مجله ترویجی شورورزی
دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۴

تأثیر عملیات به‌باغی در شرایط شوری نخلستان بر کنترل عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرمای رقم مضافتی در استان کرمان

اسماعیل راه خدایی[1*]، حجت دیالمی[1] و امیر پرنیان[2]

۱. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*. نویسنده مسئول: اسماعیل راه خدایی، پست الکترونیک: rahkhodaei@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۷

چکیده

در سه دهه اخیر عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما، مهم‌ترین معضل تولیدکنندگان خرمای کشور در استان‌های خرماخیز بوده است. بیشترین خسارت عارضه در استان کرمان مربوط به نخلستان‌های رقم مضافتی مناطق ریگان و فهرج است. اجرای صحیح و به‌موقع عملیات به‌باغی نخلستان به ویژه در شرایط شور می‌تواند شدت خسارت عارضه را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. بنابراین در این مطالعه تاثیر عملیات صحیح به‌باغی شامل تغذیه نخلستان با کودهای پرمصرف و کم‌مصرف به روش چالکود بر اساس آزمون خاک، آبیاری، هرس و تکریب برگها، میانه‌کاری، گرده‌افشانی، تنک خوشه، پوشش‌دهی خوشه‌ها، پوشش دم‌خوشه‌ها و مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بر کنترل عارضه خشکیدگی خوشه خرمای رقم مضافتی تحت شرایط آبیاری با آب شور (بیش از ۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان یکی از ارقام بسیار حساس به شوری در استان کرمان مورد بررسی قرار گرفت. در زمان برداشت محصول شدت و درصد خسارت عارضه هر اصله نخل محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک روش‌های آماری بر اساس آزمون t و به کمک نرم‌افزار SAS انجام گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که اثر تیمار عملیات صحیح به‌باغی بر درصد خشکیدگی خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. در منطقه ریگان، شدت و درصد خسارت عارضه، به ترتیب از ۲۶/۱ و ۳۱/۵ درصد در قطعه شاهد به صفر درصد در قطعه تیمار رسیده است و در منطقه فهرج، میانگین شدت و درصد خسارت از ۳۷/۴ و ۵۶/۷ درصد در قطعه شاهد به ۱/۶ و ۱۲/۳ درصد در قطعه تیمار کاهش یافت. بطور کلی انجام صحیح، به موقع و کامل روش‌های به باغی نخلستان به ویژه در شرایط آبیاری با آب شور، تاثیر قابل توجهی در کاهش خسارت عارضه پژمردگی و خوشه خرما خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تغذیه، تنک خوشه، شرایط شور، میانه‌کاری

بیان مسئله

خرما یکی از محصولات مهم باغی استان‌های جنوبی و جنوب‌غربی ایران و از محصولات استراتژیک بخش کشاورزی کشور است. در دو دهه اخیر، عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما به مهم‌ترین معضل تولیدکنندگان خرما در استان‌های کرمان، هرمزگان، خوزستان، بوشهر و برخی نواحی استان فارس تبدیل شده است. این عارضه نخستین بار در سال ۱۳۶۸ از بخش قلعه‌گنج و رودبار شهرستان کهنوج در استان کرمان گزارش شد و متعاقب آن در سال‌های بعد در مناطق مختلفی همچون دالکی و قراول‌خانه در استان بوشهر، جیرفت و بم در استان کرمان، بهبهان در استان خوزستان و میناب و رودان در استان هرمزگان نیز مشاهده شد. ارقام غالب و تجاری این مناطق نظیر مضافتی در استان کرمان، مرداسنگ در استان هرمزگان و کبکاب در استان‌های بوشهر و خوزستان، به شدت تحت تأثیر این عارضه قرار گرفته‌اند. در استان کرمان، مناطق ریگان و فهرج به‌دلیل سطح وسیع زیرکشت رقم مضافتی و حساسیت بالای این رقم نسبت به خشکیدگی خوشه خرما، خسارت‌های چشمگیری را تجربه کرده‌اند (شکل ۱) که در برخی سال‌ها شدت آن به ۱۰۰ درصد نیز رسیده است (۲).

شکل ۱: علایم عارضه روی خوشه خرمای رقم مضافتی در قطعه شاهد

پژمردگی ناگهانی میوه‌ها در مرحله تبدیل خارک به رطب از مهم‌ترین نشانه‌های این عارضه است. علائم به‌صورت خشکیدگی تدریجی میوه‌ها از نوک خوشچه‌ها آغاز شده و به سمت مرکز خوشه پیشروی می‌کند. همزمان، محور خوشچه‌ها و دم‌خوشه اصلی دچار نکروز و تغییر رنگ قهوه‌ای می‌شوند. این علائم در شرایط اقلیمی گرم و خشک، همراه با وزش بادهای گرم و کاهش رطوبت نسبی، شدت بیشتری می‌یابند و می‌تواند نشانه عدم تامین آب و مواد غذایی به بخش‌های انتهایی آوندها باشد (۱).

تحقیقات انجام‌شده از سال ۱۳۷۱ تاکنون نشان داده است که عوامل آب و هوایی نظیر افزایش دما و کاهش ناگهانی رطوبت نسبی نقش مهمی در بروز عارضه دارند (۴). شوری خاک یکی از عوامل محدودکننده تولیدات

کشاورزی است که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه در نخل خرما می‌شود. در پژوهش انجام شده در خرمای رقم کبکاب در استان‌های بوشهر، فارس و خوزستان، بین شوری (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و آهک خاک، با میزان تولید خرما، همبستگی منفی نشان داد. میزان شوری کم، اثر سوئی بر نخل خرما ندارد اما درجه شوری زیاد خاک، کاهش رشد و کاهش کمیت و کیفیت میوه خرما را در پی خواهد داشت. نتایج نشان می‌دهد در شوری خاک و آب به ترتیب با ۱۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۵۰ درصدی عملکرد نخل خرما مشهود است (۱۱)، با این حال، نتایج آزمایش‌های خاک و بررسی‌های میدانی در نخلستان‌های مختلف کشور نشان داده است که شوری خاک و آب آبیاری یکی از عوامل کلیدی در تشدید خشکیدگی خوشه خرما است. تجمع نمک در ناحیه ریشه سبب کاهش جذب آب و عناصر غذایی، ایجاد تنش اسمزی و اختلال در تعادل یونی می‌شود، این شرایط مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها کاهش داده و شدت خسارت عارضه خشگیدگی خوشه را افزایش می‌دهد. در نخلستان‌هایی با خاک سبک و شور، خسارت عارضه به‌مراتب شدیدتر از نخلستان‌های با خاک سنگین یا متوسط گزارش شده است (۷). از سوی دیگر، مدیریت صحیح مصرف آب و استفاده از منابع آبی با کیفیت مطلوب از نظر شوری، نقش بسیار مهمی در کاهش خسارت عارضه دارد. بهترین آب برای آبیاری نخلستان، آب با شوری کمتر از ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر است (۲). در بررسی‌های انجام شده آبیاری با حجم و فاصله زمانی مناسب همراه با اصلاح خاک و تغذیه متعادل، می‌تواند اثرات منفی شوری و سایر عوامل اقلیمی را تعدیل کند لذا، شوری خاک و آب آبیاری نه‌تنها به‌عنوان یک عامل مستقل، بلکه به‌عنوان عامل تشدیدکننده در کنار تنش گرما و کم‌آبی همراه با بادهای گرم و خشک، در بروز و توسعه عارضه خشکیدگی خوشه خرما نقش اساسی دارد (۸). تنک خوشه مخصوصا در زمان گرده افشانی، استفاده از پوشش‌های مناسب بر روی خوشه‌ها، میانه‌کاری با گیاهان مقاوم و محلول‌پاشی عناصر غذایی از جمله پتاسیم و کلسیم، در کاهش خسارت مؤثر بوده‌اند (۳ و ۵). این تحقیق با هدف بررسی اثر مدیریت صحیح عملیات به‌باغی بر کاهش خسارت عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرمای رقم مضافتی در مناطق ریگان و فهرج استان کرمان اجرا گردید.

معرفی دستاورد یا راهکار

این راهکار حاصل پژوهشی است که در شهرستان‌های ریگان و فهرج استان کرمان انجام شد. شهرستان ریگان دارای آب و هوای گرم و خشک که در طول جغرافیایی "۱۸ ′۳۷ °۵۸ و عرض جغرافیایی "۴۰ ′۵۳ °۲۸ واقع شده است، متوسط ارتفاع آن ۸۰۴ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالیانه ۶۴ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالیانه تبخیر ۳۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. شهرستان فهرج نیز دارای آب و هوای گرم و خشک که در طول جغرافیایی "۵۲ ′۵۲ °۵۸ و عرض جغرافیایی "۲۱ ′۵۷ °۲۸ قرار دارد، متوسط ارتفاع آن ۶۷۳ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالیانه ۶۸ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالیانه تبخیر ۴۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

در مناطق ریگان و فهرج، سه نخلستان با سابقه آسیب شدید در سال‌های گذشته، انتخاب شدند. ابتدا در هر نخلستان در یک قطعه نیم هکتاری ۵۰ اصله نخل هم‌سن انتخاب و ۲۵ اصله نخل به عنوان قطعه شاهد و ۲۵ اصله به عنوان تیمار در نظر گرفته و پلاک کوبی شدند. در قطعه شاهد عملیات باغبانی بر اساس عرف نخلداری منطقه (عملیات هرس، تکریب، گرده افشانی، آبیاری، هدایت خوشه و سمپاشی علیه کنه تارتن) انجام شد. در قطعه تیمار مدیریت عملیات صحیح به‌باغی به شرح ذیل اعمال گردید (۳، ۵، ۶، ۸ و ۱۰):

۱. انجام عملیات شخم و دیسک زمستانه جهت مدیریت مکانیکی علفهای هرز و میانه کاری.

۲. تکریب و هرس نمودن درختان.

۳. تغذیه بهینه نخلستان‌ها: بدین منظور از نخلستان-های مورد مطالعه نمونه خاک (نمونه مرکب) تهیه و به آزمایشگاه خاک ارسال گردید. سپس با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، براساس جداول توصیه کودی مربوط به ارقام نخل خرما اقدام به کوددهی با کودهای حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به روش چالکود در اوایل بهمن ماه گردید (جدول۲).

۴. میانه‌کاری با یونجه، که از رقم یونجه بغدادی استفاده شد و کاشت بصورت نواری انجام گرفت (شکل ۲).

۵. عملیات گرده‌افشانی که در دوره گرده‌افشانی به‌صورت هفته‌ای دو مرتبه انجام شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک مناطق مورد مطالعه

نخلستان	EC (dS/m)	pH	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
ریگان	۸/۸۳	۸/۱	۰/۷۶	۰/۰۶۵	۳/۳	۷۳
فهرج ۱	۷/۷۸	۷/۹	۰/۴۸	۰/۰۴۱	۴/۱	۶۲
فهرج ۲	۱۱/۱۲	۷/۴	۰/۲۳	۰/۰۱۹	۳/۷	۹۷

جدول ۲: میزان مصرف کودهای پرمصرف و کم مصرف به ازای هر اصله نخل در مناطق مورد مطالعه

منطقه / نوع کود	مقدار کود مصرفی در نخلستان ریگان (گرم)	مقدار کود مصرفی در نخلستان فهرج ۱ (گرم)	مقدار کود مصرفی در نخلستان فهرج ۲ (گرم)
اوره	۲۵۰	۵۰۰	–
سوپر فسفات تریپل	۱۵۰۰	۱۳۰۰	۱۵۰۰
سولفات آمونیوم	–	–	۵۰۰
سولفات پتاسیم	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۰۰۰
سولفات آهن	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
سولفات روی	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
سولفات منگنز	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
سولفات مس	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰

۶. عملیات تنک خوشه‌ها در قطعه تیمار در مرحله گرده‌افشانی و به روش حذف یک سوم نوک گل‌آذین انجام شد.

۷. تنظیم نسبت برگ به خوشه. به این صورت که بعد از اتمام فصل گرده‌افشانی در اردیبهشت ماه به ازاء هرهشت برگ یک خوشه روی هر درخت باقی گذاشته شد و خوشه‌های اضافی حذف شدند.

۸. پوشش دم خوشه‌ها با لیف نخل و پوشش‌دهی خوشه‌ها با سبد حصیری در اواخر مرحله کیمری و

ابتدای مرحله خارک (زمان شروع تغییر رنگ میوه از سبز به قرمز) انجام گردید.

۹. آبیاری به صورت ۷-۶ روز یک‌بار در منطقه ریگان و ۸-۱۰ روزه در منطقه فهرج (به ویژه در تیر و مردادماه) انجام شد. نوع آبیاری با توجه به کاشت میانه‌کاری یونجه در قطعه تیمار بصورت نواری بود. در قطعه شاهد آبیاری بر اساس عرف منطقه هر ۱۲-۱۰ روزیک‌بار انجام شد.

(شوری آب نخلستان ریگان، ۶/۲، و نخلستان فهرج ۱، ۵/۱ و نخلستان فهرج ۲، ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده است).

۱۰. مبارزه با آفات (سوسک شاخدار، کرم میوه خوار و کنه تارتن، بیماری‌ها (لکه برگیها با عملیات هرس برگ) و علف‌های هرز که براساس یافته های تحقیقاتی انجام شد.

شکل ۲: میانه کاری با یونجه

در پایان ارزیابی درصد و شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما انجام شد. برای ارزیابی درصد خسارت، نسبت تعداد خوشه‌های خسارت دیده به کل خوشه‌های هر اصله نخل محاسبه شد. برای محاسبه شدت خسارت عارضه، در زمان برداشت محصول، از چهار خوشه واقع در چهار جهت هر اصله نخل، ۱۰۰ عدد میوه به صورت تصادفی برداشت شده و درصد شدت خسارت عارضه بر حسب نسبت تعداد میوه های پژمرده و خشکیده به یک‌صد عدد میوه برداشت شده تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک روش‌های آماری بر اساس آزمون t و به کمک نرم افزار SAS انجام گردید. نتایج پژوهش در خصوص مقایسه اثر عوامل مدیریت به‌باغی حاصل از یافته‌های تحقیقاتی بر کنترل درصد و شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرمای مضافتی در مقایسه با روش عرف نخل‌دار (شاهد) در جدول‌های ۳ الی ۵ ملاحظه می‌شود. نتایج به‌دست آمده از منطقه ریگان نشان داد، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین قطعه تیمار و شاهد چه از نظر شدت و چه از نظر درصد خسارت وجود داشت (جدول ۳). بر اساس این نتایج، شدت و درصد خسارت عارضه به ترتیب از ۲۶/۱ و ۳۱/۵ درصد در قطعه شاهد به صفر درصد در قطعه تیمار (عملیات به‌باغی) کاهش یافت (جدول ۴). کاهش چشم‌گیر شدت و درصد خسارت در نخلستان، نشان‌دهنده تاثیر بسیار زیاد عملیات صحیح به‌باغی در کاهش خسارت عارضه بوده است (شکل ۳).

جدول ۳: جدول تجزیه آماری شدت و درصد خسارت عارضه در نخلستان مناطق مورد بررسی

منطقه	خسارت (درصد)	درجه آزادی	ارزش t
ریگان	شدت خسارت	۸۲	-۸/۴۵**
	درصد خسارت		-۸/۶۲**
فهرج (اول)	شدت خسارت	۶۸	-۹/۶۸**
	درصد خسارت		-۸**
فهرج (دوم)	شدت خسارت	۶۸	-۱۲/۱۰**
	درصد خسارت		-۱۰/۷۳**

** نشان از معنی داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد

جدول ۴: مقایسه شدت و درصد خسارت عارضه در قطعات تیمار و شاهد منطقه ریگان

نوع تیمار	نوع خسارت	میانگین
شاهد	شدت خسارت (درصد)	۲۶/۱
	درصد خسارت	۳۱/۵
تیمار	شدت خسارت (درصد)	۰
	درصد خسارت	۰

شکل ۳: خوشه‌های سالم خرمای رقم مضافتی در قطعه تیمار (منطقه ریگان)

نتایج به‌دست آمده در منطقه فهرج نیز نشان داد، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین قطعه تیمار و شاهد چه از نظر شدت و چه از نظر درصد خسارت وجود داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از منطقه فهرج، در نخلستان اول، در قطعه شاهد شدت و درصد خسارت عارضه به ترتیب از ۴۰/۲ و ۵۸/۷ درصد به کمتر از ۱/۹ و ۱۳/۶ درصد در قطعه تیمار (عملیات به‌باغی) کاهش یافت و در نخلستان دوم، در قطعه شاهد شدت و درصد خسارت از ۳۴/۷ و ۵۴/۷ درصد به کمتر از ۱/۳ و ۱۱ درصد در قطعه تیمار کاهش یافت (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه شدت و درصد خسارت عارضه در قطعات تیمار و شاهد در منطقه فهرج

نوع تیمار		نخلستان ۱	نخلستان ۲	میانگین
شاهد	شدت خسارت (درصد)	۴۰/۲	۳۴/۷	۳۷/۴
	درصد خسارت	۵۸/۷	۵۴/۷	۵۶/۷
تیمار	شدت خسارت (درصد)	۱/۹	۱/۳	۱/۶
	درصد خسارت	۱۳/۶	۱۱	۱۲/۳

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که اثر تیمار بر درصد خشکیدگی خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. به‌طوری که بیشترین میزان درصد خشکیدگی خوشه از تیمار شاهد حاصل گردید و کمترین میزان درصد خشکیدگی خوشه خرما از تیمار (اعمال صحیح عملیات به‌باغی) حاصل شد. اغلب محققین علت اصلی بروز و گسترش عارضه خشکیدگی خوشه خرما را ظهور شرایط نامساعد آب و هوایی، به‌ویژه افزایش دما، کاهش ناگهانی رطوبت نسبی و وزش بادهای گرم و خشک در مرحله تبدیل خلال به رطب مرتبط دانسته‌اند که شوری آب و خاک بشدت انرا تشدید می کند. حال فراهم آوردن شرایطی که بتواند باعث تعدیل شرایط نامساعد آب و هوایی نخلستان و یا افزایش تحمل نخل خرما نسبت به تنش محیطی در مرحله تبدیل خارک به رطب شود، می‌تواند منجر به کاهش خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما گردد (۴).

تنش‌های شوری موجب تغییر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی، متابولیکی و مولکولی سلول‌ها و اندام‌های گیاهی می‌شود. در مراحل اولیه تنش شوری، ظرفیت و توانایی جذب آب توسط ریشه‌ها کاهش می‌یابد و سرعت از دست رفتن آب برگ‌ها و میوه‌ها به دلیل افزایش تنش اسمزی، ناشی از تجمع زیاد نمک خاک، افزایش می‌یابد (۱۴). مدیریت صحیح آبیاری یکی از موثرترین راهکارها برای کاهش اثرات مخرب شوری خاک و حفظ بهره‌وری محصولات کشاورزی است. هدف اصلی در این روش، کنترل میزان نمک در منطقه ریشه گیاه از طریق تأمین رطوبت کافی و ایجاد تعادل بین جذب آب توسط گیاه و آبشویی نمک‌ها است. با استفاده از میانه‌کاری و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری (تنظیم زمان و مقدار آب بر اساس نیاز واقعی گیاه)، می‌توان از تمرکز نمک در ناحیه ریشه جلوگیری کرد (۱۳).

آبیاری نقش بسیار مهمی در خنک کردن گیاه و کاهش تنش گرمایی دارد از طرف دیگر با کمبود آب تنش خشکی نیز در گیاه رخ داده و همزمان شدن تنش گرمایی و تنش خشکی میزان خسارت عارضه را چندین برابر می‌کند. افزایش درصد خسارت عارضه در اواخر مرحله رطب به‌دلیل قطع آبیاری در زمان برداشت خرما حتی با وجود تعدیل دما و افزایش رطوبت هوا در شهریور ماه و همچنین افزایش روند عارضه و شدت آن به‌دلیل عدم آبیاری نخلستان در مراحل اولیه شروع عارضه گواه این مدعاست (۲). کاهش خسارت عارضه با

حجم‌های بیشتر آب مطلوب و فاصله زمانی کم نشانگر این مطلب می‌باشد. بررسی نقش مدیریت مصرف آب بر عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرمای رقم مضافتی در منطقه جیرفت نشان داد که با در نظر گرفتن دور آبیاری بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (تقریباً هر هفته یکبار) و میزان آب آبیاری بر حسب ۷۰ درصد کل تبخیر، میزان کاهش عملکرد در اثر عارضه از ۵۱٪ در تیمار شاهد به ۱۵/۸ درصد در تیمار مذکور بوده است و با افزایش دور آبیاری خسارت عارضه افزایش یافته به‌طوری‌که با افزایش دور آبیاری از ۹۰ به ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A میزان خسارت عارضه به ترتیب از ۱۵/۸ درصد به ۲۵/۲ و ۳۳/۷ رسید (۸). با مقایسه دو منطقه ریگان و فهرج از نظر شدت خسارت عارضه، نتایج نشان داد که شدت خسارت عارضه در منطقه فهرج بیشتر از منطقه ریگان بوده است که از دلایل اصلی آن میانگین شوری بیشتر خاک و افزایش فاصله یا دور آبیاری بدلیل کم بودن آب در آن دو نخلستان بوده است. به‌طور کلی می‌توان گفت چنانچه آب کافی و مناسب در اطراف فضای ریشه‌ها باشد با تعدیل شرایط شوری خاک، ریشه‌ها فعالیت بهتری داشته، آب و مواد غذایی بیشتری جذب می‌کنند وگیاه به‌راحتی می‌تواند به‌وسیله سیستم خنک‌کننده‌ای که دارد با گرمای محیط مقابله کند. با وجود آب کافی و خنک شدن بافت‌های گیاهی، فعل و انفعالات آنزیمی و سلولی در گیاه بهتر انجام می‌شود و به‌دنبال آن میوه‌ها و خود گیاه از استحکام بیشتری در برابر شرایط نامساعد محیطی برخوردار می‌شوند (۶).

پوشش خوشه‌های خرما به ویژه در شرایط آب و خاک شور، یکی از اصول مهم نخل‌داری است که به‌منظور بهبود خواص کمی و کیفی میوه و کاهش ضایعات عوامل زیان‌آور به میوه خرما استفاده می‌شود. با استناد به اطلاعات به‌دست آمده از استقرار دماسنج‌های دیجیتالی درون و بیرون پوشش حصیری خوشه‌های رقم مضافتی در قطعه میانه‌کاری شده و شاهد در منطقه جیرفت، اختلاف دمای درون و بیرون پوشش‌ها در ساعات گرم روز (۱۱ صبح تا ۴ بعدازظهر) به ۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است. کاهش دما درون پوشش‌ها را می‌توان نتیجه دو عامل دانست، اول اینکه نصب پوشش‌ها اثرات ناشی از وزش بادهای گرم و خشک که باعث افزایش دمای خوشه‌ها می‌گردند را کاهش داده، همچنین با پوشش دادن خوشه‌ها رطوبت محیط درون خوشه‌ها نیز بالا رفته و مانع از افزایش بیش از حد دما می‌گردد. از طرفی می‌تواند از برخورد مستقیم نور خورشید که باعث آفتاب سوختگی و پفکی‌شدن میوه (پوست انداختن میوه) می‌شود جلوگیری کند. نصب پوشش‌ها علاوه بر کاهش عارضه باعث افزایش قابل توجه کیفیت میوه نیز می‌شود و این اختلاف در زمینه رنگ و بافت میوه بسیار مشهود است (۶). پوشش دهی خوشه خرما با پوشش‌های حصیری، توری پارچه‌ای و توری نایلونی در مرحله رشدی کیمری میوه خرما (اوایل خرداد ماه) باعث تعدیل شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما می‌شود (۹). روش‌های تنک شامل حذف ده درصد نوک خوشه در مرحله کیمری و یا حذف ده خوشه‌چه در مرحله گرده افشانی باعث کاهش معنی‌دار عارضه می‌شود (۱۰). همچنین بر اساس تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات جیرفت و بم پوشش دهی خوشه خرما با سبد حصیری در اوایل مرحله تغییر رنگ میوه یکی از راهکارهای کاهش عارضه خشکیدگی می‌باشد (۳). در این پروژه پوشش حصیر به منظور جلوگیری از بالا رفتن دمای خوشه‌ها، حفظ خوشه‌ها از بادهای گرم و خشک و همچنین نور مستقیم خورشید، که باعث آفتاب سوختگی می‌شود و افزایش رطوبت در محیط خوشه‌ها است استفاده شد. همچنین پوشش دم‌خوشه‌ها با الیاف (لیف) نخل نیز مانع از سوختگی دم خوشه‌ها گردید.

از طرف دیگر ترکیب تنش گرمایی و شوری آب و خاک یک اثر تشدید کننده بر کاهش رشد و عملکرد گیاهان دارد. برای مثال گیاه در شرایط گرمایی برای خنک کردن خود از طریق تعرق، نیاز به باز نگه داشتن روزنه‌ها

دارد که به دلیل شوری خاک و افزایش جذب یون‌های سدیم، فعالیت روزنه‌ها مختل شده و گیاه نسبت به تنش گرمایی حساس می‌شود (۱۵).

نتایج تحقیقات انجام گرفته در مناطق بوشهر و جیرفت نشان داد میانه‌کاری نخلستان‌ها با یونجه و سورگوم اثرات قابل توجهی در کاهش خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما داشته است. میانه‌کاری اثر مطلوبی در کاهش دمای نخلستان و افزایش رطوبت نسبی آن دارد. در منطقه جیرفت اختلاف دمای قطعه یونجه کاری شده با قطعه شاهد، به‌طور متوسط ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. از مزیت‌های دیگر کاشت یونجه می‌توان حفظ رطوبت خاک، غنی‌ترشدن بستر باغ از نظر تثبیت ازت، حفظ پوشش کف باغ، جلوگیری از گرم‌شدن بیش از حد خاک، تمیز نگه داشتن باغ از نظر گردوغبار، مبارزه با علف‌های هرز، همچنین کمک به کنترل بهتر کنه گردآلود از طریق افزایش رطوبت نسبی هوا و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی کنه را نام برد (۶). علاوه بر آن کاشت یونجه نقش مهمی در مدیریت شوری خاک در منطقه ریشه گیاه دارد. کشت یونجه یک راهکار عملی و مؤثر برای بهبود حاصل‌خیزی، شوری و قلیاییت خاک دارد. یونجه با کاهش شوری و pH، افزایش مواد مغذی و بازسازی جوامع میکروبی، حاصلخیزی و سلامت خاک را بهبود می‌بخشد (۱۲).

تنک در باغبانی بیشتر برای افزایش کیفیت و بزرگتر شدن میوه‌ها می‌باشد، علاوه بر این هدف، می‌توان با استفاده از تنک میزان خسارت عارضه را نیز کاهش داد. نتایج مطالعه اثر نوع پوشش خوشه و تنک خوشه بر روی عارضه در مناطق جیرفت در رقم مضافتی نشان دادکه تنک خوشه‌ها به صورت حذف یک سوم نوک آن‌ها در مرحله گرده‌افشانی نقش موثری در کاهش عارضه داشته است (۶). در این تحقیق در زمان گرده‌افشانی یک سوم نوک تمام خوشه‌های درختان قطعه تیمار حذف گردید. این عمل با فرض کاهش سطح تبخیر و کاهش منابع مصرف آب از طریق کم کردن مقدار میوه انجام شد. با حذف کردن بخشی از میوه‌ها در واقع سطح فعال خوشه‌ها از نظر تبخیر و تعرق کم می‌شود به دم خوشه‌ها و در نهایت به درخت کمک می‌کند تا در اقتصاد آب خود در زمان بحرانی و دمای بالا صرفه جویی کند. از طرفی حذف یک سوم نوک خوشه‌ها در مرحله گرده‌افشانی نسبت به مرحله کیمری این مزیت را دارد که میزان مواد غذایی قابل ذخیره در درخت کمتر مصرف می‌شود زیرا چنانچه در مرحله کیمری عمل تنک انجام گیرد اگر چه سطح تبخیر کم گردیده ولی به میوه اجازه داده شده است تا این مرحله از ذخایر مواد غذایی و آبی موجود در گیاه استفاده کند و تنش‌های گرمایی و شوری را بهتر پشت سر گذارد ولی چنانچه این عمل در مرحله گرده‌افشانی صورت گیرد به بقیه میوه‌ها اجازه داده می‌شود با رقابت کمتری از مواد غذایی درون درخت استفاده کنند و رشد مطلوبتری از نظر اندازه و قطر داشته باشند و مقادیر کاهش محصول در نتیجه حذف میوه‌ها به‌واسطه بزرگترشدن و سنگین‌ترشدن میوه‌های باقی‌مانده جبران می‌شود (۹).

تاثیر مثبت محلول‌پاشی نخل‌ها با کلرور کلسیم وسولفات پتاسیم و تغذیه آن‌ها با عناصر ماکرو و میکرو خصوصاً عنصر پتاسیم بر روی عارضه خشکیدگی خوشه خرما به اثبات رسیده است (۵). افزایش جذب پتاسیم و کلسیم با محلول‌پاشی برگی موجب خنثی‌سازی اثرات سمی سدیم در بافت‌های گیاهی می‌شود برای مثال یکی از اثرات مهم آن کاهش تخریب غشاهای سلولی است. این عناصر با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، توانایی گیاه را در خنثی‌سازی ترکیبات مخرب اکسیدکننده‌های سلولی را افزایش داده در نتیجه منجر به بهبود رشد، افزایش محتوای کلروفیل و احیای ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تحت تنش گرمایی و شوری می‌شود (۱۶).

علاوه بر موارد فوق، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز باعث خسارت به نخلستان‌ها می‌شود. این عوامل با تضعیف کردن گیاه موجب تشدید تنش‌ها گردیده و

خسارت تنش‌ها و عارضه را دو چندان می‌کنند. برای مثال آفاتی نظیر موش و نماتدهای انگل گیاهی با تضعیف ریشه‌ها مانع از جذب آب و املاح می‌گردند. سوسک شاخ دار با تغذیه از دم خوشه‌ها مانع از رسیدن آب و املاح به میوه‌ها می‌شود.کنه گردآلود موجب صدمه زدن به میوه ها گردیده بطوری‌که میزان تبخیر و تعرق آن‌ها افزایش میابد. علف‌های هرز نیز ضمن رقابت با نخل در جذب آب و املاح از خاک، ترشح ترکیبات مضر در خاک و بعضی از آنها نظیر مَرغ مانند یک پوشش عایق عمل کرده و مانع از نفوذ آب به داخل خاک می‌شوند (۹).

توصیه ترویجی

به‌طورکلی رعایت اصول صحیح عملیات به‌باغی در نخلستان باعث کاهش قابل توجه خسارت عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما در رقم مضافتی در مناطق گرم و خشک مانند ریگان و فهرج شده است. بنابراین به منظور کاهش خسارت عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما که عمدتاً ناشی از شور شدن اراضی است و همچنین افزایش کیفیت خرمای رقم مضافتی بر پایه یافته‌های پژوهشی، اجرای یک مدیریت به‌باغی صحیح و یکپارچه ضروری است. مهم‌ترین توصیه‌های ترویجی جهت اجرای مدیریت به‌باغی موثر عبارتند از:

۱. آبیاری منظم و کافی با دور آبیاری کوتاه‌تر (۷–۶ روز یکبار) نسبت به عرف منطقه (۱۰–۱۲ روز) به ویژه در تیر و مرداد ماه برای کاهش تنش خشکی، گرما و بهبود آبشویی و در نتیجه کاهش اثرات منفی شوری

۲. تغذیه متعادل و مبتنی بر آزمون خاک با استفاده از کودهای پرمصرف (مانند پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) به روش چالکود که سبب تحمل بیشتر گیاه نسبت به تنش‌های شوری، خشکی و گرما می‌شود.

۳. پوشش‌دهی خوشه‌ها با سبد حصیری و پوشش دم‌خوشه با لیف نخل در مرحله کیمری تا خارک، برای تعدیل دما، کاهش سرعت تعرق و افزایش رطوبت اطراف خوشه.

۴. میانه‌کاری با گیاهانی مانند یونجه برای کاهش دمای نخلستان، افزایش رطوبت نسبی، ایجاد مالچ طبیعی، بهبود آبشویی و همچنین کنترل و کاهش اثرات ناشی شوری آب و خاک.

۵. تنک خوشه‌ها (حذف یک‌سوم نوک گل‌آذین) در زمان گرده‌افشانی و تنظیم نسبت برگ به خوشه (۸ برگ به ازای هر خوشه) برای کاهش بار روی درخت و کاهش مسیر حرکت املاح درطول خوشه.

۶. مدیریت تلفیقی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز برای جلوگیری از تضعیف درخت.

۷. هرس و تکریب به‌موقع برای بهبود تهویه، تابش نور و کنترل توسعه آفات و بیماری‌ها.

اجرای همزمان این اقدامات می‌تواند خسارت عارضه را در شرایط مشابه تا حد زیادی کاهش دهد.

منابع مورد استفاده

۱. پناهی کردلاغری، م. (۱۳۷۸). نگاهی به علل خشکیدگی خوشه خرما. پژوهشکده تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، ۱۱ صفحه.

۲. پژمان، ح. (۱۳۸۱). بررسی علل عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما. گزارش نهائی، پژوهشکده تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، شماره فروست ۸۴/۱۰۲۲، مورخ ۱۳۸۴/۳/۹، ۱۲۶ صفحه.

۳. درینی، ع. (۱۳۸۱). بررسی اثر انواع و زمان پوشش‌دهی خوشه در جلوگیری یا کاهش احتمالی خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما . مجموعه مقالات هشتمین همایش تخصصی خرما، ارگ بم. صفحات ۲۸-۲۹.

۴. راه‌خدایی، ا. (۱۳۸۴). بررسی اثر عوامل آب و هوائی بر روی عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما. گزارش نهائی، پژوهشکده تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، شماره فروست ۸۴/۱۰۲۳، مورخ ۱۳۸۴/۳/۴، ۳۷ صفحه.

۵. روستا، م. (۱۳۸۲). تاثیر محلول‌پاشی با سولفات پتاسیم و کلرورکلسیم بر عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما رقم مضافتی. مجله علوم خاک و آب. ۱۷ (۲):۱۳۰-۱۲۳.

۶. روشن، و.، راه‌خدایی، ا. و پژمان،ح. (۱۳۸۱). بررسی اثرعوامل به‌زراعی برروی عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرمای رقم مضافتی. طرح پایلوت، پژوهشکده تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری. ۲۴صفحه.

۷. سرحدی، ج. (۱۳۸۱). اثرات بافت و شوری خاک بر عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما. مجموعه مقالات هشتمین همایش تخصصی خرما، ارگ بم. صفحات ۱۰۰-۹۹.

۸. سرحدی، ج. (۱۳۸۲). نقش مدیریت مصرف آب بر عارضه خشکیدگی خرما. مجموعه مقالات نهمین همایش تخصصی خرما، ارگ بم. صفحات ۴۴-۴۳.

۹. کریمی پور فرد، ه. (۱۳۸۰). گزارش عملکرد و نتایج چند طرح تحقیقاتی پروژه عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما. پژوهشکده تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری، ۲۴صفحه.

10. Damankeshan, B .and Panahi, B. (2013). Evaluation of the effects of bunch thinning methods on drying blossom of date palm disorder in two stages of pollination and kimri. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 4 (6): 1414-1416.
11. Dialami, H. (2017). Qualitative, Quantitative and Economical Land Suitability Evaluation for Kabkab Date Palm Cultivation in Khuzestan, Fars and Bushehr Provinces, Using Multi Criteria Evaluation and FAO Methods. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
12. Li, J. Y., Wang, Q. J., Zhang, H. B., Sun, G. Y., Zhou, C. W., Chen, A. H., & Ao, L. (2025). THE VARIETY-SPECIFIC IMPROVEMENT EFFECTS OF ALFALFA ON SOIL PROPERTIES AND MICROBIAL COMMUNITIES IN SALINE-ALKALI SOILS. Applied Ecology & Environmental Research, 23(4).
13. Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. Agricultural Water Management, 227, 105832.
14. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist. vol. 167, no. 3, pp. 645–663.
15. Secomandi, E., De Gregorio, M. A., Castro Cegrí, A., & Lucini, L. (2025). Biochemical, photosynthetic and metabolomics insights of single and combined effects of salinity, heat, cold and drought in Arabidopsis. Physiologia Plantarum, 177(1), e70062.
16. Zrig, A., AbdElgawad, H., Tounekkti, T., Mohamed, H. B., Hamouda, F., & Khemira, H. (2021). Potassium and calcium improve salt tolerance of Thymus vulgaris by activating the antioxidant systems. Scientia Horticulturae, 277, 109812.

مجله ترویجی شورورزی
دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱٤۰٤

اصلاح خاک‌های شور و سدیمی باغات پسته منطقه مرتاضیه استان یزد

حسین بیرامی[1*]، علی مومن‌پور[2]، مراد مرتاض[3]، حسین پرویزی[2]، امیر پرنیان[2]، مهدی شیران تفتی[4]، حدیث حاتمی[2]

۱. دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۲. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم گیاهی، دانشگاه کالیفورنیا- دیویس.

٤. محقق مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*. نویسنده مسئول: حسین بیرامی، پست الکترونیک: beyrami.h@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۱۰/۱٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۱۲/۲۷

چکیده

درختان پسته در میان محصولات آجیل درختی به دلیل تحمل و رشد در شرایط شوری متمایز هستند، اما محدودیت‌های خود را دارند و اگر اقداماتی برای کاهش تنش ناشی از تجمع نمک انجام نشود، ممکن است در نهایت تولید تحت تأثیر قرار گیرد. مهم‌ترین گام جهت جلوگیری از اثرات سوء شوری خاک، کاهش نمک‌ها تا رسیدن به حد قابل تحمل، از طریق آبشویی و ممانعت از ماندابی شدن می‌باشد. بهسازی خاک‌های شور-سدیمی به کیفیت و مقدار آب کاربردی، نوع بهساز و وضعیت زهکشی خاک بستگی دارد. این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثربخشی تعدادی مواد اصلاح‌کننده در یک باغ پسته در منطقه مرتاضیه استان یزد انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل آب آبیاری فاقد مواد اصلاح‌گر، گچ پودری، اسید سولفوریک، گچ مایع بود. پس از تعیین مقدار مورد نیاز از مواد اصلاح‌کننده، آبشویی با استفاده از آب آبیاری بدون مواد اصلاح کننده (تیمار شاهد) و آب آبیاری حاوی مواد اصلاح‌کننده انجام گردید. نتایج نشان داد که اعمال اصلاح‌کننده‌ها نیز موجب کاهش قابل توجه نسبت جذب سدیم خاک گردید، به‌طوری‌که تیمار گچ پودری، گچ مایع و اسید سولفوریک به ترتیب موجب کاهش ٤۷، ٤۸ و ٦۲ درصدی SAR در شیوه آبشویی غرقاب و کاهش ٤٦، ٤٦ و ٤۸ درصدی SAR در شیوه آبشویی آبپاش (آبفشان) گردید. همچنین استفاده از شیوه آبشویی دو مرحله‌ای موجب کاهش هدایت الکتریکی خاک گردیدف در صورتیکه استفاده از شیوه آبشویی تک مرحله‌ای همراه با مواد اصلاح‌گر می‌توانست موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک به دلیل افزایش املاح محلول در خاک گردد. همچنین نتایج بیانگر آن است که آبشویی آبفشان نیز می‌تواند به اندازه آبشویی غرقاب در انتقال املاح به خارج از پروفیل خاک اثربخش باشد. همچنین نتایج نشان داد که با آبشویی و اصلاح صحیح می‌توان افزایش قابل توجهی در میزان عملکرد تولیدی سال بعد و خصوصیاتی مثل طول و قطر جوانه سال جاری داشت.

واژگان کلیدی: آبشویی، اسید سولفوریک، پسته، گچ.

بیان مسئله

شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک کشور، تشکیل و توسعه روزافزون خاک‌های شور و سدیمی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را افزایش داده است. علت گرایش خاک‌ها به سمت شور و سدیمی شدن براثر دودسته از عوامل طبیعی و غیرطبیعی است که هر دو عامل می‌توانند تحت تأثیر مستقیم عوامل مکانی و زمانی دامنه‌ی تغییرات گسترده‌ای را داشته باشند (٤). شوری یکی از عوامل بسیار مخرب زیست‌محیطی است که بر میزان بهره‌وری محصولات کشاورزی اثر محدودکننده دارد. در ایران تقریباً نیمی از کل اراضی قابل‌کشت متأثر از درصدهای مختلف شوری بوده که تأثیر عمده‌ای بر میزان عملکرد در واحد سطح گذاشته است. این مسئله سالانه منجر به کاهش بیش از ۱ میلیارد دلار درآمد اقتصادی شده است (٦). پسته یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است که مسائل مربوط به شوری آب‌وخاک شدیداً بر تولید این محصول اثر منفی داشته است. افزایش عملکرد محصول در خاک‌های شور با کاربرد روش‌های مناسب آبشویی و اصلاح خاک امکان‌پذیر می‌باشد (٥). در بسیاری از پژوهش‌ها به کاربرد اعماق متفاوت از آب جهت آبشویی نمک‌ها محلول از خاک اشاره شده است که این میزان آب متناسب با درجه شوری خاک، خصوصیات و عمقی از خاک که نیاز به اصلاح دارد، تعیین می‌گردد. از سوی دیگر در برخی خاک‌ها آبشویی بدون کاربرد مواد اصلاح‌کننده منجر به سدیمی شدن خاک و متعاقباً تخریب ساختار خاک می‌گردد. برای اصلاح این خاک‌ها باید هم‌زمان کلسیم جایگزین سدیم تبادلی شده و سدیم جایگزین شده با آبشویی از ناحیه ریشه و نیم‌رخ خاک خارج شود. در اغلب نقاط جهان گچ و اسیدسولفوریک به‌عنوان دو ماده اصلاح‌کننده رایج برای اصلاح خاک می‌باشند. گچ دارای حلالیت متوسط بوده و به دلیل قیمت کم و قابل‌دسترس بودن، به‌طور گسترده استفاده می‌شود (٢). استفاده از مواد اصلاح‌کننده اسیدی مانند اسیدسولفوریک نیز می‌تواند برای تسریع حلالیت آهک و اصلاح خاک‌های آهکی مؤثر باشد. در این خاک‌ها کربنات کلسیم به‌آرامی حل‌شده و کلسیم را برای فرایند اصلاح این خاک‌ها عرضه می‌کند (٣). بنابراین، ازآنجایی‌که بیشتر منابع آب در دسترس برای آبیاری در منطقه، شور و دارای کیفیت نامناسب هستند (١)، این احتمال وجود دارد که در آینده مشکلات شور و سدیمی شدن باغات پسته منطقه افزایش یابد. همچنین با توجه به بررسی‌های پیشین میزان شوری و نسبت جذب سدیم بالای موجود در خاک‌های منطقه مانع تولید پایدار و از بین رفتن امنیت غذایی و همچنین از بین رفتن منابع پایه خاک در منطقه خواهد شد. این در حالی است که تاکنون مطالعات چندانی در خصوص نحوه اصلاح و آبشویی خاک‌ها در منطقه و بخصوص اثر مواد بهساز متفاوت صورت نگرفته است. ازاین‌رو، در این پژوهش اثر تیمارهای مختلف مواد اصلاح‌کننده جهت اصلاح خاک باغات پسته منطقه مرتاضیه استان یزد مورد بررسی قرار گرفت.

معرفی دستاورد

پژوهش حاضر در باغات پسته منطقه مرتاضیه استان یزد (با مختصات جغرافیایی "٩٨ /١٣'١٥ °٣١ شمالی و "٢٢٣/٦٨ '٤٣ °٥٣ شرقی) انجام گرفت. هدایت الکتریکی (EC) آب آبیاری در این باغ حدود ١٦ دسی زیمنس بر متر بود. ابتدا ارزیابی ویژگی‌های خاک از جمله میزان هدایت الکتریکی (EC) و میزان نسبت جذب سدیم (SAR) و سایر املاح با نمونه‌برداری انجام گرفت (شکل ١). از نظر کلاس‌بندی شور و سدیمی بودن، خاک این باغ در لایه اول (صفر تا ٣٠ سانتی‌متری) شوری بسیار زیاد و سدیمی شدید بود و در لایه‌های دوم تا چهارم (٣٠ تا ١٢٠ سانتی‌متری) دارای کلاس شوری متوسط و سدیمی بود. برای یکنواختی توزیع آب در سطح مورد نظر، پیش از اصلاح اقدام به تسطیح اراضی ردیف درختان در مکان‌های مورد نیاز، گردید. همچنین دبی

ورودی به ردیف‌ها در شیوه غرقاب با استفاده از فلوم W.S.C. و در سیستم آبفشان از طریق اندازه حجم خروجی آبفشان‌ها انجام شد.

شکل ۱: نمونه‌برداری از اعماق مختلف باغ پسته

با استفاده از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در خاک پیش از شروع آزمایشات اصلاح، نیاز گچی با استفاده از معادله زیر تعیین و مقدار مواد اصلاحگر مورد نیاز مشخص گردید.

$$GR = \frac{\rho_b \times a \times d \times (ESP_i - ESP_f) \times CEC \times 8.61}{b}$$

در این رابطه، GR: نیاز گچی (کیلوگرم در هکتار)، ESP_i: درصد سدیم تبادلی اولیه خاک، ESP_f: درصد سدیم تبادلی مورد نظر بعد از اصلاح، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک) a: سطح (هکتار)، d: عمق خاک مورد نظر برای اصلاح (متر)، ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، b: درصد خلوص گچ مورد استفاده می‌باشند. مقدار سایر مواد اصلاحی بر اساس مقدار معادل با گچ که در منابع آورده شده است، استفاده گردید. در این پژوهش بر اساس محاسبات، مقدار نیاز گچی ۲۲٫۵ تن در هکتار گچ خالص محاسبه گردید که با توجه به خلوص گچ پودری (۹۰ درصد) در دسترس، مقدار گچ اعمال شده برابر ۲۵ تن در هکتار بود. همچنین با توجه آزمایشات پیشین، مقدار گچ مایع به نسبت ۱ به ۲۵ از گچ پودری استفاده گردید. مقدار اسید نیز بر اساس مقدار هم‌ارز گچ و با توجه به صرفه اقتصادی براساس آزمایشات پیشین به مقدار ۳ تن در هکتار اعمال گردید.

پس از تعیین مقدار مورد نیاز از مواد اصلاح‌کننده، آبشویی با استفاده از آب آبیاری بدون مواد اصلاح کننده (تیمار شاهد) و آب آبیاری حاوی مواد اصلاح‌کننده با شیوه غرقاب و آبپاش انجام گردید. گچ پودری در هر دو شیوه غرقاب و آبپاش به مقدار معین به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه پخش شده و برای تیمارهای دیگر (اسیدسولفوریک، گچ مایع)، انحلال مواد اصلاحی با آب آبیاری در شیوه غرقاب با استفاده از بشکه دارای شیر در جوی آب حدود ۵ متر مانده به ورودی ردیف انجام گردید. در شیوه آب‌پاش اسید با استفاده از پمپ مخصوص بعد از سیستم اختلاط کود باغ در لوله اصلی انتقالی تزریق گردید (شکل ۲). گچ مایع در روش آبپاش با استفاده از سیستم مشابه کودآبیاری به آب‌پاش‌ها انتقال یافتند.

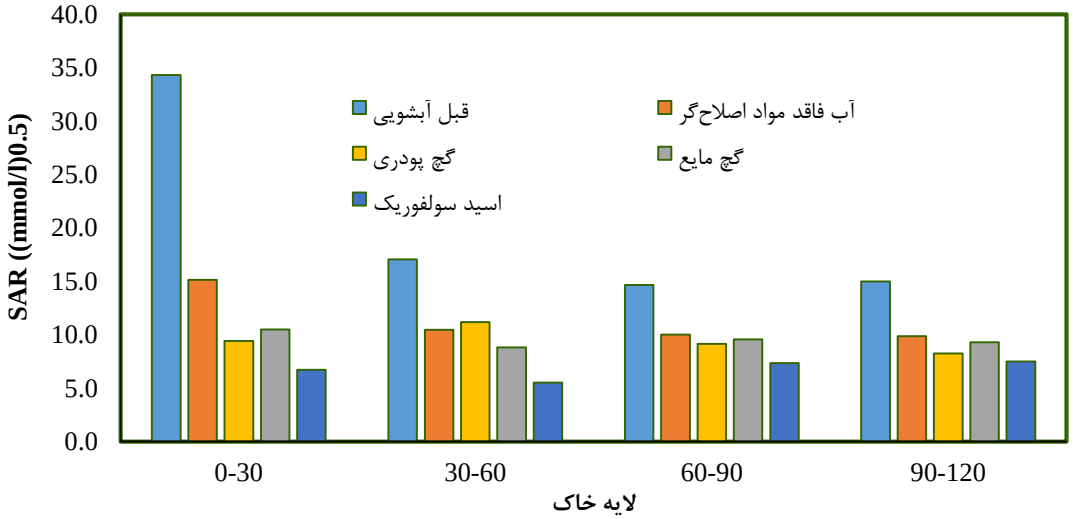
شکل ۲: پخش گچ پودری در سطح خاک در ردیف درختان (۱)، اعمال اصلاحگر اسید سولفوریک در آبشویی غرقابی (۲) و اعمال اصلاحگر اسید سولفوریک در آبشویی آبفشان (۳)

در این پژوهش عملیات آبشویی و اصلاح خاک در فصول پاییز و زمستان انجام یافت، زیرا بهترین زمان برای آبشویی درختان پسته در فصل پاییز و زمستان می‌باشد که درختان در حالت خواب هستند و همچنین به علت عدم نیاز درختان به آبیاری، حجم آب مناسب جهت آبشویی در اختیار است. برای تعیین مقدار عمق آب مورد نیاز جهت آبشویی نیز گنجایش رطوبتی خاک تا عمق مورد نظر مورد محاسبه قرار گرفت. تجربیات نشان داده که درصورت فراهم بودن حجم آب کافی، آبشویی در چند مرحله مؤثرتر از یک مرحله خواهد بود، بنابراین در این پژوهش عملیات آبشویی و اصلاح خاک در دو مرحله صورت گرفت. بدین صورت که آبشویی اول همراه با مواد اصلاح‌گر و آبشویی دوم تنها با اعمال آب آبشویی بدون استفاده از مواد اصلاح‌گر صورت گرفت. دلیل مهم دیگر استفاده از دوبار آبشویی بر اساس تجربیات قبلی بود، زیرا استفاده از مواد اصلاح‌گر در شرایطی که یک‌بار آبشویی صورت می‌گرفت، درعین‌حال که اعمال مواد اصلاح‌گر موجب کاهش نسبت جذب سدیم خاک می‌شد، تا حدی موجب افزایش مقدار هدایت الکتریکی خاک می‌گردد، زیرا این مواد اصلاح‌گر خود موجب

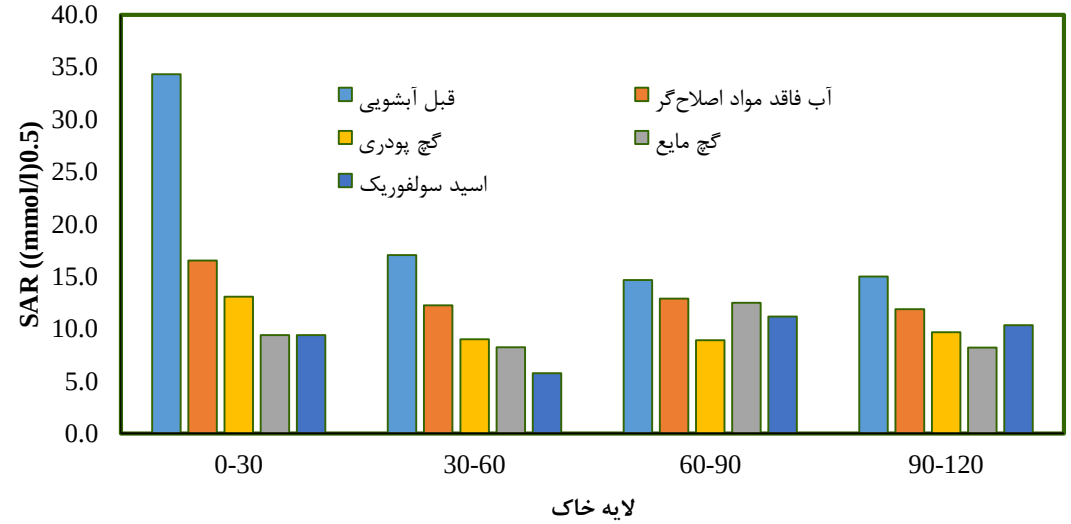
افزایش املاح خاک می‌گردند. بنابراین انجام دو بار آبشویی در ممانعت از این رخداد می‌تواند بسیار مفید باشد. همچنین در انتهای فصل رشد نیز سرعت نفوذ آب به خاک در تیمارهای مختلف با استفاده از روش حلقه‌های مضاعف اندازه‌گیری شد.

تغییرات برخی ویژگی‌های خاک پس از اصلاح

منحنی تغییرات نسبت جذب سدیم در تیمارهای مختلف قبل و پس از اصلاح در دو شیوه آبشویی غرقابی و آبفشان در شکل‌های ۳ و ٤ آورده شده است. نتایج نشان‌دهنده این بود که، استفاده از مواد اصلاحگر نسبت به تیمار شاهد (فاقد مواد اصلاح‌گر)، موجب کاهش مقدار قابل‌توجه نسبت جذب سدیم (SAR) خاک گردید. به‌طوری‌که در آزمایش صورت گرفته مقدار نسبت جذب سدیم از مقادیر میانگین $(mmol/l)^{0.5}$ ۳۵ در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به مقدار ۱۵، ۱۰، ۱۰ و $(mmol/l)^{0.5}$ ۷ به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسید سولفوریک در شیوه غرقاب و به نسبت جذب سدیم برابر ۱٦/۵، ۱۳، ۱۱/۵ و $(mmol/l)^{0.5}$ ۱۲/۵ به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسید سولفوریک در شیوه آبفشان (آبپاش) رسید.



شکل ۳: تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در عمق‌های مختلف در تیمارهای متفاوت قبل و بعد از آبشویی در شیوه غرقابی



شکل ٤: تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در عمق‌های مختلف در تیمارهای متفاوت قبل و بعد از آبشویی در شیوه آبفشان

تغییرات هدایت الکتریکی (EC) خاک قبل و پس از اصلاح و آبشویی در شکل‌های ۵ و ٦ به ترتیب برای شیوه آبشویی غرقاب و آبپاش آورده شده است. با توجه به اینکه در این پژوهش با توجه به تجربیات قبلی شیوه آبشویی به صورتی در نظر گرفته‌شده بود که در دو مرحله آبشویی اعمال گردد (مرحله اول همراه با مواد اصلاح‌گر و مرحله دوم بدون مواد اصلاح‌گر)، بنابراین میزان هدایت الکتریکی در خاک پس از آبشویی در غالب تیمارها در تمامی لایه‌ها نیز کاهش‌یافته است. درصورتی‌که تنها یک‌بار آبشویی انجام می‌یافت به دلیل اینکه موارد اصلاح‌گر خود موجب افزایش املاح خاک می‌گردند، انتظار بر این بود که برعکس نسبت جذب سدیم مقدار هدایت الکتریکی خاک تا حدی افزایش یابد، بنابراین انجام دو مرحله آبشویی از افزایش هدایت الکتریکی خاک نیز ممانعت نمود و تنها در تیمار گچ پودری افزایش EC در لایه‌های زیرین نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد، که به دلیل حلالیت پایین گچ پودری می‌باشد.

شکل ۵: تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در عمق‌های مختلف در تیمارهای متفاوت قبل و بعد از آبشویی در شیوه غرقابی

شکل ٦: تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در عمق‌های مختلف در تیمارهای متفاوت قبل و بعد از آبشویی در شیوه آبپاش

این افزایش در تیمار آبپاش نسبت به تیمار غرقاب در لایه‌های سطحی‌تر اتفاق افتاد که دلیل آن می‌تواند انتقال کمتر ذرات گچ به لایه‌های پایین‌تر در روش آبپاش به دلیل شدت جریان کمتر آب اعمال شده باشد. در مجموع نتایج نشان‌دهنده این بود که، مقدار هدایت الکتریکی از مقادیر میانگین ٤٠/١٤ دسی زیمنس بر متر در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به مقدار ۲۲/٦، ۹/۸، ۹/۸ و ۸/۷ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسیدسولفوریک در شیوه غرقاب و به نسبت جذب سدیم برابر ١٦/٢، ۲۲/۳، ۱۰/۷ و ۱۰/۳ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در تیمارهای شاهد، گچ پودری، گچ مایع و اسیدسولفوریک در شیوه آبفشان (آبپاش) رسید. همچنین با توجه به اینکه مقدار آب آبشویی همراه با اصلاح خاک نیز به‌درستی از طریق گنجایش رطوبتی خاک بعلاوه مقدار مورد نیاز برای آبشویی تعیین شده بود (مجموع ٤۰۰۰ مترمکعب در هکتار در دو بار آبشویی)، تجمع این املاح در لایه‌های بعدی (۳۰ تا ٦۰، ٦۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری) نیز مشاهده نشد، به عبارتی املاح انتقال یافته از پروفیل خاک خارج شده بودند.

نتایج اثر اصلاح‌کننده‌های مختلف بر سرعت نفوذ آب در خاک، هشت ماه بعد از اعمال تیمارها نشان داد که طبق کلاس‌بندی نفوذ آب در خاک، قابلیت نفوذ خاک غالباً در دامنه متوسط سریع است. کمترین مقدار سرعت نفوذ پایه مربوط به تیمار آبشویی با آب آبیاری بدون مواد اصلاحگر بود (حدود ۰/۱ سانتی‌متر بر دقیقه). براساس نتایج سرعت نفوذ نهایی در خاک تیمار شده با اصلاحگر اسید سولفوریک (حدود ۰/۳۵ سانتی‌متر بر دقیقه)، گچ مایع (حدود ۰/۲۳ سانتی‌متر بر دقیقه) و گچ پودری (۰/۱۷ سانتی‌متر بر دقیقه) حدود بیشتر از تیمار شاهد فاقد مواد اصلاح‌گر بود. در سایر تیمارها با توجه به اثر اصلاح‌گری آن‌ها میزان سرعت نفوذ نهایی یا پایه بیشتر از تیمار فاقد مواد اصلاح‌گر بود. هرچه سرعت نفوذ نهایی یا پایه بیشتر باشد نشان‌دهنده هدایت هیدرولیکی بالاتر لایه خاک یا به عبارتی افزایش قابلیت انتقال آب و درنتیجه زهکشی مناسب خاک خواهد بود.

توصیه ترویجی

براساس نتایج تعیین مقدار دقیق نیاز گچی و معادل آن برای مواد اصلاح‌گر دیگر بسیار مهم می‌باشد، تا اثربخشی این مواد در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی بیشتر باشد و همچنین از نظر اقتصادی نیز تلفات منابع نداشته باشیم. همچنین برای انتقال نمک‌ها به خارج از عمق ریشه تعیین حجم یا عمق آب آبشویی بایستی تعیین گردد، تا از تجمع نمک‌ها در لایه‌های پایین‌تر عمق توسعه ریشه ممانعت گردد. نکته مهم اینکه استفاده از مواد اصلاح‌گر می‌تواند باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک گردد، مگر اینکه با شیوه‌هایی مانند دوبار آبشویی املاح اضافه شده به لایه‌های خارج از ناحیه توسعه ریشه انتقال یابند. همچنین در تعیین نوع ماده اصلاح‌کننده نیز علاوه بر کارایی و اثربخشی آن، برخی مسائل از جمله در دسترس بودن، خطرات زیست‌محیطی و سلامتی، کاربرد و فراهمی تجهیزات و شیوه اعمال مواد اصلاح‌گر نیز بسیار اهمیت دارد. با توجه به نتایج این پژوهش گچ مایع (سوسپانسیون گچ با اندازه ذرات میکرو) به علت مقدار کم مورد نیاز و همچنین نداشتن خطرات زیست محیطی جهت اصلاح خاک‌های شور و سدیمی در شرایط مشابه توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. بیرامی، ح.، پرویزی، ح.، هاشمی‌نژاد، ی.، مرتاض، م.، شیران تفتی، م.، مومن پور، ع. و زکی‌زاده، ع.ا. (١٤٠٣). اثر مواد

بهساز متفاوت خاک بر آبشویی نمک‌ها در باغات پسته (مطالعه موردی: مرتاضیه – استان یزد). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران، ٦٨ صفحه.

2. Gharaibeh, M. A., N. I. Eltaif and O. F. Shunnar. (2009). Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate SAR water using gypsum and calcium chloride. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(5): 713-719.
3. Oster, J. D. and I. Shainberg. (1979). Exchangeable cation hydrolysis and soil weathering as affected by exchangeable sodium. Soil Science Society of America Journal 43: 70-75.
4. Pazira E., and Homaee M. (2010). Salt leaching efficiency of subsurface drainage systems at presence of diffusing saline water table boundary: a case study in Khuzestan plains, Iran. Proceedings of the 8th World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Quebec City, Canada, pp. 1-15.
5. Prapagar, K., S. P. Indraratne and P. Premanandharajah. (2012). Effect of soil amendments on reclamation of saline-sodic soil. Tropical Agricultural Research 23 (2): 168-176.
6. Qadir, M., A. S. Qureshi and S. A. M. Cheraghi. (2008). Extent and characterization of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. Land degradation development, 19: 214–227.

مجله ترویجی شورورزی

دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۴

راهکارهای مدیریت زراعی در شرایط شور برای افزایش عملکرد در مزارع گندم استان یزد (مطالعه موردی: مزارع شهرستان ابرکوه)

امین آناقلی*[۱]

۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*. نویسنده مسئول: امین آناقلی، پست الکترونیک: anagholi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۷

چکیده

برای از بین بردن خلأ عملکرد در مزارع کوچک و بزرگ نیازمند راه حل‌های عملی و واقع‌بینانه است. در ابتدا، این امر مستلزم برآورد عملکردهای واقعی، قابل دستیابی و بالقوه (پتانسیل) در مقیاس‌های مختلف مثل مزرعه یا منطقه می‌باشد. در ادامه با مقایسه مزارع مختلف، به شناسایی علل کاهش عملکرد پرداخته شده و سپس راهکارهای مدیریتی یا فناورانه برای این کاهش معرفی می‌گردد. در پایان سیاست‌های لازم برای پذیرش آنها به بهره برداران پیاده سازی می‌شود. هدف از اجرای این آزمایش یافتن عوامل محدود کننده عملکرد گندم و کاهش خلأ عملکرد موجود بین پتانسیل عملکرد و عملکرد واقعی کشاورزان در مزارع گندم شهرستان ابرکوه واقع در استان یزد می‌باشد. ابتدا تعداد ۱۱ مزرعه گندم در نقاط مختلف شهرستان که با شوری‌های مختلف آب آبیاری می‌شدند انتخاب و از تمامی مزارع انتخابی قبل از کاشت نمونه خاک تهیه شد و تمامی عملیات کشاورزی انجام شده توسط کشاورزان یادداشت‌برداری و یا اندازه‌گیری شد. متوسط شوری آب و خاک در مزارع مورد بررسی به ترتیب ۵ و ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. برای تعیین عملکرد از نقاط مختلف مزرعه توسط کادرهای یک متر مربعی نمونه‌گیری شد و عملکرد استحصالی کشاورز با کمباین نیز یادداشت گردید. در این بررسی، بالاترین عملکردها در شرایط: دوبار شخم (تابستانه و پائیزه)، تناوب یونجه-گندم، ماده آلی خاک بالا، تقسیط کود نیتروژن حداقل در دو نوبت، ۸ بار آبیاری با توزیع مناسب در طول فصل رشد، تاریخ کاشت اوایل تا اواسط آبان و مدیریت علف‌های هرز بدست آمد. متوسط عملکرد مشاهده شده در مزارع ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار که با برآورد مدل (۵۰۳۱ کیلوگرم در هکتار) تفاوت چندانی نداشت. در این بررسی متوسط خلأ عملکرد ۴۸ درصد برآورد گردید که معادل ۴۶۵۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که با رعایت صحیح اصول صحیح زراعی می‌توان به عملکرد قابل حصول ۷۷۵۲ کیلوگرم در هکتار معادل ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل دست یافت.

واژگان کلیدی: پتانسیل عملکرد، خلأ عملکرد، رعایت اصول زراعی، عملکرد قابل حصول، عملکرد واقعی.

بیان مسئله

در اکثر مواقع عملکردهای واقعی بدست آمده توسط کشاورزان کمتر از عملکرد پتانسیل منطقه می‌باشد که به دلیل ضعف‌های مدیریتی، عوامل اقلیمی، عوامل خاکی و یا سایر عوامل می‌باشد. خلأ عملکرد به فاصله یا اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکردی که می‌توانستند با مدیریت مطلوب برداشت کنند، یعنی پتانسیل عملکرد، گفته می‌شود (۵ و ۸). پتانسیل عملکرد عبارت است از حداکثر عملکرد که با مدیریت کاملاً مطلوب در شرایط زراعت آبی قابل برداشت است (۸). باید توجه داشت که در بیشتر سیستم‌های کشت گیاهان زراعی اصلی، رسیدن به پتانسیل عملکرد به لحاظ فنی و اقتصادی توجیه پذیر نیست (۱ و۲). بنابراین رسیدن به ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد مد نظر قرار می‌گیرد که به آن عملکرد قابل حصول گفته می‌شود. به اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی کشاورزان در یک منطقه خاص، خلأ عملکرد قابل بهره برداری یا خلأ عملکرد قابل مدیریت گفته می‌شود (۴ و ۶).

سلطانی و همکاران (۷) معتقدند که حداکثر خودکفائی در ایران تا سال ۲۰۳۰ بوسیله ترکیبی از افزایش تولید و کنترل تقاضا قابل حصول است. در این تحقیق برای گندم آبی عملکرد هدف ۶/۸ تن در هکتار به عنوان عملکرد قابل حصول برآورد شده است. برای رسیدن به این هدف تا سال ۲۰۳۰ لازم است تا هر ساله ۷/۳ درصد افزایش عملکرد داشته باشیم که می‌توان از طریق کاهش خلأ عملکرد، کاهش ضایعات و افزایش کارآئی مصرف آب تا حدود زیادی به این هدف نائل شد. یکی از راهکارهای عملیاتی برای رسیدن به این هدف، شناسایی عوامل محدود کننده و رفع آنها می‌باشد. برای شناسائی این عوامل و درجه تاثیرگذاری آنها بر میزان تولید لازم است تا اندازه‌گیری‌های خاصی از خاک و گیاه انجام گردد و در کنار آن عوامل اقلیمی و مدیریتی نیز ثبت گردند.

در یک مطالعه کلی برای گیاهان زراعی مهم کشور گزارش شده که دامنه تغییرات عملکرد واقعی گندم آبی در مناطق اقلیمی اصلی در کشور بین ۱۷۲۸ تا ۴۳۱۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۳). این عملکردهای واقعی در حالی به دست آمده‌اند که پتانسیل عملکرد گندم آبی در کشور در مناطق اقلیمی اصلی تولید آن بین۶۴۲۷ تا ۱۱۸۹۸ کیلوگرم در هکتار و متوسط آن ۸۸۱۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. در این مطالعه، خلأ عملکرد قابل مدیریت در کشور برای گندم آبی ۲۳۶۳ تا ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

بطورکلی به غیر از عوامل اقلیمی که در بهبود آن معمولاً تاثیرگذاری کمی وجود دارد، عوامل خاکی و مدیریت نامناسب را تا حدود زیادی می‌توان مدیریت کرد. مدیریت نامناسب شامل محدوده بسیار وسیعی از عوامل، از سالها پیش از کاشت (سال زراعی) تا زمان برداشت هستند که برآیند آنها می‌تواند عملکرد کشت را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین در این تحقیق ضمن تعیین عوامل کاهنده عملکرد، به بررسی ریز مدیریت زارعین خواهیم پرداخت.

معرفی دستاورد

این تحقیق در مزارع کشاورزی شهرستان ابرکوه از توابع استان یزد در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد که در فلات مرکزی ایران با وسعت ۵۳۴۷ کیلومتر مربع قرار دارد. از مشخصات این منطقه کمیِ بارندگی (۶۱ میلی‌متر در سال مورد بررسی)، دامنه نوسان حرارتی کم و بیش زیاد (کمترین و بیشترین دمای ثبت شده در سال مورد مطالعه به ترتیب ۵/۹- و ۴۲/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای ثبت شده ۱۹ درجه سانتی‌گراد) و تنش خشکی می‌باشد. ابتدا تعداد ۱۱ مزرعه گندم از مناطق مختلف شهرستان ابرکوه انتخاب گردید. در طول فصل رشد به این مزارع سرکشی شد و اندازه‌گیری‌های لازم از شوری خاک، مدیریت زراعی، وضعیت رشدی گیاه، تاریخ کاشت، تاریخ برداشت و عملکرد بدست آمده انجام

گردید مدیریت زراعی کشاورزان از قبیل؛ میزان بذر، تاریخ کاشت، مدیریت کودی، ادوات شخم و روش تهیه بستر، ماشین‌های کاشت، سیستم آبیاری، دفعات آبیاری، شوری آب آبیاری، مدیریت آفات و بیماری، روش کنترل علف هرز، سموم مورد استفاده و میزان و دفعات بکارگیری، تناوب زراعی، ارقام مورد کشت، نوع بذر مصرفی، زمان و نحوه برداشت محصول، ریزش از کمباین و سایر مشکلات نظیر ورس، وضعیت بستر کشت مورد بررسی قرار گرفت. از روش تحلیل مقایسه کارکرد که مبتنی بر روش رگرسیون گام به گام می‌باشد برای میزان تاثیرگذاری این متغیرها استفاده گردید که در آن عملکردهای مشاهده شده در مزارع کشاورزان y هستند و هر یک از اقداماتی که کشاورزان انجام داده‌اند یک x در نظر گرفته می‌شود. این روش کمک می‌کند تا مهمترین متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد دانه از بین تعداد زیادی از آنها شناسایی و سهم هر کدام مشخص شوند (۱). با استفاده از ضرائب بدست آمده از رگرسیون گام به گام عملکرد برای هر مزرعه محاسبه می‌شود. برای این منظور، یک بار متوسط مقادیر x ها و یک بار مقادیر برگزیده x ها در مزارع بررسی شده در معادله قرار داده می‌شود که در حالت اول متوسط عملکرد کشاورزان بررسی شده به دست می‌آید و در حالت دوم عملکرد در شرایطی به دست می‌آید که x ها یا متغیرهای برگزیده، اصلاح شده باشند. تفاضل هر جمله مدل عملکرد برای حالت اول و دوم، خلأ عملکرد ناشی از متغیر مربوطه را نشان میدهد و تفاضل عملکرد حاصله در حالت اول و دوم خلأ عملکرد را مشخص می‌سازد. در نهایت بر اساس نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات انجام شده از نحوه مدیریت مزارع و محاسبات انجام شده، به بررسی و تجزیه و تحلیل اختلاف عملکرد ایجاد شده در هر مزرعه پرداخته شد.

عملکرد پتانسیل و میزان خلاء عملکرد در منطقه مورد مطالعه

بر اساس آمارنامه کشاورزی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ سطح زیر کشت گندم استان یزد ۹۱۰۰ هکتار با تولید ۳۵۰۳۵ تن بود که متوسط عملکرد ۳۸۵۰ کیلوگرم در هکتار را دارد (جدول ۱). در طی این سال زراعی متوسط عملکرد گندم در شهرستان ابرکوه نزدیک ۵ تن در هکتار گزارش گردید که نسبت به سال قبل (۹۸-۱۳۹۷) با متوسط عملکرد ۴/۲ تن در هکتار، حدود ۱۹ درصد افزایش داشته است.

جدول ۱: سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد گندم در استان یزد طی سال‌های مختلف

سال	۹۴-۹۳	۹۵-۹۴	۹۶-۹۵	۹۷-۹۶	۹۸-۹۷	۹۹-۹۸
سطح زیر کشت (هکتار)	۱۳۳۲۵	۱۲۱۵۰	۱۱۲۰۰	۹۷۶۷	۱۰۳۳۷	۹۱۰۰
تولید (تن)	۴۰۲۱۹	۳۹۴۹۴	۴۱۱۱۴	۳۷۶۳۶	۳۴۱۸۱	۳۵۰۳۵
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۳۰۱۸/۳	۳۲۵۰/۵	۳۶۷۰/۹	۳۸۵۳/۴	۳۳۰۶/۷	۳۸۵۰/۰

بر اساس جدول (۱) متوسط عملکرد گندم در استان یزد طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۹ معادل ۳۴۹۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و متوسط عملکرد در شهرستان ابرکوه بین ۳/۸ تا ۵/۰ تن در هکتار گزارش گردید. متوسط عملکرد بدست آمده از مزارع انتخابی گندم در این مطالعه نیز ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار با دامنه ۳۱۶۷ تا ۷۶۲۲ کیلوگرم در هکتار بود. در جدول ۲ میزان خلأ عملکرد، عملکرد واقعی و کاهش عملکرد نسبت به عملکرد پتانسیل و قابل حصول در مزارع مورد بررسی در شهرستان ابرکوه آورده شده است.

جدول ۲: میزان خلأ عملکرد، عملکرد واقعی و کاهش عملکرد نسبت به عملکرد پتانسیل و قابل حصول در مزارع مورد بررسی در شهرستان ابرکوه

متوسط عملکرد دانه مزارع	عملکرد دانه بر اساس مدل	پتانسیل عملکرد	عملکرد قابل حصول	خلاء عملکرد	خلاء عملکرد قابل مدیریت	خلاء عملکرد
(کیلوگرم در هکتار)						(درصد)
۵۰۴۰	۵۰۳۱	۹۶۹۰	۷۷۵۲	۴۶۵۹	۲۷۲۱	۴۸

سهم عوامل مدیریتی در کاهش عملکرد

در بین عوامل انتخاب شده بر اساس رگرسیون گام به گام، سهم دفعات آبیاری در کاهش عملکرد ۲۴ درصد و سهم تناوب زراعی ۱۸ درصد بود که این موضوع بخاطر تناوب یونجه-گندم در چند مزرعه بود که عملکردهای بالاتری تولید کردند. بر اساس نتایج در این پژوهش، مصرف کم مقدار کود نیتروژن باعث کاهش ۱۶ درصدی عملکرد دانه گردید و عدم مصرف کود دامی و مدیریت نامناسب تهیه بستر هر کدام ۱۲ درصد در کاهش عملکرد تأثیرگذار بودند. سهم علف‌های هرز در کاهش عملکرد، ۱۱ درصد و تاریخ کاشت، چهار درصد بود. در مزارع مورد بررسی، اکثریت کشاورزان در تاریخ کاشت اوایل تا اواسط آبان کشت خود را انجام دادند و لذا مزارعی که دیرتر و در اواخر آبان کشت شدند تا حدودی عملکرد کمتری تولید کردند. در نُه مزرعه مورد بررسی در این پژوهش، تقسیط کود نیتروژن و مصرف کود سرک انجام شده بود بنابراین سهم دفعات تقسیط در کاهش عملکرد در این پژوهش تنها دو درصد بدست آمد.

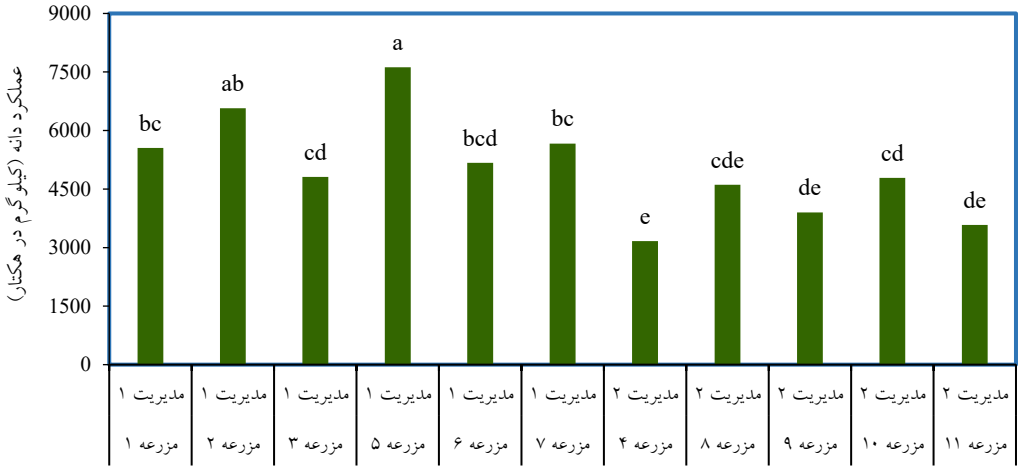
مدیریت مزارع مورد بررسی

در این مطالعه بین مزارع مورد بررسی از لحاظ عملکرد دانه برداشت شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بالاترین عملکرد دانه در مزارع شماره پنج و دو به ترتیب با ۷۶۲۲/۲ و ۶۵۷۲/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و کمترین مقدارنیز در مزرعه ۴ با ۳۱۶۷/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱).

مزارع با عملکرد بالا (مزرعه ۵ و ۲): متوسط عملکرد دانه در این دو مزرعه ۷۰۹۷/۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. یکی از علل موفقیت مزرعه ۵، استفاده از تناوب یونجه-گندم بود که باعث حاصلخیزی خاک شده بود. مدیریت تهیه بستر مناسب مثل شخم تابستانه و پائیزه، دیسک برای خرد کردن کلوخه‌ها، تسطیح مناسب زمین و آبیاری یکنواخت در مزرعه باعث گردید تا تراکم بوته سبز شده در مزرعه خیلی خوب باشد. سرکشی‌های منظم و مبارزه با علف‌های هرز چچم، منداب و خاکشیر بوسیله کنترل دستی و یک مرحله با تاپیک ۱ در هزار نیز باعث شد تا رقابت باعلف‌های هرز به حداقل برسد. کشت در اواسط آبان با رقم سیستان و میزان بذر ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. مدیریت آبیاری با شوری آب ۵ دسی‌زیمنس بر متر نیز به گونه‌ای انجام گردید که شوری خاک در مراحل حساس رشدی زیر آستانه تحمل گیاه بود و فقط در مراحل انتهایی رشد بدلیل افزایش تبخیر و تعرق احتمالاً تا حدودی مشکل شوری وجود داشته که آنهم بخاطر تحمل بیشتر گندم در این مرحله، اهمیت چندانی ندارد. میانگین مواد آلی ۱/۴۸ درصد تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در طول فصل رشد بود. در این مزرعه از کود دامی و ورود دام به مزرعه پس از برداشت به منظور افزایش مواد آلی و حاصلخیزی خاک استفاده گردید. تعداد دفعات آبیاری ۴ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از آن انجام گردید.

در مزرعه شماره دو شوری آب ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود و مدیریت شوری خاک با استفاده از آبیاری غرقابی و

کسر آبشویی زیاد در این مزرعه باعث شد تا خاک مزرعه در طول فصل رشد دارای شوری بسیار بالا نباشد. تناوب استفاده شده آیش-گندم و عملیات تهیه زمین شامل شخم تابستانه، شخم پائیزه، دیسک زدن و تسطیح بود. کشت در اواسط آبان با رقم سیستان و میزان بذر ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. از کود نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در ۵ نوبت استفاده گردید بطوریکه قبل از کشت ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و از زمان پنجه‌زنی به بعد پس از هر دو بار آبیاری یک قسط از کود نیتروژن مصرف گردید. میزان مواد آلی بطور میانگین ۱/۰۴ درصد تا عمق ۶۰ سانتی‌متری بود و استفاده از کود دامی در سال آیش انجام گردید. مدیریت آبیاری یکبار در زمان کشت (خاکاب) و ۳ مرحله دیگر قبل از شروع سال جدید (قبل از عید) بود و در سال جدید (بعد از عید نوروز) نیز ۳ بار با فاصله یک ماه انجام شد.



شکل ۱: عملکرد دانه مزارع گندم مورد بررسی در شهرستان ابرکوه

مزارع با عملکرد متوسط (مزارع ۷، ۱، ۶، ۳، ۱۰، ۸ و ۹): متوسط عملکرد در این مزارع ۴۹۲۸/۵ کیلوگرم در هکتار بود.عملکرد در مزرعه شماره هفت ۵۶۶۶/۱ کیلو گرم در هکتار بدست آمد. شوری آب آبیاری مزرعه ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود و لذا مشکل شوری خاک در این مزرعه وجود نداشت. تعداد دفعات آبیاری ۵ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از آن انجام شد. تناوب زراعی در این مزرعه طی دو سال اخیر گندم گندم بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم تابستانه، شخم پائیزه و دیسک زدن بود. کشت در اواسط آبان انجام شد و رقم مورد استفاده برزگر مادری و به میزان ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. قبل از کاشت به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل مصرف گردید. کود ازته به میزان ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در سه نوبت مصرف شد. میانگین درصد مواد آلی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری ۰/۷۲ درصد بود که نسبت به مزارع ۵ و ۲ کمتر می‌باشد.

عملکرد مزرعه شماره یک ۵۵۵۲/۷ کیلوگرم در هکتار و شوری آب آبیاری ۴ دسی‌زیمنس برمتر بود. تعداد دفعات آبیاری ۵ بار قبل از عید نوروز و ۳ بار پس از آن انجام شد. تناوب زراعی این مزرعه آیش-گندم بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم تابستانه، شخم پاییزه و دیسک بود. کشت در ۱۰ آبان با رقم طلایی با میزان بذر ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد و کود ازته به میزان ۹۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و در ۳ نوبت مصرف شد. میانگین مواد آلی خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری نیز ۱/۱۶ درصد بود که مقدار مناسبی است. با توجه به شرایط خوب این مزرعه، بنظر می‌رسد که این کشاورز مدیریت آبیاری و کودی مناسبی نداشته است.

عملکرد دانه مزرعه شماره شش ۵۱۷۱/۵ کیلوگرم در هکتاربود و شوری آب آبیاری این مزرعه ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر که مشکل تجمع املاح و شوری خاک در این مزرعه وجود نداشت. تعداد دفعات آبیاری نیز ۴ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از آن انجام شد. تناوب استفاده شده در دو سال اخیر آیش-گندم بود. عملیات تهیه زمین در این مزرعه شامل شخم تابستانه، شخم پاییزه، دیسک و تسطیح می‌باشد. کشت توسط بذرپاش و اختلاط بذر با خاک توسط دیسک و سپس مرزبندی انجام گردید. کشت با رقم سیستان مادری و به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در اوایل آبان انجام شد. میزان کود ازته مصرفی، ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در دو نوبت مصرف گردید. میانگین موادآلی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری ۰/۶۸ درصد بدست آمد. این کشاورز پس از برداشت گندم دام وارد مزرعه می‌کند که تا حدودی باعث افزایش مواد آلی خاک شده است. با توجه به میزان فسفر قابل جذب خاک قبل و بعد از برداشت به ترتیب ۴/۵ و ۱۱/۵ قسمت در میلیون تا عمق ۶۰ سانتی‌متری از کود فسفاته به میزان مناسب و به همراه شخم پائیزه استفاده شده است.

میانگین عملکرد دانه در مزرعه شماره سه ۴۸۱۲/۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و شوری آب این مزرعه ۲/۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. تعداد دفعات آبیاری ۵ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از آن انجام شد. تناوب زراعی این مزرعه در دو سال اخیر آیش-گندم بود و عملیات تهیه زمین با استفاده از گاوآهن و هفت بیل و دیسک زدن انجام شد و کشت توسط بذرپاش و اختلاط با دیسک با استفاده از رقم سیستان و بذر مصرفی به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در اوایل آبان انجام شد. کود ازته به میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و در دو نوبت مصرف شد. بر اساس نمونه‌گیری انجام شده از خاک مزرعه میانگین مواد آلی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری ۰/۶۵ درصد بدست آمد.

عملکرد دانه در مزرعه شماره ده بطور میانگین ۴۷۸۶/۹ کیلوگرم در هکتار و در مزرعه شماره نه بطور میانگین ۳۸۹۹/۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. شوری آب آبیاری این دو مزرعه ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود و مشکل تجمع املاح و شوری خاک وجود نداشت. دفعات آبیاری در مزرعه ۹ بصورت ۴ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از عید انجام شد و در مزرعه ۱۰ بصورت ۵ بار قبل از عید و ۴ بار پس از عید بود. تناوب مزرعه آیش-گندم بود و عملیات تهیه زمین در این دو مزرعه شامل شخم پائیزه و پنجه غازی و کشت بذر بصورت دستپاش و سپس با پنجه غازی با خاک مخلوط گردید. کشت در اوایل آبان با بذر نارین (مزرعه ۹) و سیستان (مزرعه ۱۰) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. میزان مواد آلی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری ۱/۲۳ درصد بود. کود مصرفی در این مزارع ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات در زمان کاشت و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در زمان آبیاری دوم و در یک مرحله بود.

عملکرد دانه در مزرعه شماره هشت ۴۶۱۱/۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. شوری آب آبیاری ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر و تعداد دفعات آبیاری ۳ بار قبل از عید و ۴ بار بعد از عید انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم تابستانه، شخم پائیزه و دیسک بود و بذرپاشی بصورت دستی و سپس اختلاط با خاک توسط دیسک انجام شد. بذر مورد استفاده در این مزرعه شامل سیستان و نارین بود که به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد و کشت در اواخر آبان انجام شد که دیر می‌باشد. کود ازته مصرفی به میزان ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در دو نوبت بود.

مزارع با عملکرد پائین: این گروه شامل دو مزرعه ۱۱ و ۴ با متوسط عملکرد ۳۳۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. عملکرد دانه در مزرعه شماره ۱۱، ۳۵۸۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری با آب ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد و خاک مزرعه مشکل شوری نداشت. تعداد دفعات آبیاری ۶ بار قبل از عید نوروز و ۵ بار پس از آن

انجام شد. کشت در اواسط مهر ماه به عنوان قصیل برای علوفه و چرای دام انجام شد و ۱۸ روز پس از کشت به همراه آب دوم ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مصرف شد. کود بعدی نیز به همین میزان و در بهمن ماه به همراه آبیاری مصرف شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم و پنجه غازی و کشت بصورت دستپاش و اختلاط با خاک توسط پنجه غازی انجام شد. رقم مورد استفاده روشن و میزان بذر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.

عملکرد در مزرعه شماره چهار ۳۱۶۷/۴ کیلوگرم در هکتار بود. شوری خاک در زمان کاشت بالا و شوری آب آبیاری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. تعداد دفعات آبیاری ۴ بار قبل از عید نوروز و ۴ بار پس از عید انجام شد. شوری خاک در طول فصل رشد نیز تقریباً بالا بود و رگه‌های شوری در مزرعه و روی پشته‌ها مشاهده می‌شد. تناوب مورد استفاده آیش-گندم و یونجه-گندم بود و عملیات تهیه زمین شامل شخم پائیزه و دو بار دیسک بود. کشت در اواسط آبان توسط بذرپاش به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد و با پنجه غازی با خاک مخلوط گردید. کود نیتروژن در دو قسط به میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مصرف گردید. میزان مود آلی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری بطور متوسط ۰/۴۸ درصد بود. تعداد سنبله کمتر و طول سنبله کوچکتر از مزارع دیگر بود. مشکلات علف هرز در نقاط مختلف مزرعه مشاهده می‌شد و مراقبت‌های زراعی لازم در این مزرعه کمتر از مزارع دیگر بود.

توصیه ترویجی

مجموعه عواملی که باعث افزایش تولید گندم تحت شرایط شور شده می‌تواند از مدت‌ها قبل از کشت مثل تناوب صحیح (شامل آیش و استفاده از بقولات در تناوب)، شخم تابستانه و پاییزه و استفاده از کودهای دامی تا مجموعه عوامل مدیریتی در طول فصل رشد مثل تاریخ کاشت مناسب، دفعات مناسب آبیاری، تقسیط کود نیتروژن و مبارزه با علف‌های هرز باشد. مدیریت مطلوب (مدیریت ۱) شامل دو بار شخم+تقسیط کود+تاریخ کاشت اواسط آبان در کنار آبیاری به تعداد دفعات هشت مرتبه با توزیع مناسب در طول فصل رشد (در مراحل کاشت بذر، پس از سبز شدن، پنجه زنی، قبل از ساقه رفتن، بوتینگ، گلدهی، مرحله شیری و پرشدن دانه) و کنترل به موقع علف‌های هرز باعث شد تا عملکرد به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا کند. در صورتیکه تناوب زراعی مناسب رعایت شود و مواد آلی خاک را با کودهای دامی افزایش دهیم (مدیریت مزرعه شماره پنج)، می‌توان امیدوار بود که به پتانسیل قابل حصول دست یافت.

منابع مورد استفاده

۱. سلطانی، ا. و میرزایی، ع. (۱۴۰۱). تحلیل پتانسیل عملکرد و خلا عملکرد در سیستم‌های تولید گیاهی. انتشارات واژگان سیرنگ. ۴۵ ص.

۲. سلطانی، ا.، نهبندانی، ع .، زینلی، ا.، ترابی، ب، و زند، ا. (۱۳۹۸). تهیه اطلس خلا عملکرد و توان تولید گیاهان زراعی مهم در کشور در شرایط اقلیمی فعلی و آینده. انتشارات سیرنگ. ۲۶۸ ص.

۳. سلطانی، ا.، نه‌بندانی، ع.، زینلی، ا.، ترابی، ب.، و زند، ا. (۱۳۹۷) .اطلس خلأ عملکرد و توان تولید گیاهان زراعی مهم در کشور در شرایط اقلیمی فعلی و آینده .انتشارات واژگان سیرنگ .۲۶۸ص .

4. Connor, D.J., Loomis, R.S., & Cassman, K.G. (2011). Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. 556 p.

5. Hochman, Z., Gobbett, D., Horan, H., & Garcia, J.N. (2016). Data rich yield gap analysis of wheat in Australia. Field Crops Research. 197. 97-106.
6. Lobell, D.B., Cassman, K.G., & Field, Ch.B. (2009). Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environment and Resources. 34. 1-26.
7. Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Vadez, V., van Loon, M.P., & van Ittersum, M.K. (2020). Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. Global Food Security. 24. 100351.
8. Van Ittersum, M., Cassman K.G., Grassini, P., Wolf, J. Tittonell, P., & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance—A Review. Field Crops Research. 143. 4-17.

مجله ترویجی شورورزی

دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱٤۰٤

اثر نوع کود پتاسیمی بر بهبود عملکرد علوفه ارزن پادزهری در شرایط شور

حدیث حاتمی[1*]، حسین پرویزی[1]، محمدجواد بابائی‌زارچ[1]، امیر پرنیان[1]

۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

*. نویسنده مسئول: حدیث حاتمی، پست الکترونیک: h.hatami@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۱۰/۲٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۱۲/۲۷

چکیده

افزایش شوری منابع آب و خاک کشور و کاهش عملکرد گیاهان علوفه‌ای متداول در این شرایط، اهمیت گیاهان شورزیست را در تولید علوفه و جیره دام پررنگ‌تر نموده است. تامین مناسب عناصر غذایی از جمله پتاسیم یکی از فاکتورهای مهم در افزایش تحمل گیاهان به شوری و بهبود عملکرد است. در این راستا این تحقیق مزرعه‌ای با هدف مقایسه تاثیر کودهای کلرید پتاسیم (KCl) و سولفات پتاسیم (K_2SO_4) بر عملکرد گیاه ارزن پادزهری (*Janochloa antidotale* Retz.) در دو سال زراعی در شرایط شور در منطقه چاه افضل اردکان استان یزد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم کاربرد K_2O (شاهد)، سطوح ٤۰ (KCl-1) و ۸۰ (KCl-2) کیلوگرم بر هکتار K_2O از منبع KCl (به‌ترتیب KCl-1 و KCl-2) و سطح ٤۰ کیلوگرم بر هکتار K_2O از منبع K_2SO_4 به‌ازای هر چین-برداشت بود. نتایج نشان داد که در سال اول هیچکدام از تیمارهای کودی سبب افزایش ارتفاع، وزن علوفه تر و خشک در مقایسه با شاهد نشد. اما در سال دوم با افزایش پنجه‌زنی و رشد گیاه تفاوت میان تیمارها مشهودتر بود و تیمار KCl-1 حداکثر مقادیر ارتفاع بوته (۱۰۲ سانتی‌متر) و مجموع علوفه تر (٦۰/٦ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد. افزایش علوفه‌تر در این تیمار ۱۲/۱ درصد بیشتر از تیمار K_2SO_4 بود که این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. اگرچه بیشترین مجموع علوفه خشک (۲۰/۸ تن بر هکتار) در تیمار KCl-2 مشاهده شد اما تیمار KCl-1 با تولید ۲۰/٤ تن در هکتار علوفه خشک تفاوت معنی‌داری با KCl-2 نشان نداد. بنابراین، با توجه به اثربخشی و مقرون به‌صرفه بودن کود کلرید پتاسیم، کاربرد ۷۰ کیلوگرم بر هکتار این کود (معادل با ٤۰ کیلوگرم بر هکتار K_2O) به ازای هر چین-برداشت به‌منظور افزایش علوفه تر و خشک گیاه ارزن پادزهری در شرایط شور توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، **جیره** دام، سولفات پتاسیم، شورزیست، کلرید پتاسیم.

بیان مسئله

امروزه کشاورزی شورزیست در ایران با توجه به چالش‌های بخش کشاورزی کشور از جمله کمبود دسترسی به منابع آب شیرین، تغییرات اقلیمی و نیاز روزافزون به فرآورده‌های گیاهی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (۱۱). افزایش شوری آب و خاک در ایران به مشکل بزرگی برای تولید محصولات زارعی و همچنین گیاهان علوفه‌ای تبدیل شده است. به‌عبارت دیگر در شرایط تنش شوری بسیاری از گیاهان علوفه‌ای متداول قادر به رشد مطلوب نیستند (۳). در چنین شرایطی کاشت گیاهان علوفه‌ای شورزیست با هدف تامین بخشی از جیره دام می‌تواند راه‌کار مناسبی برای کاهش مشکل کمبود علوفه باشد. از جمله گزینه‌های مناسب برای کشت در شرایط شور، گیاه ارزن پادزهری (*Janochloa antidotale* Retz.) می‌باشد. ارزن پادزهری به عنوان یک گیاه چندساله علاوه بر توانایی رشد در شرایط شور، به خشکی نیز متحمل بوده و می‌تواند چندین بار در طول فصل رشد برداشت گردد (۹).

به‌طورکلی فراهم بودن عناصر غذایی ضروری از جمله پتاسیم، یکی از عوامل تاثیرگذار در کمیت و کیفیت علوفه تولید شده می‌باشد. علاوه‌براین در شرایط شور، یون سدیم با ایجاد اختلال در جذب پتاسیم، عملکرد فیزیولوژیک گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۳). در چنین شرایطی کاربرد کودهای پتاسیمی به‌دلیل ماهیت رقابتی آن با یون سدیم برای جایگزینی در محل‌های اتصال و همچنین حفظ وضعیت آبی گیاهان می‌تواند در افزایش تحمل گیاهان به شوری موثر باشد (۸). تحقیقات نشان داده است علاوه‌بر مقدار کود پتاسم، نوع کود پتاسیم (K_2SO_4 و KCl) نیز یکی از عوامل موثر در پاسخ رشدی گیاهان به افزودن پتاسیم است. گزارش شده است که کاربرد کود KCl در خاک‌های با شوری بالا می‌تواند مشکلات این نوع خاک‌ها را به‌دلیل محتوای Cl^- موجود در آن به‌خصوص برای گیاهان حساس به شوری افزایش دهد (۷). همچنین در گیاهان حساس به کلر مانند توتون و انگور احتمال مسمومیت ناشی از کلر محدودیت‌هایی را در مصرف این کود ایجاد می‌نماید (۱). اما با این حال بهبود رشد گیاه در شرایط شور پس از افزودن کود KCl در برخی از مطالعات گزارش شده است (۱۰). علاوه‌براین، جنبه هزینه تولید کود نیز یکی از عوامل مهم در انتخاب کود KCl است زیرا تولید KCl به‌طور قابل توجهی ارزان‌تر از کودهای پتاسیم حاوی سولفات است، که این امر می‌تواند در کاهش هزینه‌ها در طول کشت بسیار موثر باشد (۱۲). بر این اساس در سال ۲۰۲۵ از مجموع ۵۵ میلیون تن کود پتاسیم تولیدی در جهان، ۸۰ درصد از آن به کلرید پتاسیم و ۲۰ درصد به کود سولفات پتاسیم اختصاص یافت (۱٤). در این راستا هدف از این مطالعه بررسی اثر مقادیر مختلف کود KCl (کلرید پتاسیم) در مقایسه با کود K_2SO_4 (سولفات پتاسیم) بر پارامترهای رشدی گیاه علوفه‌ای ارزن پادزهری در سال‌های زراعی ۱٤۰۳ و ۱٤۰٤ در شرایط شور بود.

معرفی دستاورد

به‌منظور بررسی تاثیر نوع منبع پتاسیم بر بهبود عملکرد علوفه ارزن پادزهری، پژوهشی مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات شوری چاه افضل واقع در شهرستان اردکان یزد در سال‌های زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ (سال اول) و ۱٤۰٤-۱٤۰۳ (سال دوم) انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل عدم کاربرد پتاسیم، سطوح ٤۰ و ۸۰ کیلوگرم بر هکتار K_2O به‌ازای هر چین-برداشت از منبع کود کلرید پتاسیم (به‌ترتیب معادل با ۷۰ و ۱٤۰ کیلوگرم بر هکتار KCl) و سطح ٤۰ کیلوگرم بر هکتار K_2O به‌ازای هر چین-برداشت از منبع کود سولفات پتاسیم (معادل با ۸۰ کیلوگرم بر هکتار K_2SO_4) بود. این تیمارها به‌ترتیب با اسامی شاهد، KCl-1، KCl-2 و K_2SO_4 نامگذاری شدند. تعداد تکرار در

تیمارهای آزمایشی ۳ عدد در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که علت کاربرد کود K_2SO_4 به اندازه KCl-1، به شرح زیر بود. بر اساس اطلاعات موجود، پیش بینی می‌شد که کود KCl به عنوان کودی ارزان‌تر و با قابلیت جذب بهتر، می‌تواند در مقایسه با K_2SO_4 عملکرد مناسب‌تری داشته باشد. همچنین، سطح کاربرد معادل با KCl-1، بهینه فرض شد. بر این اساس، اگر در سطح بهینه، KCl بتواند برتری خود را نسبت به K_2SO_4 نشان دهد، عملاً به‌دلیل ارزان تر بودن آن، دیگر نیازی به مقایسه این دو نوع کود در سطح بالاتر نیست. از این رو تنها ضرورت باقی‌مانده، مقایسه سطوح مختلف کود KCl و اثر آن بر عملکرد بود.

در ابتدا یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ درج شده است. اجرای این تحقیق بدین‌نحو بود که عملیات کاشت بذر به‌صورت دستی در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۲ متر بر روی ردیف‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر انجام شد. بنابراین، در هر کرت تعداد ٦ ردیف کاشت قرار گرفت و فاصله بین گیاهان بر روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای آبیاری تیمارها از آب شور چاه با شوری ۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد. برخی از ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در آب آبیاری در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان آب مورد نیاز آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه و شرایط اقلیمی منطقه، تقریبا هر ١٤ روز یک‌بار به صورت غرقابی در اختیار گیاه قرار گرفت. با توجه به مقادیر شوری خاک در انتهای فصل کاشت (جدول ۱)، شوری آب آبیاری (جدول ۲) و نسبت EC عصاره اشباع خاک و EC آب آبیاری؛ کسر آبشویی تقریبی نیز برای دو سال پژوهش متفاوت و به‌ترتیب ۲۵ و ۲۰ درصد بود. پس از هر چین-برداشت، ویژگی‌های رشدی گیاه شامل ارتفاع بوته، وزن تر علوفه و وزن خشک علوفه اندازه‌گیری و سپس، تیمار کودی مورد نظر اعمال می‌شد.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مورد مطالعه در زمان‌های مختلف

زمان نمونه‌برداری	تیمار	pH	EC_e	کربن آلی	شن	سیلت	رس	بافت خاک	پتاسیم قابل استفاده
			$dS\ m^{-1}$	٪					$mg\ kg^{-1}$
قبل از کاشت		۷/۳	۲۳/۳	۰/۲	۵۳/۳	٤۳/۱	۳/٦	لوم شنی	۲٤۸/۰
پس از آخرین برداشت در سال زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲	شاهد	۷/٦	۱۰/٦	–	–	–	–		۲۳۷/۳
	KCl-1	۷/٦	۱۰/۰	–	–	–	–		۲۵۵/۰
	KCl-2	۷/٦	۱۰/۲	–	–	–	–		۲٤۷/۳
	K_2SO_4	۷/۷	۱۱/٦	–	–	–	–		۲۷٦/٦
پس از آخرین برداشت در سال زراعی ۱٤۰٤-۱٤۰۳	شاهد	۷/٦	۱۲/۵	–	–	–	–		۲٦۲/۵
	KCl-1	۷/٦	۱۲/۰	–	–	–	–		۲۳٦/۵
	KCl-2	۷/٦	۱۲/٤	–	–	–	–		۲۱۹/۳
	K_2SO_4	۷/٤	۱۲/۱	–	–	–	–		۲۵۰/۰

در انتهای فصل رشد پس از آخرین برداشت، از خاک هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نمونه‌برداری انجام شد و ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH، EC و پتاسیم قابل استفاده مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (جدول ۱). همچنین، غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در نمونه‌های خشک گیاهی در برداشتی که دارای بالاترین عملکرد بود اندازه‌گیری شد. در شکل ۱ نمایی از وضعیت پوشش سبز مزرعه نشان داده شده است.

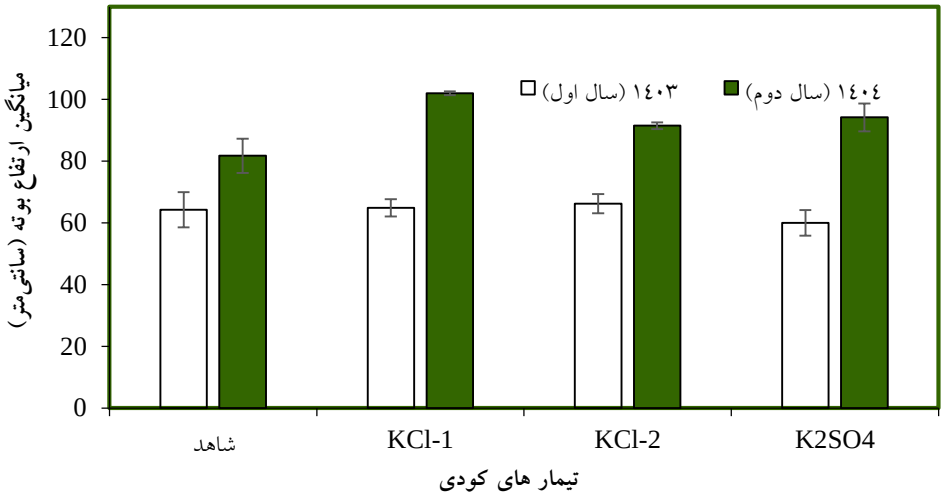
جدول ۲: برخی از ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در آب آبیاری

pH	EC	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SAR
	$dS\ m^{-1}$	$meq\ L^{-1}$							
۷/۱	۹/۸	۲۰	۱۷/۳	٦۸/۸	۰/۸	۰	٤/۷	۷۳/٤	۱٥/۹

شکل ۱- نمایی از وضعیت پوشش سبز مزرعه

بر اساس نتایج، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه در هر سال تعداد ۵ چین-برداشت وجود داشت که تاریخ این برداشت‌ها در سال اول شامل ۱٤۰۳/۰۲/۱۷، ۱٤۰۳/۰۳/۲٦، ۱٤۰۳/۰٤/۳۱، ۱٤۰۳/۰٦/۱۹، ۱٤۰۳/۰۸/٥و در سال دوم شامل ۱٤۰٤/۰۲/۰۷، ۱٤۰٤/۰۳/۱۹، ۱٤۰٤/۰٥/۰٥، ۱٤۰٤/۰٦/۲٤، ۱٤۰٤/۰۸/۱۷ بود. نتایج نشان داد که با افزایش سن گیاه، ارتفاع بوته در همه برداشت‌ها و در کلیه تیمارها افزایش یافته به‌نحوی‌که بلندترین ارتفاع بوته در سال اول در برداشت چهارم و در سال دوم در برداشت سوم مشاهده شد (جدول ۳). علاوه‌براین، بررسی

نتایج میانگین ارتفاع بوته در ۵ برداشت نشان داد که در سال اول، بلندترین میانگین ارتفاع بوته (٦٦/٢ سانتی‌متر) در تیمار KCl-2 و کوتاه‌ترین میانگین ارتفاع (٦٠ سانتی‌متر) در تیمار K_2SO_4 به دست آمد (شکل ۲). به‌دلیل این‌که سال زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ نخستین سال استقرار و آغاز رشد گیاه ارزن پادزهری در این تحقیق بوده و از طرف دیگر با توجه به این‌که مقدار پتاسیم قابل استفاده در خاک اولیه نسبتاً مناسب بوده است (جدول ۱) لذا در این سال، تیمارهای مختلف دارای مقادیر ارتفاع بوته نسبتاً یکسانی بودند و تفاوت معنی‌داری میان تیمارها مشاهده نشد (شکل ۲). اما در سال دوم بلندترین و کوتاه‌ترین میانگین ارتفاع بوته به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۲ و ۸۱/۷ سانتی‌متر در تیمارهای KCl-1 و شاهد مشاهده شد (شکل ۲). در واقع در سال دوم با بیشتر شدن پنجه‌زنی و رشد گیاه، تفاوت میان تیمارها بارزتر شده به‌نحوی‌که تیمارKCl-1 به‌صورت معنی‌داری ارتفاع بوته را در مقایسه با سایر تیمارها افزایش داد (شکل ۲).

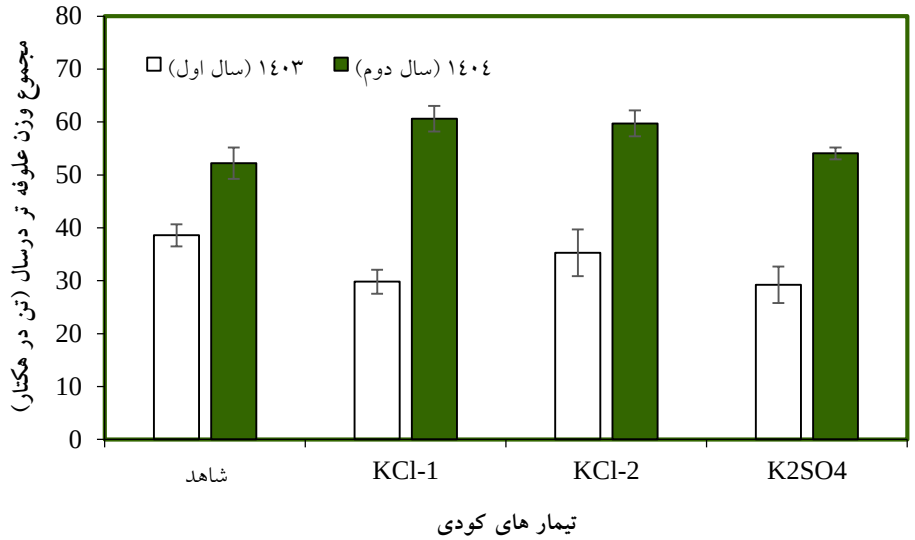


شکل ۲: میانگین ارتفاع بوته در ۵ برداشت در سال‌های زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ و ۱٤۰٤-۱٤۰۳

نتایج اعمال تیمارهای آزمایشی مختلف بر وزن علوفه تر در برداشت‌های مختلف در دو سال مطالعه در جدول ۳ نمایش داده شده است. مشابه با نتایج ارتفاع بوته، در سال اول حداکثر عملکرد علوفه تر در همه تیمارها در چهارمین برداشت و در سال دوم در سومین برداشت مشاهده شد. بررسی نتایج مجموع وزن علوفه تر در ۵ برداشت نشان داد که در سال اول افزودن هیچ‌یک از کودهای پتاسیمی سبب افزایش وزن علوفه تر در مقایسه با تیمار شاهد نشد (شکل ۳). اما در سال دوم تیمارهای KCl-1 و KCl-2 با تولید به‌ترتیب ٦۰/٦ و ۵۹/۷ تن بر هکتار علوفه تر سبب افزایش معنی‌دار این پارامتر در مقایسه با تیمار شاهد (۵۲/۲ تن بر هکتار) شدند (شکل ۳). علاوه‌براین، مقدار علوفه تر در تیمارهای KCl-1 و KCl-2 به‌صورت معنی‌داری بیشتر از علوفه تر در تیمار K_2SO_4 (٥٤/١ تن بر هکتار) بود (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که اولاً تاثیرگذاری کود کلرید پتاسیم بر افزایش عملکرد ارزن پادزهری بیشتر از کود سولفات پتاسیم است. دوماً با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار میان KCl-1 و KCl-2 از یک‌سو و لزوم مدیریت مصرف کودهای شیمیایی از سویی دیگر؛ تیمار KCl-1، سطح مصرفی مناسبی به‌ازای هر چین-برداشت برای افزایش علوفه تر در گیاه ارزن پادزهری می‌باشد.

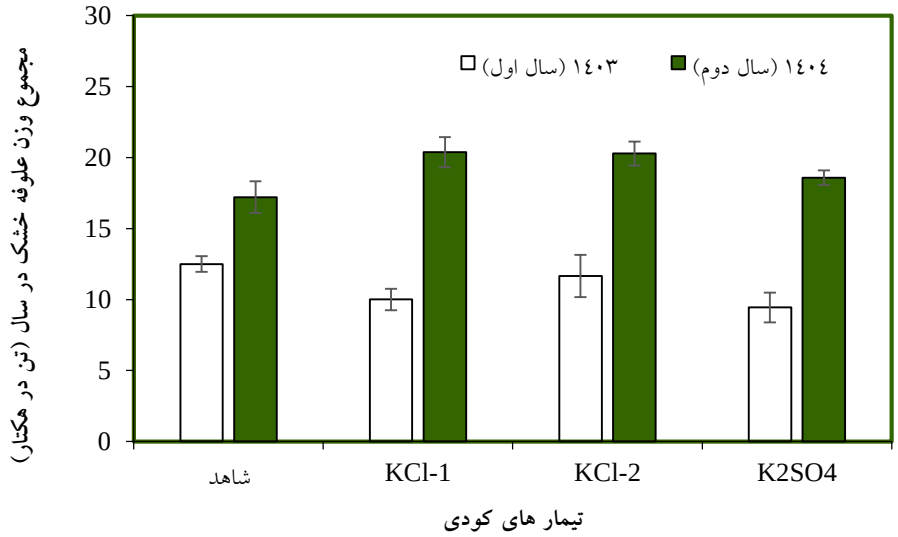
جدول ۳- ارتفاع بوته، وزن علوفه تر و وزن علوفه خشک ارزن پادزهری در برداشت‌های مختلف در سال‌های زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ و ۱۴۰۳-۱۴۰۴

سال	پارامتر	برداشت اول				برداشت دوم				برداشت سوم				برداشت چهارم				برداشت پنجم			
		K_2SO_4	KCl-2	KCl-1	بی‌پتاس	K_2SO_4	KCl-2	KCl-1	بی‌پتاس	K_2SO_4	KCl-2	KCl-1	بی‌پتاس	K_2SO_4	KCl-2	KCl-1	بی‌پتاس	K_2SO_4	KCl-2	KCl-1	بی‌پتاس
سال اول	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۴۳/۲	۵۲/۵	۴۶/۰	۴۹/۰	۶۰/۰	۶۰/۱	۵۰/۰	۶۵/۱	۵۷/۹	۶۰/۱	۱۰۶/۹	۸۹/۴	۹۳/۴	۹۷/۴	۱۰۶/۹	۸۹/۴	۵۷/۶	۶۱/۴	۶۰/۹	۵۷/۰
	وزن علوفه تر (تن در هکتار)	۲/۳	۲/۴	۲/۳	۳/۵	۶/۳	۵/۲	۳/۵	۶/۲	۴/۶	۷/۰	۱۴/۰	۱۶/۵	۱۳/۶	۱۵/۵	۱۴/۰	۱۶/۵	۶/۰	۵/۳	۶/۲	۵/۳	
	وزن علوفه خشک (تن در هکتار)	۰/۶	۰/۸	۰/۷	۱/۰	۱/۹	۱/۵	۱/۰	۲/۱	۱/۶	۲/۱	۴/۹	۵/۵	۴/۵	۵/۳	۴/۹	۵/۵	۱/۹	۱/۷	۱/۹	۱/۷	
سال دوم	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۸۲/۹	۷۱/۹	۹۱/۵	۶۸/۸	۷۰/۳	۷۵/۹	۸۵/۸	۱۰۶/۲	۱۲۹/۷	۱۴۰/۶	۱۳۶/۹	۱۰۰/۰	۱۰۸/۴	۱۰۹/۳	۱۱۲/۹	۱۰۰/۰	۶۳/۴	۸۲/۷	۵۹/۶	۶۷/۰
	وزن علوفه تر (تن در هکتار	۱۰/۳	۱۱/۲	۱۰/۱	۹/۴	۸/۶	۸/۹	۱۰/۳	۱۴/۹	۱۴/۳	۱۷/۹	۱۹/۴	۱۲/۰	۱۲/۸	۱۳/۱	۱۳/۵	۱۲/۰	۷/۳	۷/۳	۸/۶	۸/۱	
	وزن علوفه خشک (تن در هکتار)	۳/۲	۳/۷	۲/۹	۲/۷	۳/۱	۳/۳	۳/۷	۴/۸	۵/۱	۶/۵	۶/۵	۴/۲	۴/۵	۴/۶	۴/۹	۴/۲	۲/۳	۲/۵	۲/۸	۲/۶	



شکل ۳: مجموع وزن تر علوفه ارزن پادزهری در ۵ برداشت در سال‌های زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ و ۱٤۰٤-۱٤۰۳

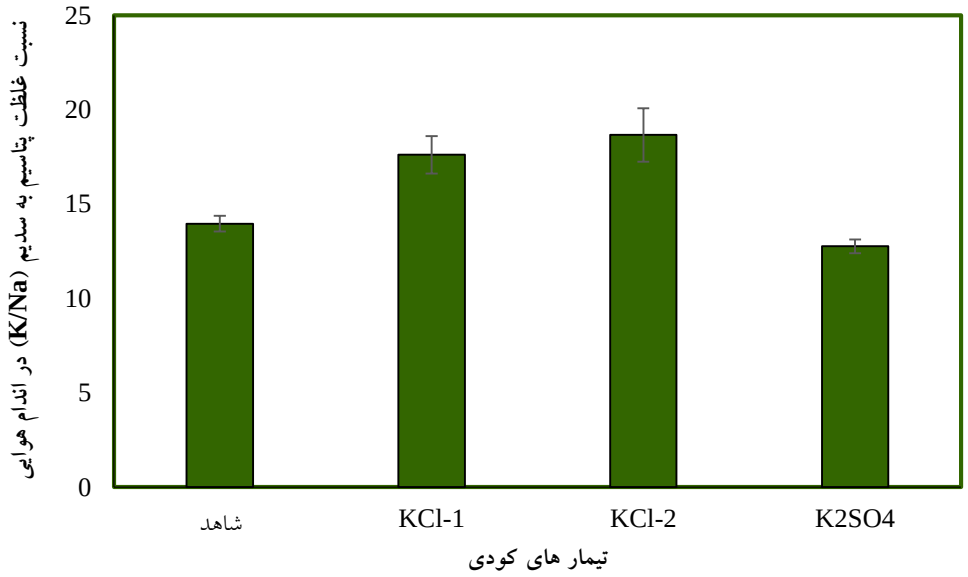
مشابه با نتایج ارتفاع بوته و وزن علوفه تر، حداکثر عملکرد علوفه خشک در همه تیمارها در سال اول در چهارمین برداشت و در سال دوم در سومین برداشت به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین، روند تغییرات مجموع وزن علوفه خشک در ۵ برداشت در تیمارهای مختلف در طی سال‌های زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ و ۱٤۰٤-۱٤۰۳ مشابه با مجموع وزن علوفه تر بود (شکل ٤). بنابراین، اثرگذاری کود KCl (در هر دو سطح کاربردی) در افزایش علوفه خشک تولیدی در مقایسه با کود K_2SO_4 بیشتر بوده است. همچنین با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار میان تیمارهای KCl-1 و KCl-2، تیمار KCl-1 که معادل با ٤۰ کیلوگرم بر هکتار K_2O به‌ازای هر چین-برداشت می‌باشد، به‌منظور افزایش عملکرد علوفه خشک در گیاه ارزن پادزهری قابل توصیه است.



شکل ٤: مجموع وزن خشک علوفه ارزن پادزهری در ۵ برداشت در سال‌های زراعی ۱٤۰۳-۱٤۰۲ و ۱٤۰٤-۱٤۰۳

بررسی نتایج آنالیز خاک پس از برداشت نشان داد که تغییرات EC، pH و پتاسیم قابل استفاده خاک پس از کاربرد کودهای کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم مشابه بود (جدول ۱)، لذا از این نظر نیز کاربرد کود کلرید پتاسیم محدودیتی در مقایسه با کود سولفات پتاسیم ایجاد نکرده است. علاوه‌براین، نتایج محاسبه میزان ورود یون کلر از طریق آب آبیاری و کوددهی نشان داد که در بالاترین سطح کود KCl (KCl-2) در طی یکسال، حدوداً ۳۳۱ گرم یون کلر به هر کرت آزمایشی (۱۰ مترمربعی) وارد شده است، درحالی‌که از طریق یکسال آبیاری حدود ٤۹ کیلوگرم یون کلر به هر کرت اضافه شده است. این مقایسه بیانگر این نکته است که سهم کود کلرید پتاسیم در مقایسه با آب آبیاری کاربردی در ورود یون کلر به خاک بسیار ناچیز بوده و لذا از نظر اثرات سمی یون کلر نیز مصرف این کود در مقایسه با سولفات پتاسیم محدودکننده نخواهد بود. با این وجود، انجام مطالعات بیشتر به‌منظور کاربرد طولانی‌مدت کود کلرید پتاسیم پیشنهاد می‌شود.

با توجه به این‌که بزرگ‌ترین مقادیر وزن علوفه تر و خشک در سومین برداشت سال دوم مشاهده شد لذا غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در اندام هوایی کلیه تیمارهای آزمایشی این برداشت اندازه‌گیری و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم (K/Na) در نمونه‌ها محاسبه شد. بر اساس نتایج، افزودن کود کلرید پتاسیم در هر دو سطح انتخابی سبب افزایش معنی‌دار نسبت غلظت K/Na در این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد گردید (شکل ۵). درحالی‌که کاربرد K_2SO_4 نتوانست این نسبت را در مقایسه با شاهد افزایش دهد (شکل ۵). بر این اساس به‌نظر می‌رسد مصرف کود کلرید پتاسیم با افزایش جذب پتاسیم از یک‌سو و کاهش جذب سدیم از سویی دیگر؛ سبب کاهش اثرات سمیت سدیم و در نتیجه بهبود رشد گیاه شده است. نتایج مشابهی در این‌باره در مطالعه کشاورز و همکاران (٤) گزارش شده است.



شکل ۵: نسبت غلظت پتاسیم به سدیم (K/Na) در اندام هوایی ارزن پادزهری در سومین برداشت سال زراعی ۱٤۰٤-۱٤۰۳

به‌طورکلی در منابع نتایج متفاوتی درباره اثر کودهای کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان گزارش شده است. به‌عنوان مثال، آدهیکاری و همکاران (٦) در مقایسه اثر محلول‌پاشی کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های رشدی و کیفی گیاه سویا در شرایط شور نشان دادند که کاربرد سولفات پتاسیم در افزایش ویژگی‌هایی نظیر فعالیت اکسیدانت، پلی‌فنول و کلروفیل موثرتر از کلرید پتاسیم بوده است. برخی دیگر از مطالعات، برتری کود کلرید پتاسیم را در مقایسه با سولفات پتاسیم بر بهبود عملکرد کمی و کیفی چغندرقند گزارش کرده‌اند (۵). سیلسیپور (۲) تاثیر منابع سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم را به دو روش کاربرد خاکی و سرک بر رشد پنبه مورد بررسی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف خاکی این کودها تفاوتی در افزایش رشد کمی و کیفی پنبه نداشت اما مصرف سرک کلرید پتاسیم موثرتر از سولفات پتاسیم بود. در این راستا به نظر می‌رسد که عوامل متعددی مثل نوع گیاه، نحوه مصرف کود، میزان شوری و عوامل اقتصادی نقش بسیار مهمی در انتخاب کود کلرید پتاسیم ایفا می‌کنند.

توصیه ترویجی

- با مدیریت صحیح آب و کود در شرایط کاربرد آب شور و در صورت عدم وجود عوامل محدود کننده اقلیمی، می‌توان تا ۵ چین-برداشت علوفه از ارزن پادزهری در شرایط آب و هوایی گرم و خشک مانند یزد تولید کرد.
- در شرایط کاربرد آب شور تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، می‌توان با مدیریت مناسب کود پتاسیم تا ۱۹ تن در هکتار علوفه خشک در سال تولید کرد.
- برای رسیدن به این عملکرد، کاربرد کود پتاسیم به صورت کلرید پتاسیم با توجه به ارزان قیمت‌تر بودن نسبت به سولفات پتاسیم برتری دارد.
- جهت رسیدن به عملکرد مذکور در شرایط وضعیت مناسب پتاسیم اولیه خاک، مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود کلرید پتاسیم به ازای هر چین-برداشت توصیه می‌شود.
- پس از هر برداشت انجام عملیات آبیاری توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. پسندیده، م.، مشیری، ف.، اخیانی، ا.، جعفرنژادی، ع.ر. و رمضانپور، م.ر. (١٤٠٢). ضرورت کاربرد کلرید پتاسیم در رفع نیاز پتاسیمی در برخی از محصولات زراعی ایران. موسسه تحقیقات خاک و آب، دستورالعمل فنی ٦٣٥ ، کرج، ایران.

۲. سیلسیپور، م. (۱۳۹۱). بررسی اثر مقادیر، منابع و زمان مصرف پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی پنبه رقم ورامین. نشریه زراعت شماره ٩٤ . تهران. ایران.

۳. فضائلی، ع. و بشارتی ح. (۱۳۹۱). تاثیر شوری بر برخی شاخصهای رشد و پروتئین کل یونجه تلقیح شده با جدایه های باکتری *Sinorhizobium meliloti* در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت های گلخانه ای. (۹) ۳ .٣٦-٢٥.

٤. کشاورز، پ.، مرجوی، ع.ا. و میرزاپور، م. (١٤٠٣). مقایسه تاثیر کلرور پتاسیم و سولفات پتاسیم بر عملکرد دانه گندم در شرایط شور. مجله شورورزی، ۹-۱: (۲)۲.

۵. مهراندیش، م.، جامی معینی، م. و آرمین، م. (۱۳۹۷). اثر منبع و مقدار مصرف پتاسیم بر ویژگی های کیفی چغندرقند رقم ارس در شرایط آبیاری کامل و محدود. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاه. ٣٤(١٠):.

6. Adhikari, B., Dhungana, S.K., Kim, I.D., & Shin, D.H. (2020). Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 19, 261–269.
7. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4), 521-530.
8. Capula-Rodríguez, R., Valdez-Aguilar, L.A., Cartmill, D.L., Cartmill, A.D., & Alia-Tejacal, I. (2016). Supplementary calcium and potassium improve the response of tomato (Solanum lycopersicum L.) to simultaneous alkalinity, salinity, and boron stress. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 47 (4), 505–511.
9. FAO. (2002). Panicum antidotale Retz. Grassland Index. Available online at Website: http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/GBASE/data/pf000275.htm.
10. Jungers, J.M., Kaiser, D. E., Lamb, J.F.S., Lamb, J.A., Noland, R.L., Samac, D.A., Wells, M. S., & Sheaffer, C.C. (2019). Potassium Fertilization Affects Alfalfa Forage Yield, Nutritive Value, Root Traits, and Persistence. Agronomy, Soils, and Environmental Quality, 3(6), 1-10.
11. Keshavarz A., Ashrafi, S., Haydari, N., Pouran, M., & Farzaneh, E. (2005). Water allocation and pricing in agriculture of Iran. Water Conservation, Reuse and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, http://www.nap.edu/catalog/11241.html.
12. Mikkelsen, R.L., and Roberts, T.L. (2021). Inputs: potassium sources for agricultural systems, In: Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops, eds. T.S. Murrel, R.L. Mikkelsen, G. Sulewski, R. Norton and M.L. Thompson (Cham: Springer Nature Switzerland AG), 1–455.
13. Tester, M., Davenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Ann. Bot. 91 (5), 503–527.
14. https://www.marketreportanalytics.com/reports/potassium-fertilizer-122809.

مجله ترویجی شورورزی

دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱٤۰٤

آشنایی با تنوع و پراکنش پوشش گیاهی شوره‌زارهای ایران

احسان زندی اصفهان[1*] و یونس عصری[2]

۱. دانشیار موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲.دانشیار موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۱۲/۲۷

چکیده

شوره‌زارها از مهم‌ترین زیست‌بوم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به‌شمار می‌آیند و پوشش گیاهی آن‌ها نقش چشمگیری در پایداری خاک، جلوگیری از فرسایش و استفاده بهینه از منابع آب و خاک شور دارد. در این مطالعه، به‌منظور شناخت بهتر ظرفیت‌های طبیعی کشور در زمینه شورورزی، گیاهان بومی رویشگاه‌های شور ایران شناسایی و معرفی شدند. نتایج بررسی‌ها که بر پایه جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی از مناطق مختلف کشور و استفاده از منابع فلوریستیکی معتبر (مانند Flora Iranica و فلور ایران) به‌دست آمد، نشان داد که پوشش گیاهی شوره‌زارهای ایران شامل ۱۸۵ گونه شورزیست (هالوفیت) متعلق به ٦۳ جنس و ۲٤ تیره گیاهی است. بیشترین تعداد گونه‌ها به تیره‌های اسفناجیان (Chenopodiaceae) با ۹٤ گونه، گز (Tamaricaceae) با ۲٤ گونه و کلاه‌میرحسن (Plumbaginaceae) با ۱۵ گونه تعلق داشت. در میان جنس‌های گیاهی، *Salsola* با ۲۱ گونه، *Tamarix* با ۲۰ گونه و *Suaeda* و *Limonium* هرکدام با ۱۲ گونه بیشترین تنوع را نشان دادند. همچنین گیاهان یک‌ساله و چندساله علفی، با سهمی به‌ترتیب ۳۰/۸ و ۲٦/۵ درصد، شکل‌های رویشی غالب در این رویشگاه‌ها هستند. شناخت و بهره‌گیری اصولی از این گونه‌های شورزیست می‌تواند راهگشای توسعه سامانه‌های شورورزی پایدار در کشور باشد؛ زیرا بسیاری از این گیاهان توانایی تولید علوفه، مواد دارویی و حتی سوخت زیستی را دارند. از این‌رو، معرفی و کشت آن‌ها در اراضی شور و کم‌بازده می‌تواند ضمن افزایش بهره‌وری منابع طبیعی، به تقویت امنیت غذایی و اقتصادی مناطق خشک کمک کند.

واژه‌های کلیدی: رویشگاه‌های شور، زیست‌بوم، شورورزی، گونه‌های مقاوم به شوری، گیاهان شورزیست

بیان مسئله

شوره‌زارها یکی از چالش‌برانگیزترین و در عین حال ارزشمندترین زیست‌بوم‌های طبیعی ایران هستند. در این مناطق، خاک به دلیل وجود نمک‌های محلول فراوان، محیطی سخت و نامناسب برای بیشتر گیاهان ایجاد می‌کند. اما در دل همین خاک‌های به ظاهر بی‌حاصل، گروهی از گیاهان ویژه به نام هالوفیت‌ها (گیاهان شورزیست) رشد می‌کنند که توانایی شگفت‌انگیزی در تحمل و سازگاری با شرایط شور دارند. این گیاهان در طی فرایند تکامل، سازوکارهای گوناگونی برای مقابله با شوری به‌دست آورده‌اند؛ از تغییر در بافت‌های گیاهی و تنظیم اسمزی تا توانایی دفع نمک یا انباشت آن در اندام‌های خاص (۱۷). به همین دلیل، هالوفیت‌ها می‌توانند در محیط‌هایی که برای بیشتر گیاهان کشاورزی غیرقابل تحمل است، به‌خوبی رشد کرده و نقش مهمی در احیای اراضی شور و توسعه سامانه‌های شورورزی پایدار ایفا کنند (۱۹ و ۱۳).

در کشور ما، وجود اقلیم خشک و نیمه‌خشک موجب شده است که بخش قابل‌توجهی از سرزمین ایران با مسئله شوری خاک و آب روبه‌رو باشد. برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۱٦/٤ درصد از مساحت کشور را اراضی شور و سدیمی تشکیل داده است (۱٦). این اراضی عمدتاً در پیرامون دریاچه‌ها، کویرهای مرکزی و همچنین در حاشیه‌ی خلیج فارس و دریای عمان پراکنده‌اند. علاوه بر شوری طبیعی خاک، فعالیت‌های انسانی مانند آبیاری غیراصولی، زهکشی نامناسب و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی نیز باعث گسترش بیشتر این پدیده در سال‌های اخیر شده است.

خاک‌های شور علاوه بر غلظت بالای کلرید سدیم، گاهی حاوی ترکیبات دیگری مانند سولفات‌ها، کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها هستند که با افزایش pH و کاهش تهویه، باعث تخریب ساختمان خاک می‌شوند. چنین شرایطی نه‌تنها رشد و جوانه‌زنی گیاهان را مختل می‌کند بلکه بر تعادل اکوسیستم‌های طبیعی نیز تأثیرگذار است. در عین حال، مطالعه این مناطق نشان می‌دهد که طبیعت با انتخاب و سازگاری برخی گیاهان خاص، نوعی تعادل زیستی جدید در این رویشگاه‌ها برقرار کرده است (۲۳).

تیره‌های گیاهی متعددی دارای گونه‌های شورزیست هستند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به اسفناجیان (Chenopodiaceae)، گز (Tamaricaceae)، کلاه میرحسن (Plumbaginaceae)، فرانکنیا (Frankeniaceae)، قیچیان (Zygophyllaceae)، پاخرسیان (Acanthaceae) و چندلیان (Rhizophoraceae) اشاره کرد. بسیاری از این گونه‌ها به‌دلیل ویژگی‌های خاص فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی خود، نه‌تنها در پایداری زیست‌بوم‌های شور مؤثرند، بلکه کاربردهای اقتصادی دیگر از جمله در تولید علوفه، دارو، اسانس‌های گیاهی، زراعت چوب و حتی استفاده در پروژه‌های تثبیت خاک و کنترل گرد و غبار دارند (۸).

پژوهش‌های متعددی طی دهه‌های اخیر به شناسایی و معرفی فلور گیاهی مناطق شور ایران اختصاص یافته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به آثار رچینگر و وندلبو (۲۱)، رچینگر (۲۰و ۲۲)، اسدی (۱۱)، آخانی و قربانلی (۹)، آخانی (۷)، عصری (۲، ۳ و ٤)، عصری و همکاران (۵)، علایی (٦)، علائی و قهرمان (۱۰)، عطار و همکاران (۱۲) و آخانی (۸) اشاره کرد که شناخت ارزشمندی از گونه‌های شورزیست و ویژگی‌های اکولوژیکی شوره‌زارهای کشور فراهم کرده‌اند. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ایران از تنوع بالایی از گیاهان شورپسند برخوردار است و ظرفیت بالایی برای بهره‌گیری از این منابع طبیعی در برنامه‌های ملی شورورزی دارد.

از این‌رو، شناسایی و معرفی دقیق پوشش گیاهی شوره‌زارهای ایران، گامی اساسی برای توسعه پایدار کشاورزی در مناطق خشک و شور کشور محسوب می‌شود. هدف از این مطالعه، آشنایی مقدماتی با تنوع گونه‌های شورزیست ایران و معرفی تیره‌ها و جنس‌های

شاخص این گیاهان است تا از طریق شناخت بهتر پتانسیل‌های طبیعی، زمینه بهره‌برداری علمی و اصولی از آن‌ها در سامانه‌های شورورزی فراهم شود.

معرفی دستاورد

به‌منظور بررسی فلور گیاهی رویشگاه‌های شور ایران، نمونه‌های گیاهی از بخش‌های مختلف کشور که دارای خاک‌های شور و سدیمی بودند، جمع‌آوری گردید. نمونه‌برداری از زیستگاه‌های عمده شامل حاشیه‌ی دریاچه‌ها و آبگیرهای شور، دشت‌های نمکی، کویرها و مناطق ساحلی انجام شد تا تنوع زیستی گیاهان شورزی در گستره‌ی وسیعی از شرایط اکولوژیکی مورد مطالعه قرار گیرد.

شناسایی گونه‌ها با بهره‌گیری از منابع معتبر فلور ایرانیکا (۲۲) و فلور ایران (۱) انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده پس از آماده‌سازی و شناسایی دقیق، در هرباریوم مرکزی ایران (TARI) وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور نگهداری شدند تا در دسترس پژوهشگران آینده قرار گیرند.

برای تعیین شکل‌های رویشی گیاهان، از طبقه‌بندی پیشنهادی کوخلر و زونی‌ولد (۱۵) استفاده شد که گیاهان را بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و طول عمر به گروه‌هایی چون یک‌ساله، چندساله علفی، بوته‌ای و درختچه‌ای تقسیم می‌کند.

همچنین به‌منظور بررسی الگوهای پراکنش جغرافیایی و فلوریستیکی گونه‌ها، کشور بر اساس شباهت‌های اقلیمی، زمین‌شناسی و ویژگی‌های گیاهی به هفت منطقه‌ی عمده تقسیم شد:

۱. شمال (گلستان و مازندران)

۲. شرق (خراسان، سیستان و شمال کرمان)

۳. غرب (آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان و همدان)

٤. مرکز (تهران، سمنان، قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد و شمال فارس)

۵. جنوب شرقی (بلوچستان و جنوب کرمان)

٦. جنوب مرکزی (هرمزگان و جنوب فارس)

۷. جنوب غربی (خوزستان و بوشهر).

این تقسیم‌بندی امکان تحلیل بهتر رابطه میان تنوع گیاهی، شرایط خاک و اقلیم را فراهم ساخته و به درک الگوهای پراکنش گیاهان شورپسند در پهنه‌های مختلف کشور کمک خواهد کرد. نتایج حاصل از این مطالعه، مبنایی ارزشمند برای شناسایی گونه‌های مقاوم به شوری و برنامه‌ریزی جهت احیای زیستگاه‌های شور و توسعه کشاورزی شورورزی فراهم می‌سازد.

مطالعه حاضر نشان داد که پوشش گیاهی مناطق شور ایران از ۱۸۵ گونه شورزی (هالوفیت) تشکیل شده است که به ٦۳ جنس و ۲٤ تیره گیاهی تعلق دارند. از میان این گونه‌ها، ۱٦۵ گونه دولپه‌ای و ۲۰ گونه تک‌لپه‌ای هستند. این ترکیب نشان می‌دهد که گیاهان دولپه‌ای نقش غالبی در رویشگاه‌های شور کشور دارند و توانسته‌اند سازگاری‌های متنوع‌تری با شوری از خود نشان دهند (جدول ۱).

در بین تیره‌های گیاهی، اسفناجیان (Chenopodiaceae) با ۹٤ گونه (۵۰/۸ درصد) بیشترین تنوع را دارد و از مهم‌ترین گروه‌های شورزی ایران به شمار می‌رود. این تیره، شامل گیاهانی مانند *Salsola*، *Suaeda* و *Atriplex* است که به‌خوبی با شوری، خشکی و دمای بالا سازگارند و در تثبیت خاک‌های شور و کنترل فرسایش بادی نقش مؤثری دارند. پس از آن، تیره گز (Tamaricaceae) با ۲٤ گونه (۱۰/۸ درصد) و تیره کلاه‌میرحسن (Plumbaginaceae) با ۱۵ گونه (۸/۱ درصد) سهم قابل توجهی از فلور شور کشور را تشکیل می‌دهند.

از نظر تنوع در سطح جنس، بیشترین تعداد گونه‌ها به *Salsola* (با ۲۱ گونه)، *Tamarix* (با ۲۰ گونه)، *Suaeda* و *Limonium* (هر کدام با ۱۲ گونه) و همچنین *Halothamnus* و *Anabasis* (هر کدام با ۱۰ گونه) تعلق دارد. این جنس‌ها نه‌تنها از نظر سازگاری با شوری اهمیت

دارند، بلکه در مدیریت سرزمین‌های شور نیز ارزش ویژه‌ای دارند؛ زیرا برخی از آنها قابلیت استفاده در احیای اراضی شور، تثبیت شن‌های روان، و تولید علوفه در شرایط محدودیت آب و خاک را دارند. به طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که فلور شور ایران از تنوع بالایی برخوردار است و می‌تواند به عنوان منبعی غنی از ژن‌های مقاوم به شوری برای تحقیقات اصلاح نباتات و توسعه کشاورزی شورورزی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱: فهرست هالوفیت‌های ایران به همراه شکل‌های رویشی و پراکنش جغرافیایی آن‌ها.

گونه	شکل رویشی	پراکنش جغرافیایی
Dicotyledoneae	-	–
Aizoaceae	-	–
Aizoon canariense L.	An(Pe)	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Mesembryanthemum nodiflorum L.	An	جنوب غربی، جنوب مرکزی
Sesuvium verrucosum Raf.	Pe	جنوب غربی، جنوب مرکزی
Asteraceae	-	–
Aster tripolium L.	Pe	شمال، غرب
Inula aucheriana DC.	Pe	غرب، مرکز
Karelinia caspia (Pall.) Less.	Pe	شرق و مرکز
Saussurea salsa (Pall.) Spreng.	Pe	غرب
Scorzonera parvifolia Jacq.	Pe	غرب
Avicenniaceae	-	–
Avicennia marina (Forssk.) Vierh.	Tr	جنوب شرقی و جنوب مرکزی
Brassicaceae	-	–
Lepidium cartilagineum (J. May.) Thell. subsp. *cartilagineum*	Pe	غرب و مرکز
subsp. *pumilum* (Boiss. & Bal.) Hedge	Pe	غرب، مرکز
Caryophyllaceae	-	–
Spergularia marina (L.) Griseb.	An	شرق، شمال، غرب، مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی
Spergularia media (L.) C. Presl	Pe	شرق، غرب، مرکز
Chenopodiaceae	-	–
Anabasis annua Bge.	An	شرق، مرکز
Anabasis aphylla L.	Bu	شرق، غرب، مرکز
Anabasis calcarea (Charif & Aellen) Bokhari & Wendelbo	Pe	مرکز
Anabasis eriopoda (Schrenk) Volkens	Pe	شرق، مرکز
Anabasis haussknechtii Bge. ex Boiss. var. *haussknechtii*	Bu	مرکز
var. *iranica* (Iljin) Assadi	Bu	مرکز
Anabasis salsa (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens	Pe	مرکز
Anabasis setifera Moq.	Bu	شرق، مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Arthrocnemum macrostachyum (Moric.) C. Koch	Bu(Sh)	جنوب غربی، جنوب مرکزی
Atriplex leucoclada Boiss.	Pe	شرق، شمال، غرب، مرکز، جنوب

Atriplex micrantha Ledeb.	An	غرب، مرکز
Atriplex verrucifera M. B.	Bu	غرب، مرکز
Bienertia cycloptera Bge. ex Boiss.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Bienertia sinuspersici Akhani	An	جنوب
Camphorosma monspeliaca L. subsp. *lessingii* (Litw.) Aellen	Bu	غرب، مرکز
Chenopodium chenopodioides (L.) Aellen	An	شرق
Cornulaca aucheri Moq. subsp. *leucacantha* (Charif & Aellen) Assadi	An	شرق، غرب، مرکز
Cornulaca monacantha Delile	Bu	غرب، مرکز، جنوب
Gamanthus gamocarpus (Moq.) Bge.	An	شرق، مرکز
Halanthium alaeflavum Assadi	An	غرب
Halanthium rarifolium C. Koch	An	غرب، مرکز، جنوب
Halimocnemis azarbaijanensis Assadi	An	غرب
Halimocnemis longifolia Bge.	An	شرق، مرکز
Halimocnemis mamamensis (Bge.) Assadi	An	غرب
Halimocnemis mollissima Bge.	An	شرق، مرکز
Halocharis hispida (Schrenk) Bge.	An	شرق
Halocharis sulphurea (Moq.) Moq.	An	مرکز، جنوب
Halocharis violacea Bge.	An	شرق، جنوب
Halocnemum strobilaceum (Pall.) M. B.	Bu	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Halopeplis perfoliata (Forssk.) Bge. ex Aschers.	Bu	جنوب مرکزی
Halopeplis pygmaea (Pall.) Bge. ex Ungern-Sternb.	An	شرق، غرب، مرکز
Halostachys belangeriana (Moq.) Botsch.	Sh	شرق، غرب، مرکز
Halothamnus auriculus (Moq.) Botsch.		
var. *acutifolius* Moq.	Bu	شرق، غرب، مرکز
var. *auriculus*	Bu	شرق، غرب، مرکز
var. *kermanensis* (Kothe-H.) Assadi	Bu	شرق، مرکز، جنوب
var. *moquinianus* (Jaub. & Spach) Assadi	Bu	شرق، مرکز
Halothamnus glaucus (M. B.) Botsch.		
subsp. *cinerascens* (Moq.) Assadi	Bu	شرق، غرب، مرکز
subsp. *glaucus*	Bu	شرق، غرب، مرکز
subsp. *vestitus* (Aellen) Assadi	Bu	غرب، مرکز
Halothamnus iranicus Botsch.	Bu	جنوب شرقی، جنوب مرکزی و جنوب غربی
Halothamnus subaphyllus (C.A. Mey.) Botsch.	Bu	شرق، مرکز، جنوب
Halotis pilifera Botsch.	An	شرق، غرب، مرکز
Haloxylon ammodendron (C.A. Mey.) Bge.	Sh	شرق، مرکز، جنوب
Haloxylon persicum Bge. ex Boiss. & Buhse	Sh(Tr)	مرکز، جنوب شرقی و جنوب مرکزی
Hammada griffithii (Moq.) Iljin	Bu	شرق
Hammada salicornica (Moq.) Iljin	Bu(Sh)	مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Kalidium caspicum (L.) Ungern-Sternb.	Bu(Sh)	شرق، غرب، مرکز
Kalidium foliatum (Pall.) Moq.	Bu	غرب
Microcnemum coralloides (Loscos & Pardo) Buen	An	غرب، مرکز
Petrosimonia brachiata (Pall.) Bge.	An	شرق، غرب، مرکز
Petrosimonia glauca (Pall.) Bge.	An	غرب، مرکز

Physogeton acanthophyllus Jaub. & Spach	An	جنوب غربی
Physogeton occultus (Bge.) Assadi	An	شرق، مرکز
Physogeton pedunculatus (Assadi) Assadi	An	جنوب غربی و جنوب مرکزی
Piptoptera turkestana Bge.	An	مرکز
Salicornia europaea L.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Salicornia persica Akhani	An	مرکز
Salsola abarghuensis Assadi	Sh	مرکز
Salsola arbuscula Pall.	Sh	شرق، مرکز، جنوب
Salsola brachiata Pall.	An	شرق، غرب، مرکز
Salsola chorassanica Botsch.	An	شرق
Salsola crassa M. B.	An	شرق، غرب، مرکز
Salsola dendroides Pall.	Bu(Sh)	شمال، شرق، غرب، مرکز
Salsola drummondi Ulbrich	Sh	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Salsola ericoides M. B.	Bu(Sh)	شرق، غرب
Salsola gossypina Bge. ex Boiss.	An	شرق، مرکز
Salsola imbricata Forssk.	Sh	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Salsola incanescens C.A. Mey.	An	شرق، غرب، مرکز و جنوب غربی
Salsola inermis Forssk.	An	جنوب غربی
Salsola jordanicola Eig	An	مرکز، جنوب غربی
Salsola lachnantha (Botsch.) Botsch.	Bu	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Salsola lanata Pall.	An	شرق، مرکز
Salsola nitraria Pall.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Salsola persica Bge. ex Boiss.	Bu	غرب
Salsola soda L.	An	شمال، غرب، مرکز
Salsola tomentosa (Moq.) Spach	Bu	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Salsola turcomanica Litv.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Salsola yazdiana Assadi	Sh	مرکز
Seidlitzia cinerea (Moq.) Bge. ex Botsch.	An	شرق، مرکز، جنوب
Seidlitzia florida (M. B.) Bge. ex Boiss.	An	شرق، غرب، مرکز
Seidlitzia rosmarinus (Ehrenb.) Bge. ex Boiss.	Bu(Sh)	مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Seidlitzia stocksii (Boiss.) Assadi	Bu(Sh)	جنوب شرقی
Suaeda acuminata (C.A. Mey.) Moq.	An	شرق، غرب، مرکز و جنوب غربی
Suaeda aegyptiaca (Hasselq.) Zohary	An	مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Suaeda arcuata Bge.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Suaeda dendroides (C.A. Mey.) Moq.	Bu	شرق، غرب، مرکز
Suaeda heterophylla (Kar. & Kir.) Bge.	An	شرق، غرب، مرکز و جنوب غربی
Suaeda linifolia Pall.	An	شرق، مرکز
Suaeda microphylla Pall.	Sh	شرق، غرب، مرکز
Suaeda microsperma (C.A. Mey.) Fenzl	An	شرق، مرکز
Suaeda monoica Forssk. ex Gmelin	Sh	جنوب مرکزی
Suaeda physophora Pall.	Sh	شرق، غرب
Suaeda salsa (L.) Pall.	An	شرق
Suaeda vermiculata Forssk. ex Gmelin	Sh	مرکز، جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب

		شرقی
Convolvulaceae		
Cressa cretica L.	Pe	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Cynomoriaceae	-	–
Cynomorium songaricum Rupr.	Pe	شرق، مرکز، جنوب
Frankeniaceae	-	––
Frankenia hirsuta L.	Pe	شرق، غرب، مرکز
Frankenia pulverulenta L.	An	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Hypericopsis persica Boiss.	Pe	مرکز
Orobanchaceae	-	–
Cistanche fissa (C.A. Mey.) G. Beck	Pe	مرکز
Cistanche ridgewayana Aitch. & Hemsl.	Pe	مرکز
Cistanche salsa (C.A. Mey.) G. Beck	Pe	غرب، مرکز
Cistanche tubulosa (Schrenk) R. Wight	Pe	شرق، مرکز، جنوب
Plantaginaceae	-	–
Plantago maritima L. subsp. *salsa* (Pall.) Rech. f.	Pe	شرق، غرب، مرکز
Plumbaginaceae	-	–
Limonium axillare (Forssk.) O. Kuntze	Bu	جنوب مرکزی
Limonium bellidifolium (Gouan) Dumort	Pe	غرب
Limonium carnosum (Boiss.) O. Kuntze	Bu	غرب، مرکز
Limonium gmelini (Willd.) O. Kuntze	Pe	غرب، مرکز، جنوب
Limonium iranicum (Bornm.) Lincz.	Bu	شرق، مرکز، جنوب
Limonium meyeri (Boiss.) O. Kuntze	Pe	شرق، غرب، مرکز
Limonium otolepis (Schrenk) O. Kuntze	Pe	مرکز
Limonium reniforme (Girard) Lincz.	Pe	شرق
Limonium sogdianum (M. Pop.) Ik.-Gal.	Pe	شرق
Limonium stocksii (Boiss.) O. Kuntze	Bu	جنوب شرقی
Limonium suffruticosum (L.) O. Kuntze	Bu	شرق، مرکز
Limonium thouini (Viv.) O. Kuntze	An	جنوب غربی
Psylliostachys beludshistanica Roshk.	An	شرق
Psylliostachys leptostachya (Boiss.) Roshk.	An	شرق، غرب، مرکز
Psylliostachys spicata (Willd.) Nevski	An	شرق، غرب، مرکز و جنوب غربی
Primulaceae	-	–
Glaux maritima L.	Pe	شرق، غرب، مرکز
Rhizophoraceae	-	–
Rhizophora mucronata Poir.	Tr	سواحل جنوب مرکزی
Santalaceae	-	–
Thesium compressum Boiss. & Heldr.	An	غرب
Tamaricaceae	-	–
Reaumuria alternifolia (Labill.) Britten		
var. *alternifolia*	Bu	شرق، غرب، مرکز، جنوب
var. *angustifolia* (M. B.) Bobrov	Bu	شرق، غرب، مرکز
var. *latifolia* (M. B.) Trautv.	Bu	شرق، غرب، مرکز
Reaumuria fruticosa Bge. ex Boiss.	Sh	مرکز
Tamarix androssowii Litw.	Sh	شرق، مرکز

Tamarix aphylla (L.) Karst.	Tr(Sh)	جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Tamarix aralensis Bge.	Sh(Tr)	شرق، مرکز، جنوب
Tamarix arceuthoides Bge.	Sh	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Tamarix hispida Willd.		
var. *hispida*	Sh	مرکز، جنوب
var. *karelinii* (Bge.) Baum	Sh	شرق، مرکز
Tamarix karakalensis Freyn	Sh	شرق، مرکز
Tamarix kermanensis Baum	Sh(Tr)	جنوب شرقی و جنوب مرکزی
Tamarix korolkowii Regel & Schmalh. ex Regel	Sh	شرق، مرکز
Tamarix kotschyi Bge.	Sh	شمال، مرکز، شرق، جنوب
Tamarix mascatensis Bge.	Sh	جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Tamarix octandra (M. B.) Bge.	Sh	غرب
Tamarix passerinoides Del. ex Desv.		
var. *macrocarpa* Ehrenb.	Sh	شرق، مرکز، جنوب غربی
var. *passerinoides*	Sh	غرب، مرکز، جنوب
Tamarix ramosissima Ledeb.	Sh(Tr)	شرق، شمال، غرب، مرکز، جنوب غربی
Tamarix rosea Bge.	Sh	غرب، مرکز
Tamarix stricta Boiss.	Sh(Tr)	جنوب شرقی و جنوب مرکزی
Tamarix szowitsiana Bge.	Sh	شرق، غرب، مرکز، جنوب
Tamarix tetragyna Ehreb.		
var. *deserti* (Boiss.) Zohari	Sh	شرق، مرکز
var. *meyeri* (Boiss.) Boiss.	Sh	شرق، غرب، مرکز، جنوب غربی
Zygophyllaceae	-	–
Nitraria retusa (Forssk.) Aschers.	Sh	جنوب غربی
Nitraria schoberi L.	Sh	شرق، غرب، مرکز
Zygophyllum eichwaldii C.A. Mey.	Bu	شرق، مرکز
Zygophyllum hamiense Schweinf.	Bu	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Zygophyllum qatarense Hadidi	Bu	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Zygophyllum simplex L.	An	جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی
Monocotyledoneae	-	–
Cymodoceaceae	-	–
Halodule wrightii Aschers.	Pe	سواحل جنوب غربی و مرکزی
Thalassodendron ciliatum (Forssk.) Den Hartog	Pe	سواحل جنوب شرقی
Cyperaceae	-	–
Cyperus distachyos All.	Pe	شمال، جنوب
Cyperus laevigatus L.	Pe	مرکز، جنوب شرقی
Cyperus pannonicus Jacq.	Pe	غرب
Eleocharis argyrolepis Kierulff	Pe	غرب
Hydrocharitaceae	-	–
Halophila ovalis (R. Br.) Hook. f.	Pe	سواحل جنوب
Juncaceae	-	–
Juncus littoralis C.A. Mey.	Pe	شمال
Juncus maritimus Lam.	Pe	شمال، غرب، مرکز
Juncus rigidus Desf.	Pe	مرکز، جنوب
Liliaceae	-	–

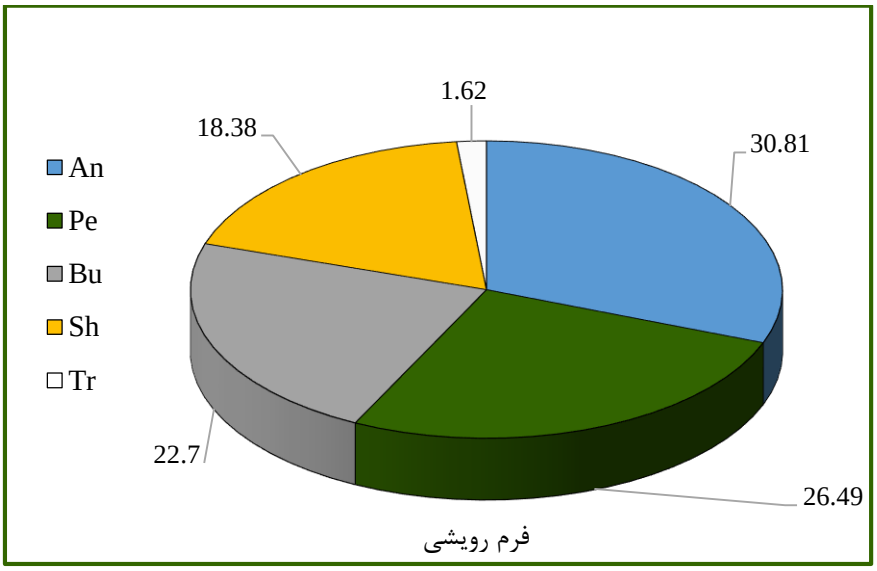
Asparagus griffithii Baker	Pe	مرکز
Asparagus lycaonicus P.H. Davis	Pe	غرب، مرکز
Poaceae	-	–
Aeluropus lagopoides (L.) Trin. ex Thwaites var. *lagopoides*	Pe	شرق، شمال، غرب، مرکز، جنوب
var. *mesopotamica* (Nab.) Bor	Pe	جنوب مرکزی
Aeluropus littoralis (Gouan) Parl.	Pe	شرق، شمال، غرب، مرکز، جنوب
Aeluropus macrostachyus Hack.	Pe	جنوب شرقی
Puccinellia bulbosa (Grossh.) Grossh.	Pe	غرب
Puccinellia distans (L.) Parl.	Pe	شرق، غرب، مرکز
Ruppiaceae	-	–
Ruppia cirrhosa (Petagna) Grande	Pe	شرق، غرب، جنوب غرب
Ruppia maritima L.	Pe	شرق، غرب، مرکز، جنوب غرب

شکل‌های رویشی گیاهان شورزی ایران نشان‌دهنده‌ی تنوع بالای سازگاری آن‌ها با شرایط مختلف شوری و خشکی است. در این مطالعه، هالوفیت‌های ایران بر اساس شکل رویشی به پنج گروه اصلی گیاهان یک‌ساله (An)، چندساله علفی (Pe)، بوته‌ای (Bu)، درختچه‌ای (Sh) و درختی (Tr) تقسیم شدند. این تقسیم‌بندی به‌خوبی نشان می‌دهد که گیاهان شورزی کشور از نظر شکل ظاهری و طول عمر، دامنه‌ی وسیعی از سازگاری را در زیستگاه‌های شور از خود بروز داده‌اند. از گیاهان کوچک یک‌ساله که چرخه زندگی خود را در مدت کوتاه‌تری کامل می‌کنند تا درختان و درختچه‌های چندساله که می‌توانند سال‌ها در شرایط شور دوام بیاورند.

بر اساس نتایج، بیشترین تعداد گونه‌ها متعلق به گیاهان یک‌ساله (۳۰/۸ ٪) و چندساله علفی (۲۶/۵ ٪) است (شکل ۱). این گروه‌ها معمولاً در مناطقی با تغییرپذیری بالای رطوبت و شوری رشد می‌کنند و نقش مهمی در پوشش‌دهی سریع خاک، کاهش تبخیر سطحی، و تثبیت سطح زمین‌های شور و نیمه‌کویری دارند. گیاهان یک‌ساله به دلیل چرخه زندگی کوتاه و توانایی جوانه‌زنی سریع در فصول مرطوب، اولین گونه‌هایی هستند که پس از بارندگی در شوره‌زارها ظاهر می‌شوند و اکوسیستم را برای سایر گونه‌ها آماده می‌سازند.

در مقابل، گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای که به‌ترتیب ۲۲/۷ ٪ و ۱۵/۷ ٪ از فلور گیاهان شورپسند را تشکیل می‌دهند، معمولاً در خاک‌های با شوری بالا و در مناطق بادخیز رشد می‌کنند. این گیاهان، با دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و ساختار چوبی، نقش مهمی در تثبیت خاک، کنترل فرسایش بادی و ایجاد سایه و رطوبت موضعی دارند. درختان شورزی مانند گونه‌های جنس *Tamarix* نیز با داشتن توانایی دفع نمک از طریق غدد ویژه، در احیای زمین‌های شور و شور- سدیمی و حتی در زراعت چوب در مناطق شور جنوب ایران کاربرد دارند.

به‌طور کلی، این تنوع در شکل‌های رویشی بیانگر آن است که هالوفیت‌های ایران می‌توانند در سطوح مختلف از پوشش علفی کوتاه تا درختی بلند قامت در مدیریت اکوسیستم‌های شور نقش‌آفرینی کنند. چنین اطلاعاتی می‌تواند برای انتخاب گونه‌های مناسب در پروژه‌های احیای اراضی شور، ایجاد کمربند سبز در مناطق کویری و طراحی سامانه‌های پایدار شورورزی بسیار سودمند باشد.



شکل ۱: فراوانی نسبی شکل‌های رویشی گیاهان هالوفیت

An=یکساله، Pe=چندساله علفی، Bu=بوته، Sh=درختچه و Tr=درخت

شکل ۱ نشان‌دهنده فراوانی نسبی شکل‌های رویشی گیاهان هالوفیت است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین سهم از گونه‌های شورزی به گیاهان یک‌ساله (An) و چندساله علفی (Pe) تعلق دارد، در حالی که گونه‌های بوته‌ای (Bu)، درختچه‌ای (Sh) و درختی (Tr) نسبت کمتری از فلور را تشکیل می‌دهند.

این الگو تأکید می‌کند که گیاهان کوچک و علفی نقش محوری در اکوسیستم‌های شور دارند؛ آن‌ها با سرعت رشد بالا، پوشش‌دهی سریع خاک و سازگاری با تغییرات شوری و رطوبت، پایه‌ای برای تثبیت خاک و آماده‌سازی زیستگاه برای سایر گونه‌ها ایجاد می‌کنند. در مقابل، گونه‌های بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی با دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و ساختار چوبی، در کنترل فرسایش، ایجاد سایه و افزایش رطوبت موضعی نقش دارند و برای پروژه‌های احیای طولانی‌مدت زمین‌های شور اهمیت دارند؛ بنابراین، اطلاعات ارائه‌شده در این شکل می‌تواند به انتخاب گونه‌های مناسب برای احیای اراضی شور، طراحی سامانه‌های پایدار شورورزی و مدیریت اکوسیستم‌های شور کمک شایانی کند و مبنای علمی مناسبی برای برنامه‌ریزی کاربردی فراهم آورد.

تحلیل تنوع فلور گیاهان شورپسند ایران در مقایسه با پژوهش‌های پیشین

اولین فهرست هالوفیت‌های ایران توسط آخانی و قربانلی در سال ۱۹۹۳ منتشر شد (۹) و شامل ۱۶۵ گونه از ۷۳ جنس و ۲۶ تیره بود. بزرگ‌ترین تیره‌ها از نظر تنوع گونه‌ای، Chenopodiaceae (۸۷ گونه)، Tamaricaceae (۱۵ گونه) و Plumbaginaceae (۱۳ گونه) بودند.

در سال ۲۰۰۶، آخانی این فهرست را تکمیل کرد (۸) و ۳۶۵ گونه هالوفیت و گیاهان مقاوم به شوری را معرفی نمود که به ۱۵۱ جنس و ٤٤ تیره تعلق داشتند. هرچند تشخیص دقیق هالوفیت بودن یا مقاوم به شوری بودن برخی گونه‌ها دشوار است، همه‌ی این گونه‌ها در خاک‌هایی با هدایت الکتریکی بیش از ٤ دسی‌زیمنس بر متر رشد می‌کنند یا با گونه‌های شناخته‌شده هالوفیت همراه هستند.

بر اساس فهرست‌های گذشته، تیره Chenopodiaceae با ۱۳۹ گونه و ۳۵ جنس بیشترین تعداد گونه‌ها را دارد و پس از آن، تیره‌های Poaceae با ۳۵ گونه و ۱۷ جنس، Tamaricaceae با ۲۹ گونه و ۲ جنس، Asteraceae با ۲۳ گونه و ١٤ جنس، Zygophyllaceae با ۱۲ گونه و ٦ جنس، و Brassicaceae و Juncaceae هر کدام با ۱۰

گونه در رتبه های بعدی قرار دارند. این اطلاعات می‌تواند راهنمای ارزشمندی برای انتخاب گونه‌ها در احیای اراضی شور و توسعه پروژه‌های شورورزی باشد.

در پژوهش حاضر، ۱۸۵ گونه هالوفیت از رویشگاه‌های شور ایران جمع‌آوری شد که به ٦٣ جنس و ٢٤ تیره تعلق دارند. بیشترین تنوع گونه‌ای متعلق به Chenopodiaceae(٩٤ گونه، ٢٧ جنس)، Tamaricaceae(٢٤ گونه، ٢ جنس) و Plumbaginaceae (١٥ گونه، ٢ جنس) است.

این نتایج با فهرست ارائه شده توسط آخانی و قربانلی (۹) همخوانی دارد. گونه‌های معرفی شده توسط آخانی (۸) عمدتاً گیاهان مقاوم به شوری هستند، اگرچه در آن مقاله فهرست دقیق گونه‌ها ارائه نشده و تنها اسامی تیره‌ها و تعداد جنس‌ها ذکر شده است. جنس‌هایی با بیشترین تعداد گونه شامل *Salsola* (۲۱ گونه)، *Tamarix* (۲۰ گونه)، *Suaeda* و *Limonium* (هر کدام ۱۲ گونه)، *Halothamnus* و *Anabasis* (هر کدام ۱۰ گونه) هستند.

تفاوت‌های جزئی در تعداد گونه‌ها و جنس‌ها نسبت به مطالعات پیشین عمدتاً به دیدگاه متفاوت پژوهشگران درباره هالوفیت بودن یا مقاوم به شوری بودن گیاهان بازمی‌گردد و این اختلاف نظر در پژوهش‌های بین‌المللی نیز مشاهده می‌شود. برای مثال، در ترکیه گاون‌سن و همکاران (١٤) تعداد هالوفیت‌ها را ۳۰۰ گونه در ۱۵۰ جنس و ٤٠ تیره و در مطالعه‌ای دیگر اوزتورک و همکاران (۱۸) تعداد آن‌ها را ۳۰٤ گونه در ۱۷۲ جنس و ۵۰ تیره گزارش کرده‌اند. با وجود تفاوت در اعداد، ترکیب تیره‌ها و جنس‌های پرتنوع در فلور شور ایران و ترکیه شباهت قابل توجهی دارد و نشان می‌دهد که برخی تیره‌ها و جنس‌ها نقش کلیدی در اکوسیستم‌های شور دارند.

در فلور هالوفیت ایران، گیاهان یک‌ساله با ۵۷ گونه (۳۰/۸ ٪) نقش برجسته‌ای دارند. برخلاف مناطق گرمسیری که گونه‌های چندساله غالب‌اند، در بیابان‌ها و نیمه‌بیابان‌های ایران، گیاهان یک‌ساله بخش مهمی از پوشش هالوفیتی را تشکیل می‌دهند. بیشتر این گونه‌ها از تیره Chenopodiaceae هستند و به دلیل سازگاری بالا با شرایط خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و محدودیت آب، گزینه‌های مناسب برای احیای اراضی شور و توسعه کشاورزی شورورزی پایدار به شمار می‌روند.

به طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تنوع و پراکنش گونه‌های هالوفیت در ایران نه تنها ارزش زیست‌محیطی و اکولوژیک دارد، بلکه می‌تواند به‌طور مستقیم در مدیریت و احیای اراضی شور، انتخاب گونه‌های مناسب برای پروژه‌های شورورزی و توسعه سامانه‌های کشاورزی پایدار مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

توصیه ترویجی

مطالعه حاضر نشان داد که پوشش گیاهی شوره‌زارهای ایران شامل ۱۸۵ گونه هالوفیت از ٦٣ جنس و ٢٤ تیره است و بیشترین تنوع گونه‌ای در تیره‌های Chenopodiaceae، Tamaricaceae و Plumbaginaceae مشاهده شد. گیاهان یک‌ساله و چندساله علفی نقش کلیدی در پوشش و پایداری زیستگاه‌های شور دارند، در حالی که گونه‌های بوته‌ای، درختچه‌ای و درختی می‌توانند در تثبیت خاک، کنترل فرسایش و احیای طولانی‌مدت اراضی شور مؤثر باشند.

این نتایج نشان می‌دهد که هالوفیت‌های ایران منبعی غنی از گونه‌های مقاوم به شوری هستند که می‌توانند در مدیریت پایدار شوره‌زارها، احیای اراضی شور و توسعه سامانه‌های شورورزی مورد استفاده قرار گیرند. انتخاب گونه‌های مناسب بر اساس فرم رویشی و سازگاری با شرایط محلی می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و حفاظت از منابع آب و خاک شور ایفا کند. به بیان ساده، گیاهان شورزی ایران فرصتی طلایی برای ترکیب علم و عمل در مدیریت اراضی شور و توسعه کشاورزی پایدار فراهم می‌کنند.

منابع مورد استفاده

۱. اسدی، م. (سر ویراستار). (۱۳٦۷–۱۳۹۷). فلور ایران، شماره‌های ۱–۱٤۸. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران.

۲. عصری، ی. (۱۳۷۷). پوشش‌گیاهی شوره‌زارهای دریاچه ارومیه. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، شماره ۱۹۱.

۳. عصری، ی. (۱۳۸۲). فلور، شکل‌های زیستی و کوروتیپ‌های گیاهان ذخیره‌گاه بایوسفر کویر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان, ۷(٤)، ۲٤۷–۲٦۰.

٤. عصری، ی. (۱۳۸٦). مطالعه جامعه‌شناسی گیاهی منطقه حفاظت شده موته. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، شماره ۳٦۷٤.

۵. عصری، ی.، جلیلی، ع.، اسدی، م.، و دیانت‌نژاد، ح. (۱۳۷۹). نگرشی بر فلور ذخیره‌گاه بایوسفر توران. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۳(۲)، ٤–۱۹.

٦. علایی، ا. (۱۳۷۹). بررسی جامع فلورستیک و فیتوسوسیولوژیک مناطق نفت‌خیز جنوب غرب ایران (رساله دکتری). دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

7. Akhani, H. (1998). Plant biodiversity of Golestan National Park, Iran. Stapfia, 53, 1–411.

8. Akhani, H. (2006). Biodiversity of halophytic and Sabkha ecosystems in Iran. In M. Ajmal Khan, B. Böer, G. S. Kust, & H.-J. Barth (Eds.), Sabkha ecosystems, Vol. II: West and Central Asia (pp. 71–88). Springer.

9. Akhani, H., & Ghorbanli, M. (1993). A contribution to the halophytic vegetation and flora of Iran. In H. Lieth & A. Al-Masoom (Eds.), Towards the rational use of high salinity tolerant plants, Vol. 1 (pp. 35–44). Kluwer Academic Publishers.

10. Alaie, E., & Ghahreman, A. (2001). Notes on the distribution, climate and flora of the oil field areas, South-West of Iran. Iranian International Journal of Sciences, 2(1), 15–32.

11. Assadi, M. (1984). Studies on the autumn plants of Kavir, Iran. The Iranian Journal of Botany, 2 (2), 125–148.

12. Attar, F., Hamzehée, B., & Ghahreman, A. (2004). A contribution to the flora of Qeshm Island, Iran. The Iranian Journal of Botany, 10 (2), 199–218.

13. Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015). Plant salt tolerance: Adaptations in halophytes. Annals of Botany, 115 (3), 327–331. https://doi.org/10.1093/aob/mcu271

14. Güvensen, A., Gork, G., & Öztürk, M. (2006). An overview of the halophytes in Turkey. In M. Ajmal Khan et al. (Eds.), Sabkha ecosystems, Vol. II: West and Central Asia (pp. 9–30). Springer. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4202-0_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-4202-0_2(

15. Küchler, A. M., & Zonneveld, I. S. (1988). Vegetation mapping. Kluwer Academic Publishers.

16. Massoud, A. (1977). The salt-affected soils of Iran. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

17. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681. [https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911](https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911(

18. Öztürk, M., Altay, V., Gucel, S., & Güvensen, A. (2014). Halophytes in the East Mediterranean, their medicinal and other economical values. In M. Ajmal Khan, B. Böer, M. Öztürk, Z. Al-Abdessalaam, M. Clüsener-Godt, & B. Gul (Eds.), Sabkha ecosystems: Vol. IV: Cash crop halophyte and biodiversity (pp. 247–272). Springer.

19. Qadir, M., et al. (2014). Exploring the potentials of halophytes in addressing land degradation and food security. Environmental Science & Policy, 41, 1–12. [https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.04.004] (https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.04.004)

20. Rechinger, K. H. (1977). Plants of the Touran Protected Area, Iran. The Iranian Journal of Botany, 1(2), 155–180.

21. Rechinger, K. H., & Wendelbo, P. (1976). Plants of the Kavir Protected Area, Iran. The Iranian Journal of Botany, 1(1), 23–56.

22. Rechinger, K. H. (Ed.). (1963–2010). Flora Iranica (Nos. 1–178). Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz.

23. Van Oosten, M. J., et al. (2015). Functional biology of halophytes in the phytoremediation of saline soils. Environmental and Experimental Botany, 115, 1–11. [https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.03.003] (https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.03.003).