‌ها	۱ بار	اواخر تابستان	<i>Distichlis palmeri</i>

گروه روغنی و پروتئینی (Oilseeds & Protein)

گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Salicornia bigelovii</i>	اواخر تابستان (رسیدن بذرها)	دانه روغنی	۱ بار	• برداشت بذر پس از خشک شدن کامل گیاه
<i>Suaeda fruticosa</i>	اواخر تابستان	روغن خوراکی	۱ بار	• روغن قابل استفاده برای بیودیزل
<i>Salvadora persica</i>	پاییز	روغن صنعتی و دارویی	هر ۲-۳ سال	• برداشت بذرها پس از رسیدگی کامل
				• برداشت میوه و دانه
				• غنی از لوریک اسید

گروه سوخت زیستی (Biofuel)

گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Tamarix spp.</i>	پاییز و زمستان	هیزم، زیست‌توده	هر ۲-۳ سال	• برداشت‌های مکرر سالانه توصیه نمی‌شود
<i>Phragmites australis</i>	اواخر پاییز تا اوایل زمستان	زیست‌توده برای اتانول	۱ بار	• هرس انتخابی شاخه‌های خشک و اضافی
				• برداشت پس از خشک شدن کامل ساقه‌ها

گروه احیای اراضی (Phytoremediation)

گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Halogeton glomeratus</i>	اواخر تابستان تا اوایل پاییز	زیست‌توده (جذب نمک)	۱ بار	• برداشت کامل گیاه برای حذف نمک از خاک
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	اواخر تابستان	زیست‌توده	۱ بار	• عملکرد بالا در جذب سدیم
<i>Seidlitzia rosmarinus</i>	اواخر تابستان تا اوایل پاییز	زیست‌توده	۱ بار	• تجمع‌کننده قوی نمک
<i>Halostachys caspica</i>	اواخر تابستان	زیست‌توده	۱ بار	• برداشت برای حذف نمک از خاک
<i>Avicennia marina</i>	-	خدمات اکولوژیکی	-	• تجمع‌کننده نمک در بافت‌های ساقه
				• برداشت انجام نمی‌شود (حفاظت ساحلی)

گروه صنعتی و چندمنظوره

گونه	زمان برداشت بهینه	محصول برداشتی	تعداد برداشت در سال	نکات کلیدی برداشت
<i>Haloxylon spp.</i>	پاییز و زمستان	چوب، هیزم	هر ۳-۵ سال	• برداشت انتخابی برای تثبیت شن‌های روان

اگرچه بسیاری از هالوفیت‌ها توانایی رشد در شرایط سخت محیطی را دارند، اما مدیریت صحیح برداشت نقش مهمی در حفظ پایداری مزرعه و جلوگیری از کاهش پوشش گیاهی دارد. در گونه‌های علوفه‌ای، رعایت ارتفاع مناسب برداشت و حفظ اندام‌های رویشی برای رشد مجدد ضروری است؛ در حالی که در گونه‌های تولیدکننده بذر، روغن یا زیست‌توده، برداشت باید پس از رسیدگی کامل محصول انجام شود. همچنین در سامانه‌های احیای اراضی شور، هدف اصلی تنها برداشت محصول نیست، بلکه افزایش پوشش گیاهی، کاهش فرسایش، بهبود شرایط خاک و بازگشت تدریجی قابلیت تولید به اراضی تخریب‌شده مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، موفقیت شورورزی به انتخاب صحیح گونه و مدیریت هماهنگ مراحل تولید از استقرار گیاه تا برداشت وابسته است.

مزایا، چالش‌ها و چشم‌انداز توسعه کشاورزی شور (شورورزی)

شورورزی به عنوان یک سامانه تولیدی نوین، علاوه بر ایجاد فرصت‌های اقتصادی، می‌تواند در مدیریت پایدار منابع آب و خاک، احیای اراضی شور و افزایش تاب‌آوری جوامع محلی نقش مؤثری داشته باشد. با وجود این ظرفیت‌ها، توسعه این رویکرد با چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه، نیاز به دانش فنی، نبود بازارهای مشخص و ضرورت تدوین سیاست‌های حمایتی مواجه است (۱۵). شناخت همزمان فرصت‌ها و محدودیت‌های شورورزی، پیش‌شرط برنامه‌ریزی موفق برای توسعه آن در مناطق شور کشور است.

یکی از مهم‌ترین دستاوردهای شورورزی، ایجاد درآمد جدید از طریق بهره‌برداری از اراضی بلااستفاده و شوری است که سال‌ها از چرخه تولید خارج شده‌اند. این

اراضی با کشت هالوفیت‌ها به منابعی ارزشمند تبدیل می‌شوند و درآمد جدیدی برای کشاورزان و جوامع محلی ایجاد می‌کنند. این موضوع به ویژه در مناطق کمتر توسعه‌یافته که با معضل شوری خاک مواجه هستند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. از سوی دیگر، استفاده از آب‌های شور و نامتعارف برای آبیاری هالوفیت‌ها، فشار بر منابع محدود آب غیر شور را کاهش می‌دهد و می‌تواند وابستگی به منابع آب غیر شور را کاهش داده و در برخی مناطق هزینه تأمین آب را کاهش دهد توسعه شورورزی در مناطق حاشیه‌ای و کمتر توسعه‌یافته، فرصت‌های شغلی جدیدی برای جوامع محلی ایجاد کرده و به بهبود معیشت و کاهش مهاجرت روستایی کمک می‌کند. همچنین با ایجاد منابع درآمدی جدید و کاهش وابستگی به منابع آب غیر شور، تاب‌آوری جوامع کشاورزی در برابر خشکسالی، تغییر اقلیم و بحران‌هایی مانند پاندمی‌ها افزایش می‌یابد. با وجود مزایای متعدد، اجرای موفقیت‌آمیز توسعه گیاهان شورزیست نیازمند بررسی دقیق ملاحظات بوم‌شناختی، فرهنگی و اقتصادی در هر منطقه است تا از بروز پیامدهای ناخواسته جلوگیری شود. همچنین نیاز به تحقیقات بین‌رشته‌ای، دانش محلی محدود در مناطق شور و اهمیت سیاست‌های حمایتی از چالش‌های پیش روی توسعه این سیستم هستند (۲، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۴).

با وجود مزایای متعدد، اجرای شورورزی با چالش‌هایی نیز مواجه است که باید به آن‌ها توجه کرد. پیشنهاد می‌گردد تا حد امکان از گونه‌های بومی هر منطقه استفاده شود تا سازگاری بیشتری داشته باشند و به اکوسیستم محلی آسیب نرسانند. با این حال، معرفی گونه‌های غیربومی باید پس از ارزیابی‌های دقیق

برای بهره‌برداری موفق از این پتانسیل و تبدیل شورورزی از یک مفهوم علمی به یک راهکار عملی در سطح مزرعه، انجام اقدامات زیر در قالب یک رویکرد هماهنگ و چندسطحی ضروری است.

۱. شناسایی و توسعه گونه‌های بومی و مناسب هر

منطقه: انجام مطالعات جامع در سطح کشور برای شناسایی گونه‌های بومی هالوفیت با ارزش اقتصادی، توسعه بانک ژن، و معرفی گونه‌های برتر مناسب برای هر منطقه اقلیمی و شوری. استفاده از گونه‌های بومی به دلیل سازگاری بالاتر با شرایط محلی، شانس استقرار و بقای بیشتری دارد و از خطر تبدیل گونه‌های غیروومی به گونه‌های مهاجم جلوگیری می‌کند. اولویت باید با گونه‌های بومی یا سازگار شده هر منطقه باشد تا علاوه بر افزایش موفقیت کشت، خطرات زیست‌محیطی ناشی از ورود گونه‌های غیروومی کاهش یابد.

۲. توسعه مزارع الگویی و ترویج کشت

هالوفیت‌های با ارزش اقتصادی: ترویج کشت گونه‌های هالوفیت با کاربردهای چندمنظوره (علوفه، سبزی، روغن، سوخت و احیای خاک) در اراضی شور حاشیه کویرها و مناطق خشک و نیمه‌خشک. تأکید بر گونه‌هایی که علاوه بر تولید محصول، به احیای اراضی شور (فیتودسالی شدن) و ترسیب کربن نیز کمک می‌کنند. ایجاد مزارع الگویی در مناطق دارای اراضی شور می‌تواند نقش مهمی در نمایش عملی قابلیت‌های شورزیست و افزایش پذیرش آن توسط کشاورزان داشته باشد.

۳. آموزش و توانمندسازی بهره‌برداران: برگزاری

دوره‌های آموزشی و ترویجی گسترده برای کشاورزان و بهره‌برداران در زمینه روش‌های کشت، داشت، برداشت و فرآوری هالوفیت‌ها. تهیه و توزیع بروشورها و راهنماهای عملی و کاربردی و متناسب با نیاز بهره‌برداران به زبان گویا و قابل فهم برای کشاورزان. همچنین تأکید بر مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی این روش و ارائه مثال‌های عملی از مزارع موفق.

زیست‌محیطی انجام شود، زیرا برخی گونه‌ها ممکن است در شرایط جدید رفتار مهاجم پیدا کنند.

نکته مهم دیگر تکمیل زنجیره ارزش شورزیست‌ها می‌باشد. بطور کلی قبل از توسعه کاشت هر گونه شورزیست باید از بازار فروش محصول و کسب و کار آن اطمینان حاصل شود. این امر باعث می‌شود که بازخورد و پذیرش مناسبی توسط کشاورزان داشته باشد.

آنچه مسلم است توسعه شورورزی نیازمند سیاست‌های حمایتی، انجام مطالعات محیط زیستی، سرمایه‌گذاری اولیه برای تأمین بذر یا نهال، ایجاد زیرساخت‌های آبیاری و توسعه فناوری‌های فرآوری است. انجام تحقیقات کاربردی، معرفی ارقام مناسب، جیره‌نویسی مناسب با توجه به برخی ترکیبات ضدتغذیه‌ای مانند تانن‌ها، ساپونین‌ها، اگزالات‌ها، فنل‌ها و نیترات‌ها در علوفه تولیدی، ایجاد مزارع الگویی، آموزش بهره‌برداران و تدوین مشوق‌های اقتصادی می‌تواند نقش مهمی در توسعه کاشت گیاهان شورزیست و پذیرش آنها توسط جامعه بهره‌برداران داشته باشد.

در مجموع، توسعه شورورزی در ایران نیازمند یک رویکرد هماهنگ میان پژوهش، ترویج، سیاست‌گذاری و مشارکت بهره‌برداران است. سرمایه‌گذاری در تحقیقات کاربردی، توسعه زنجیره ارزش محصولات هالوفیتی، آموزش کشاورزان و ایجاد حمایت‌های نهادی می‌تواند زمینه استفاده پایدار از ظرفیت گسترده اراضی شور کشور را فراهم کرده و نقش مؤثری در افزایش تاب‌آوری سامانه‌های کشاورزی، کاهش فشار بر منابع آب غیر شور و کمک به امنیت غذایی در شرایط تغییر اقلیم ایفا نماید.

توصیه‌های ترویجی

توسعه کشاورزی شور یا شورورزی با بهره‌گیری از هالوفیت‌ها به عنوان یک راهبرد کلان برای مقابله با بحران‌های کم‌آبی، شوری و امنیت غذایی، فرصت ارزشمندی برای مدیریت پایدار منابع آب و خاک و استفاده از ظرفیت اراضی شور کشور فراهم آورده است.

منابع مورد استفاده

۱. بناکار، م.ح (۱۳۹۶). تعیین مناسب‌ترین روش بهبود جوانه‌زنی و سبز شدن بذور روناس در شرایط شور. گزارش نهایی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز ملی تحقیقات شوری، شماره فروست ۵۲۳۵۷، ۴۰ صفحه.
۲. رحیمیان، م.ح.، هاشمی‌نژاد، ی.، دهقانی، ف.، رنجبر، غ.ج.، و پورمقدم، م. (۱۴۰۱). تأثیر کم‌آبایی گیاه سالیکورنیا با آب دریا بر عملکرد زیست‌توده و شاخص بهره‌وری آب در منطقه بوشهر. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۶ (۲): ۴۲۰-۴۱۳.
۳. رنجبر، غ.ج.، و آناقلی، ا. (۱۴۰۲). مفاهیم تنش شوری و واکنش گیاه (چاپ دوم). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.
۴. صالحی، م.، کافی، م.، و کیانی، ع. (۱۳۹۲). بهره‌وری آب، ضریب حساسیت به خشکی و ضریب گیاهی کوشیا تحت تنش شوری و کم‌آبی در کشت بهاره. مجله پژوهش آب ایران، ۷ (۱۲): ۹۸-۸۹.
۵. صادقی، س.م.، کریمی، م.، و فرار، ن. (۱۴۰۲). تأثیر میزان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی صفات علوفه سالیکورنیا (*Salicornia persica* Akhani). پژوهش‌های خاک، ۳۷ (۲): ۱۴۶-۱۳۳.
۶. کریمی، م.، بناکار، م.ح.، و یزدانی بیوکی، ر. (۱۳۹۹). تأثیر کودهای نیتروژنه و فسفوری بر تولید علوفه آتریپلکس (*Atriplex canescens*) در شرایط شور. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک، ۲ (۲): ۱۵۳-۱۴۱.
7. Alamzadeh, A., Heshmati, G., Zandi Esfahan, E., & Motamedi, J. (2021). Oil content, fatty acid profile and lignocellulosic content of *Salicornia europaea* L. in west shorelines of Uromia Lake. *Rangeland*, 15(3), 357–370.
8. Behnamfar, K., Zandi Esfahan, E., Jafari, A. A., & Azarnivand, H. (2024). Effects of phenological stages on yield and quality traits of three halophyte plant species as forage sources and combating desertification in Khuzestan Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 14(4), 379–392.
9. Jafari, M., Tavili, A., Panahi, F., Zandi Esfahan, E., & Ghorbani, M. (2018). *Reclamation of arid lands*. Springer.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Global status of salt-affected soils: Main report*. FAO.
11. Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015). Plant salt tolerance: Adaptations in halophytes. *Annals of Botany*, 115(3), 327–331.
12. Glenn, E. P., Anday, T., Chaturvedi, R., Martinez-Garcia, R., Pearlstein, S., Soliz, D., Nelson, S. G., & Felger, R. S. (2013). Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 110–121.
13. Malekmohammadi, L. (2025). Haloculture in a changing world: A comprehensive review on sustainable agriculture, saline water resource management, and future prospects under water scarcity and climate change conditions. *Applied Water Science*, 15, 289.
14. Panta, S., Flowers, T., Lane, P. A., Doyle, R., Haros, G., & Shabala, S. N. (2014). Halophyte agriculture: Success stories. *Environmental and Experimental Botany*, 107, 71–83.
15. Rabhi, M., Ferchichi, S., Jouini, J., Hamrouni, M. H., Koyro, H.-W., Ranieri, A., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2010). Phytodesalination of a salt-affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. to arrange in advance the requirements for the successful growth of a glycophytic crop. *Bioresource Technology*, 101(17), 6822–6828.
16. Ranjbar, G.H., khademi, R., Dehghany, F., Keshtekar, S., and Islam K.R. 2023. *Salicornia sinus-persica*: a high-yielding species for fodder production with seawater. *Arid Land Research and Management*, 38: 97-108.