بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده کشاورزی

تأثیر فرم معمول و نانو ذرات اکسید روی بر واکنش ارقام گندم به تنش شوری

پایان نامه کارشناسی ارشد

مرضیه اسدی

اساتید راهنما

دکتر مرتضی زاهدی
دکتر محمد حسین اهتمام

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت خانم مرضیه اسدی

تحت عنوان

تأثیر فرم معمول و نانو ذرات اکسید روی بر واکنش ارقام گندم به تنش شوری

در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۶ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای پایان نامه	دکتر مرتضی زاهدی
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر محمدحسین اهتمام
۳-استاد مشاور	دکتر احمد ارزانی
۴- استاد مشاور	دکتر امیرحسین خوشگفتارمنش
۵-استاد داور	دکتر حسن کریم‌مجنی
۶- استاد داور	دکتر بهروز مصطفی زاده‌فرد

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر جهانگیر خواجه علی

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خدایی راکه نعمت هایش سرشار و احسانش وافر است، خدایی که همه ی هستی ام از آن اوست.

مراتب تشکر و سپاس خود را تقدیم می دارم به خانواده ی عزیزم به خصوص پدر و مادر بزرگوارم که هرچه دارم نتیجه زحمات این دو بزرگوار است.

تشکر و قدردانی میکنم از حمایتها و راهنمایی های بی دریغ اساتید راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر زاهدی و دکتر اهتمام که در کمال متانت و شکیبایی در تمام مراحل انجام این پایان نامه رو تشکر راه بنده بودند. تشکر میکنم از اساتید مشاور خوبم جناب آقای دکتر ارزانی و دکتر خوشگفتارمنش که در امر مشاورت این پایان نامه مرا یاری نمودند. تشکر میکنم از جناب آقای دکتر کریم مجنی و دکتر مصطفی زاده فرد که زحمت باز خوانی و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند.

تشکر میکنم از همکلاسی خوبم آقای جعفری و از دانشجوی مقطع کارشناسی آقای شمس که داوطلبانه در مراحل انجام کار با اینجانب همکاری نمودند. تشکر میکنم از همه ی همکلاسی های خوبم به خصوص خانم ها راعی، نیک رام، نصر، جوادی مقدم، غریب وند و کرباسچی که با هم فکری هایشان در انجام این پروژه مرا یاری نمودند.

در نهایت تشکر میکنم از مسئولین آزمایشگاههای گروه زراعت و اصلاح نباتات و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

مرضیه اسدی

تابستان ۹۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم

خواهران و برادران مهربانم

به پاس تمام خوبی‌هایشان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست جداول ..... یازده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع ۶

۲-۱- تنشهای محیطی ۶

۲-۲- تنش شوری ۷

۲-۳- طبقه بندی گیاهان از نظر مقاومت به شوری ۷

۲-۴- عکس العمل گیاهان به شوری ۸

۲-۵- مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گیاهان ۸

۲-۵-۱- اجتناب از شوری ۹

۲-۵-۲- تحمل به شوری ۱۰

۲-۶- تأثیر تنش شوری بر ساختار گیاه ۱۱

۲-۷- تأثیر تنش شوری بر محتوای کلروفیل ۱۲

۲-۸- تأثیر تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدانت ۱۲

۲-۹- ارتباط شوری با عناصر غذایی ۱۳

۲-۹-۱- سدیم ۱۳

۲-۹-۲- پتاسیم ۱۴

۲-۹-۳- روی ۱۴

۲-۱۰- عناصر ریز مغذی ۱۵

۲-۱۱- نقش عناصر ریزمغذی در کاهش اثرات تنشهای محیطی ۱۶

۲-۱۲- روی ۱۶

۲-۱۳- کمبود روی ۱۷
۲-۱۴- علائم ظاهری کمبود روی ۱۸
۲-۱۵- تأثیر روی بر رشد گیاه ۱۸
۲-۱۶- تأثیر روی بر میزان کلروفیل ۱۹
۲-۱۷- تأثیر روی بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت ۱۹
۲-۱۸- اثر تغذیه روی بر اجزاء عملکرد گندم ۱۹
۲-۱۹- فناوری نانو ۲۰
۲-۲۰- اثر نانو کودها بر رشد و عملکرد گیاهان ۲۱
فصل سوم: مواد و روشها ۲۴
۳-۱- مشخصات محل اجرا و روش آزمایش ۲۴
۳-۱-۱- آزمایش اول ۲۴
۳-۲- صفات مورد بررسی ۲۵
۳-۲-۱- وزن خشک ریشه و اندام‌هوایی ۲۵
۳-۲-۲- فعالیت آنزیمهای آنتی‌اکسیدانی ۲۵
۳-۳- آزمایش دوم ۲۶
۳-۴- صفات مورد بررسی ۲۷
۳-۴-۱- سطح برگ ۲۷
۳-۴-۲- محتوای کلروفیل برگ ۲۷
۳-۴-۳- غلظت عناصر در اندام هوایی ۲۷
۳-۵- محاسبات آماری ۲۸
فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۰
مرحله اول ۳۰
۴-۱- وزن خشک اندام‌هوایی ۳۰
۴-۲- وزن خشک ریشه ۳۱
۴-۳- نسبت وزن خشک اندام‌هوایی به ریشه ۳۲

۴-۴- فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی ۳۶
۴-۴-۱- کاتالاز ۳۶
۴-۴-۲- آسکوربات پراکسیداز ۳۷
۴-۴-۳- پراکسیداز ۳۸
مرحله دوم ۴۹
۴-۵- وزن خشک اندام‌هوایی ۴۹
۴-۶- وزن خشک ریشه ۴۹
۴-۷- نسبت وزن خشک اندام‌هوایی به ریشه ۵۰
۴-۸- سطح برگ ۵۰
۴-۹- محتوای کلروفیل برگ ۵۳
۴-۱۰- فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی ۵۶
۴-۱۱- غلظت عناصر در اندام‌هوایی ۵۹
۴-۱۱-۱- سدیم ۵۹
۴-۱۱-۲- پتاسیم ۵۹
۴-۱۱-۳- نسبت غلظت سدیم به پتاسیم ۶۰
۴-۱۱-۴- غلظت روی در اندام‌هوایی ۶۱
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۸
۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۸
۵-۲- پیشنهادات ۶۹
فهرست منابع ۷۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندام‌هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت اندام‌هوایی به ریشه ارقام گندم (مرحله اول) ۳۴

جدول ۴-۲ مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت اندام‌هوایی به ریشه ارقام گندم (مرحله اول) ۳۵

جدول ۴-۳ نتایج تجزیه واریانس آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ارقام گندم (مرحله اول) ۳۹

جدول ۴-۴ مقایسه میانگین آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ارقام گندم (مرحله اول) ۴۰

جدول ۴-۵ مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم ارقام گندم (مرحله اول) ۴۱

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثرات متقابل اکسیدروی و رقم ارقام گندم (مرحله اول) ۴۵

جدول ۴-۷ مقایسه میانگین اثرات متقابل اکسید روی و شوری ارقام گندم (مرحله اول) ۴۷

جدول ۴-۸ درصد و نسبت واکنش ارقام گندم به تنش شوری و کاربرد اکسیدروی (مرحله اول) ۴۸

جدول ۴-۹ نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندام‌هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۱

جدول ۴-۱۰ مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌هوایی، وزن خشک ریشه و سطح برگ ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۲

جدول ۴-۱۱ نتایج تجزیه واریانس کلروفیل ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۴

جدول ۴-۱۲ مقایسه میانگین کلروفیل ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۵

جدول ۴-۱۳ نتایج تجزیه واریانس آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۷

جدول ۴-۱۴ مقایسه میانگین آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز ارقام گندم (مرحله دوم) ۵۸

جدول ۴-۱۵ نتایج تجزیه واریانس سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و روی ارقام گندم (مرحله دوم) ۶۲

جدول ۴-۱۶ مقایسه میانگین سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و روی ارقام گندم (مرحله دوم) ۶۳

جدول ۴-۱۷ مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و رقم ارقام گندم (مرحله دوم) ۶۴

جدول ۴-۱۸ مقایسه میانگین اثرات متقابل اکسیدروی و رقم ارقام گندم (مرحله دوم) ۶۵

جدول ۴-۱۹ مقایسه میانگین اثرات متقابل اکسید روی و شوری ارقام گندم (مرحله دوم) ۶۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود اکسیدروی به فرم معمول و نانو ذرات بر واکنش ارقام گندم به شوری دو آزمایش گلدانی در محیط گلخانه ترتیب داده شده بود و هر یک به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای کودی در هر دو آزمایش شامل تغذیه گیاهان با اکسید روی به فرم معمول و نانو ذرات از طریق محلول غذائی بود. در آزمایش اول تعداد ۲۰ رقم گندم (شعله، سرخ تخم، عدل، هیرمند، آزادی، بیات، استار، روشن، نیک نژاد، بک کراس بهاره روشن، اینیا، مغان۲، سیستان، لاین۹شوری، طبسی، کرج۱، پیشتاز، چناب، کویر، چمران) در دو سطح شوری صفر(شاهد) و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و در آزمایش دوم تعداد ۴ رقم گندم (نیک نژاد، اینیا ، روشن، مغان۲)، که بر اساس نتایج آزمایش اول دارای تنوع قابل ملاحظه ای از نظر واکنش به نانو ذرات اکسیدروی بودند، در سه سطح شوری صفر(شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. در اثر شوری سطح برگ، وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه، محتوای کلروفیل، غلظت عناصر پتاسیم و روی در اندام‌هوایی کاهش ولیکن غلظت سدیم در اندام-هوایی، نسبت وزن خشک اندام‌هوایی به ریشه و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز افزایش یافت. اثر متقابل شوری و رقم بر وزن خشک اندام‌هوایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی معنی‌دار بود. میزان کاهش وزن خشک اندام‌هوایی در اثر شوری در بین ارقام مورد ارزیابی از ۲۰ تا ۴۱ درصد متغیر بود. بر این اساس در بین ارقام عدل و هیرمند به ترتیب متحمل‌ترین و حساسترین ارقام نسبت به تنش شوری بودند. در بین ارقام مورد مطالعه میزان افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در اثر شوری برای آنزیم کاتالاز از ۲/۳۷ تا ۴/۸۰ و برای آنزیم آسکوربات پراکسیداز از ۲/۲۴ تا ۵/۹۳ و برای آنزیم پراکسیداز از ۱/۷۲ تا ۶/۱۰ برابر متغیر بود. تنوع زیادی بین ارقام گندم از نظر واکنش به کاربرد نانو ذرات اکسیدروی وجود داشت، بطوریکه کاربرد اکسیدروی به فرم نانو نسبت به فرم معمول آن باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌هوایی در ارقام سیستان، کویر، سرخ تخم، هیرمند، اینیا و نیک نژاد و در مقابل موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام‌هوایی ارقام مغان۲ و روشن گردید. تفاوت بین دو فرم اکسیدروی از این نظر برای دیگر ارقام مورد مطالعه معنی‌دار نبود. در اثر تغذیه گیاهان با اکسیدروی به فرم نانو ذرات فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی افزایش یافت و میزان این افزایش برای آنزیم پراکسیداز نسبت به آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز کمتر بود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بین ارقام گندم از نظر واکنش به تنش شوری و تغذیه گیاهان با نانو ذرات اکسیدروی تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد.

کلمات کلیدی: گندم، شوری، اکسیدروی، نانو ذرات، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

رشد و عملکرد گیاهان زراعی تابعی از کلیه‌ی عوامل محیطی و اثرات متقابل آنها می‌باشد [۳۶]. شوری یکی از عوامل عمده محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را در بسیاری از مناطق کشاورزی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، محدود می‌کند [۱۵۴]. برای هر گیاه زراعی یک آستانه تحمل به شوری وجود دارد. در سطوح شوری بالاتر از این آستانه به ازای افزایش هر واحد شوری درصدی از عملکرد کاهش می یابد، تا جایی که رشد متوقف می‌شود [۱۴۳]. در واقع شوری موجب کاهش رشد گیاهان از طریق دسترسی به آب در گیاه می‌شود و با افزایش غلظت نمک در ناحیه‌ی ریشه میزان ماده‌ی خشک گیاهان کاهش می‌یابد [۱۳۳]. به هر حال، جذب نمک‌ها در گیاهان می‌تواند به طور مستقیم و محسوسی فتوسنتز یا فعالیت آنزیم‌ها و در نهایت رشد گیاهان را متأثر سازد. علاوه بر آن شوری موجب کاهش سطح برگ و حتی ریزش برگ‌ها می‌شود [۱۷۶]. گونه‌های مختلف زراعی از نظر تحمل به شوری به گروه‌های حساس، نیمه متحمل و متحمل تقسیم شده‌اند، همچنین بین ارقام متعلق به یک گونه زراعی نیز از نظر واکنش به شوری تفاوت وجود دارد [۱۴۳]. مقاومت گیاهان به شوری غالباً در ارتباط با تنظیمات اسمزی گیاه می‌باشد. در طی این مکانیسم ترکیبات محلول متعددی از جمله پتاسیم، پرولین، قندها، گلایسین بتائین و پلیول‌ها در گیاه تجمع پیدا می‌کنند. تجمع این ترکیبات به گیاه امکان حفظ تورژسانس سلول و محافظت از مولکول‌های بزرگ در برابر کمبود آب ایجاد شده توسط نمک را می‌دهد [۹۸]. یکی دیگر از راهکارهای گیاه برای مقابله با شوری، پایین نگه داشتن غلظت یون سدیم و بالا نگه داشتن غلظت یون پتاسیم در اندام هوایی و ریشه می‌باشد [۱۱۶].

با افزایش شوری خاک، جذب برخی از عناصرغذایی ضروری گیاه کاهش یافته و کمبود آنها در گیاه ایجاد می‌شود [۴]. ایران نیز به ویژه در مناطق مرکزی دارای خاک‌های شور و آهکی می‌باشد، لذا در این خاک‌ها گیاه نمی‌تواند عناصر کم مصرف را به میزان کافی جذب کند و یا در صورت جذب، به دلیل رسوب در آوندها امکان استفاده از آنها وجود ندارد. به این ترتیب حرکت این عناصر به میوه، برگ و دانه کند بوده و غلظت آنها در اندامهای مورد مصرف انسان و دام پایین است که در نتیجه گیاه، انسان و دام با کمبود این عناصر روبرو خواهند شد [۳۵]. حتی اگر وضعیت عناصر غذایی قابل استفاده خاک در حد کمبود نباشد، کاربرد کودهای کم مصرف در شرایط شور می‌تواند کاهش جذب عناصر را که در نتیجه‌ی اثر ضدیتی یون‌ها به وجود آمده، جبران کند [۲۸].

عنصر روی یکی از عناصر ریزمغذی ضروری برای رشد و تولید گیاهان زراعی است [۱۹۱]. این عنصر در سنتز پروتئین‌ها، فعال کردن آنزیم‌ها و فعالیت‌های متابولیسمی نقش اساسی دارد. بنابراین کمبود روی و دیگر عناصر ریزمغذی می‌تواند منجر به کاهش فتوسنتز، تولید کربوهیدرات‌ها، سنتز پروتئین‌ها و در نتیجه موجب کاهش عملکرد و کیفیت محصول گردد [۱۵۵ و ۲۱۷]. در شرایط شوری خاک کمبود شدید روی، ساختمان ریشه، ساقه و برگ را تغییر داده و نیز قطر آوندها را کوچکتر می‌کند [۹۰]. در شرایط تنش شوری، افزایش غلظت روی در محیط ریشه می‌تواند اثرات منفی کلرید سدیم را به واسطه‌ی جلوگیری از جذب یا انتقال سدیم و کلر کاهش دهد [۴۵]. بهبود وضعیت تغذیه‌ای این عنصر در گیاهان تا حد زیادی مقاومت به تنش شوری را می‌تواند بهبود بخشد [۱۰۶].

مصرف کودهای شیمیایی نظیر نیتروژن و فسفر برای دستیابی به حداکثر عملکرد و عدم استفاده همزمان از عناصر کم مصرف، منجر به کاهش ذخیره عناصر کم مصرف نظیر روی در بیشتر مزارع گندم می‌شود، در حالی که این گیاه حساسیت شدیدی نسبت به کمبود روی دارد [۶۴]. در دنیا حدود ۵۰٪ از خاکهایی که برای تولید غلات بکار می‌رود، مقدار کمی روی قابل استفاده دارند [۱۳۹]. بانزال و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردندکه کمبود روی در گیاهان به طور جهانی گسترش دارد و حدود۳۰٪ از اراضی زیر کشت جهان را شامل می‌شود. همچنین همبستگی معنی داری بین مقدار روی در خاک با مقدار روی در دانه وجود دارد [۵۴]. کمبود روی یکی از مهمترین اختلالات ریزمغذی است که عملکرد محصولات را در خاک‌های آهکی و شور محدود می‌کند و در حال حاضر به عنوان یک عامل خطرناک برای سلامت انسان و علل مرگ و میر در سطح جهان است [۱۰۶ و ۱۳۹]. تحقیقات نشان می‌دهد که اگر حاصلخیزی خاک بویژه عناصر ریزمغذی و بخصوص روی در خاک تأمین شود، ارقام گندم می‌توانند عملکرد بالاتری تولید کنند [۱۷۷]. گندم از جمله غلاتی است که در آن اختلاف زیادی در پاسخ ارقام آن به کمبود روی وجود دارد [۷۰ و ۹۵].

انتخاب ژنوتیپ‌هایی از گیاهان که مقاومت بیشتری نسبت به کمبود روی داشته باشند، روش مناسبی برای غلبه بر کمبود این عنصر در گیاهان محسوب می‌شود [۷۰]. یکی از روش‌هایی که برای رفع کمبود عناصر

کم مصرف در سطح گسترده‌ای از خاک‌های کشور بکار می‌رود، محلول پاشی این عناصر از جمله روی می‌باشد. گیاهان خانواده گندمیان بویژه گندم نسبت به کمبود روی از حساسیت بیشتری برخوردار است. با توجه به نقش این عنصر در افزایش تولید، ضرورت استفاده از آن بطور روز افزون احساس می‌شود [۲۱ و ۵۴]. کاربرد عناصر کم مصرف علاوه بر افزایش عملکرد، می‌تواند در بهبودکیفیت دانه گندم نیز مؤثر باشد [۱۳۹].

با پیشرفت بشر در زمینه دانش و فن‌آوری، نانو فناوری می‌تواند یک راه حل مؤثر به منظور افزایش محصولات کشاورزی و مشکلات زیست محیطی باشد. امروزه تولید کودها و سموم در ابعاد نانو به دلیل کمک به افزایش عملکرد محصولات مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این کودها در ابعاد نانو می‌توان به نانو ذرات روی اشاره کرد [۱۹ و ۷۹]. لذا، این تحقیق به منظور بررسی اثر اکسید روی به دو فرم معمول و نانو ذرات بر واکنش ارقام گندم به تنش شوری اجرا شد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱-تنش‌های محیطی

عوامل محیطی مختلفی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مؤثر است که این عوامل می‌توانند بر کاهش یا افزایش رشد گیاه اثر داشته باشند [۳٦]. لویت (۱۹۸۰) تنش را نتیجه‌ی روند غیر عادی فرآیندهای فیزیولوژیکی دانست که از تاثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود [۱۳۳]. در تعریفی دیگر، تنش در اصل یک مفهوم مکانیکی است که دانشمندان آن را به عنوان نیروی وارده بر سطح یک جسم تعریف کرده‌اند ولی در مقیاس بیولوژیکی و در سطح گیاه هر گونه عامل محدودکننده خارجی که سبب عدم رسیدن توان تولیدی گیاه به پتانسیل ژنتیکی آن شود نوعی تنش محسوب می‌گردد [۱]. در حقیقت مقدار یا شدت نامناسب عوامل محیطی است که می‌تواند به طور بالقوه‌ای برای موجود زنده مشکل ساز باشد و باعث تنش در گیاه یا در اجزای آن و بروز آسیب‌های مستقیم و غیرمستقیم درگیاه یا اجزای آن شود [۳٦].

در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی گیاهان تنش‌های مختلفی را به واسطه‌ی عوامل زنده و غیر زنده تجربه می‌کنند که می‌تواند فرایندهای فیزیولوژیک و رشد معمولی گیاه را مختل کند [۱۰۳]. خسارت تنش‌های کمبود آب، شوری و دما به گیاهان زراعی در سطح جهان در مقابسه با سایر تنش‌ها گسترده‌تر است و تنش‌های شوری و خشکی که بطورگسترده‌تری رشد گیاهان را محدود می‌کنند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳٦ و ۱٦۲]. در طبیعت یک تنش به ندرت در غیاب تنش‌های دیگر رخ می‌دهد، از این رو

تجزیه و تحلیل اثر تنش‌ها به تفکیک مشکل است اما خوشبختانه در اکثر موارد همبستگی خوبی بین مقاومت به تنش‌های مختلف وجود دارد [۲۰ و ۱۳۳].

۲-۲-تنش شوری

شوری آب یا خاک از جمله مهمترین تنش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که تا حدود زیادی می‌تواند رشد گیاهان را محدود کند [۱۲۸]. در منابع علمی تعاریف مختلفی از شوری ارائه شده است که به مهمترین آنها اشاره می‌شود. شوری عبارت است از غلظت بالای املاح در آب یا محلول خاک که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه را در جذب آب کافی از خاک دچار مشکل می‌کند [۲۹ و ٤۱]. در تعریف دیگر، خاک شور به خاکی گفته می‌شود که غلظت املاح محلول در آن به قدری باشد که عملکرد را کاهش دهد، مشروط بر آنکه سایر عوامل مانعی برای رشد محصول ایجاد نکنند. شوری در سیستم‌های مرکب از خاک، آب و گیاه تعریف می‌شود، لذا، در شرایط مساوی، خاکی با غلظت معین از املاح محلول ممکن است برای یک گیاه شور و برای گیاه دیگر شور نباشد [٤۳]. تنش شوری، صرف نظر از مکانیسم شور شدن خاک، به دلیل تجمع بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک بروز می‌کند. این املاح در درجه اول سدیم، کلر و سپس بی‌کربنات‌ها، سولفات‌ها، کلسیم، منیزیم، بر و به ندرت نیترات‌ها می باشند. این املاح به دو صورت باعث بروز خسارت در گیاه می‌شوند. تجمع بیش از حد نمک در محلول خاک، پتانسیل اسمزی خاک را کاهش داده و گیاه در جذب آب دچار مشکل شده و موجب نوعی خشکی فیزیولوژیکی یا تنش اسمزی می‌گردد. از سوی دیگر به دلیل وجود یون‌های سمی در محلول خاک، گیاه با سمیت این یون‌ها مواجه می‌شود [۲۹].

اگرچه تنش شوری به دلیل حضور یون‌ها است ولی بین تنش شوری و تنش یونی تفاوت وجود دارد. لویت (۱۹۸۰) معتقد است زمانی که غلظت نمک به حدی باشد که پتانسیل آب خاک را به میزان قابل توجهی کاهش دهد، شوری رخ می‌دهد. به وضعیتی که تنش وجود داشته باشد ولی غلظت نمک به میزانی نباشد که افت چشمگیری در پتانسیل آب ایجاد کند، تنش یونی[۱] گفته می‌شود [۱۳۳].

۲-۳-طبقه بندی گیاهان از نظر مقاومت به شوری

بر اساس تحمل به شوری، گیاهان در دو گروه هالوفیت‌ها[۲] و گلیکوفیت‌ها[۳] قرار می‌گیرند. هالوفیت‌ها می‌توانند در خاک‌های با ۲ تا ۶ درصد نمک به خوبی رشد کنند [۲۰٤]. رشد گلیکوفیت‌ها در حضور نمک سدیم محدود می‌شود و درجات مختلفی از آسیب در آنها مشاهده می‌شود [۸۸ و ۲۱٤]. به این گروه از گیاهان که شامل اغلب گونه‌های گیاهان زراعی نیز می‌باشند، شیرین پسند گفته می‌شود [۱۹۳].

۱-Ionic stress
۲-Hallophytes
۳-Glycophytes

۲-۴-عکس العمل گیاهان به شوری

شوری باعث کاهش رشد، تسریع نمو، پیری و ممکن است موجب مرگ گیاه شود [۴۳]. با افزایش غلظت املاح آستانه‌ی تحمل[۱] گیاه ، رشد کاهش یافته و اندازه گیاه کوچک می‌شود. آستانه‌ی تحمل یا آستانه‌ی مقاومت گیاه، غلظتی از املاح محلول در خاک است که از آن پس کاهش عملکرد آغاز می‌شود [۴۳]. عوامل متعددی نظیر گونه گیاهی، متغیرهای محیطی، ترکیب نمک خاک یا آب، مرحله رشد گیاه و رقم گیاه بر مقاومت گیاه در برابر تنش شوری اثر می‌گذارد [۵۹]. همچنین با گسترش شوری فرآیندهای مهم گیاه از جمله فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم لیپیدها تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۲۲۲].

مونز و همکاران [۱۵۸] بیان کردند که واکنش گیاهان نسبت به تنش شوری دارای دو مرحله می‌باشد. در مرحله اول کاهش زیادی در رشد گیاه از طریق تنش اسمزی ناشی از شوری در محیط خارج از ریشه اتفاق می‌افتد. در مرحله دوم رشد گیاه به دلیل سمیت یون‌ها در داخل گیاهان کاهش می‌یابد، که این عکس العمل به عنوان پاسخ به یون ویژه معروف می‌باشد. این اثرات می‌تواند موجب کاهش آماس سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌ها، جلوگیری از فتوسنتز، عدم تعادل یونی در اثر انتقال ناکافی یون‌ها یا مکانیسم انتخابی آنها و یا باعث افزایش استفاده از انرژی متابولیکی در فرآیندهای غیر رشدی مرتبط با مکانیسم تحمل گیاه گردند [۴۲].

به علاوه، غلظت بالای املاح به ویژه غلظت بالای سدیم سبب تخریب خاک می‌شود و بواسطه کاهش تخلخل، هدایت هیدرولیکی و تهویه خاک در چنین خاکی ضعیف می‌شود و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱]. علاوه بر این، وضعیت میکروارگانیسم‌های خاک نیز تا حدود زیادی متأثر از میزان شوری در خاک است، بطوریکه فعالیت میکروارگانیسم‌های درگیر در عمل نیتریفیکاسیون با افزایش شوری خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۲۹].

۲-۵-مکانیسم‌های مقاومت به شوری در گیاهان

برخی از گونه‌های گیاهی مکانیسم‌های مؤثری برای مقابله با محیط‌های شور دارند ولی اکثر گیاهان زراعی نمی‌توانند در شرایط شور ادامه حیات دهند و در صورت زنده ماندن نیز مقدار محصول اندکی تولید می‌کنند [۴۲]. مقاومت به شوری غالباً به پیچیدگی‌های فیزیولوژیکی و ساختاری گیاهان بستگی دارد. عواملی نظیر گونه گیاهی، شرایط محیطی، نوع نمک‌های محلول در خاک و همچنین مرحله رشد و رقم گیاه بر مقاومت گیاه به شوری اثر دارد [۵۹]. مقاومت در گیاهان اغلب در سطح سلولی رخ می‌دهد [۲۲۲].

هنگامی که گیاهان با تنش شوری مواجه می‌شوند، بسته به نوع گونه و ژنوتیپ مکانیسم‌های مختلفی را هم در سطح سلول(تجمع یون و مواد اسمولیت[۲] در واکوئل‌ها و تنظیم اسمزی در سیتوپلاسم) و هم در سطح

۱-Threshold Value

۱-Osmolytes

گیاه (تولید غدد نمکی[۱] و ترشح نمک[۲] به خارج از پیکره گیاه، محصور سازی یون‌ها در ریشه و انتخابی عمل کردن در جذب یون‌ها) به منظور غلبه بر اثرات نامطلوب تنش به کار می‌گیرند [۵۹].

لویت (۱۹۸۰) اصطلاح مقاومت به نمک را به معنای وسیع آن که شامل تحمل به شوری و اجتناب از شوری می‌شود، استفاده کرد. از دیدگاه وی، تحمل به شوری، موقعی حاصل می‌شود که گیاهان از طریق تجمع نمک در سلول‌های معمولی خود یا سلول‌های خاصی مثل غده‌های نمکی به شوری واکنش نشان دهند. همچنین اجتناب از شوری، موقعی حاصل می‌شود که گیاهان در شرایط تنش شوری از طریق جذب آب اضافی یا دفع نمک از تغییر حالت سلول‌هایشان در غلظت‌های نمک جلوگیری و اجتناب می‌کنند. با این حال، واژه‌ی تحمل به شوری به توانایی‌های گیاه در رشد بر روی خاک‌های شور، صرف نظر از تجمع نمک در سلول‌هایشان و یا دفع نمک‌ا از آنها اطلاق می‌شود.

۲-۵-۱-اجتناب از شوری

گیاهان با سه مکانیسم مختلف از اثرات اولیه تنش شوری می‌گریزند: کنترل جذب یونی، حذف[۳] یا ترشح نمک و رقیق کردن نمک[۴] [۳۶].

۱-کنترل جذب یونی و ممانعت از انتقال نمک

تجمع سدیم در ریشه و عدم انتقال آن به قسمت‌های هوایی، سازوکاری برای مقابله با شوری است که در بعضی گیاهان مشاهده می‌شود [۳۶]. وجود غلظت‌های بالای نمک در ناحیه ریشه باعث جذب نمک به همراه عناصر غذایی به داخل گیاه می‌شود. آب و املاح پس از انتقال از طریق سیمپلاست به مغز ریشه، از طریق سلول‌های پارانشیم آوندچوبی به عناصر لوله آوندی منتقل می‌شوند تا از آن طریق به اندام‌های هوایی انتقال یابد. در این زمان ممکن است سلول‌های پارانشیم آوند چوبی به عنوان یک مانع غشایی از ورود نمک به جریان تعرق ممانعت کنند [۳۶]. جلوگیری از ورود نمک به داخل سیتوپلاسم به صورت دائم نمی‌باشد و گیاه نهایتاً در برابر نمک تسلیم شده و از بین می‌رود، مگر آنکه سرعت رشد آن به اندازه‌ای زیاد باشد که مخازن ذخیره نمک پر نشود و بدین طریق از ورود نمک به درون بافت‌های حساس جلوگیری گردد [۸۸].

۲-حذف یا ترشح نمک

تعدادی از گیاهان جذب کننده‌ی نمک در سطح برگ یا ساقه‌های خود دارای غدهای مخصوصی هستند که از طریق آنها می‌توانند مقادیر زیادی از نمک را دفع کنند [۲۱۵]. گیاهان هالوفیت ممکن است یون‌ها را به داخل غده‌های نمکی یا تریکوم‌ها که در قسمت‌هایی از گیاه از جمله برگ‌ها وجود دارند وارد کرده و به بیرون از گیاه ترشح نمایند [۳۶]. گیاهان خانواده بقولات به ویژه یونجه قادرند از طریق ترشح یون

۲-Salt Glands
۳-Salt Exudation
٤-Salt Exclusion
٥-Salt Dilution

سدیم از سلول‌های برگ به خارج از سلول مقدار سدیم در بافت خود را کاهش دهند [۳٦]. یکی از مهمترین نشانه‌های آشکار دفع نمک، لایه‌ای از نمک بر روی برگ و اندام هوایی گیاهان دارای غده‌های نمکی می‌باشد [۱۷۳].

۳-رقیق کردن نمک

تحقیقات نشان داده است که برخی گیاهان هالوفیت وغیر هالوفیت از طریق افزایش مقدار آب سلول‌های مزوفیل خود می‌توانند افزایش موقتی نمک در آپوپلاست را تحمل کنند، لذا نمک را رقیق نموده و ظرفیت خود را برای جذب نمک از محلول آپوپلاست بالاتر می‌برند. چنین مکانیسم‌های رقیق سازی شیره سلولی در گیاهی مانند جو دیده می‌شود. میزان یون‌های سدیم و کلر در بافت گیاهی جو، طی پنجه‌زنی به سرعت زیاد می‌شود ولی به دلیل رشد سریع، تغییر زیادی در غلظت آن ایجاد نمی‌شود [۹۸ و ۱٤۳].

۲-۵-۲-تحمل به شوری

تحمل به شوری به معنای توانایی گیاه برای ادامه رشد و تولید محصول در حضور نمک‌های اضافی در منطقه ریشه است [۱٤۲]. تحمل به شوری یک گیاه زراعی معمولا بر اساس میزان کاهش عملکرد آن در خاک‌های شور در مقایسه با عملکرد آن در خاک‌های غیر شور تعریف می‌گردد و بر همین اساس گونه-های مختلف گیاهان زراعی از نظر تحمل به شوری به گروه‌های حساس، نیمه‌متحمل و متحمل تقسیم بندی می‌شوند [۱٤۳]. براساس این طبقه بندی بسته به نوع گیاه زراعی یک آستانه تحمل به شوری وجود دارد، که در شوری‌های بیشتر از این آستانه به ازای افزایش هر واحد درصدی از عملکرد کاهش می‌یابد تا جایی که شوری آنقدر افزایش یافته که رشد متوقف و عملکرد صفر شود [۱٤۳ و ۱٤٤].

تحمل به شوری نوعی مقاومت اجزای پروتوپلاسمی به تنش شوری است که می‌تواند به وسیله‌ی پروتئین-های تنشی[۱] و مواد محلول اسمزی سازگار[۲] ایجاد و حفظ شود [۳٦].

به طور کلی گیاهان به دو روش غلظت درون سلولی خود را بالا می‌برند و بدین وسیله باعث کاهش پتانسیل اسمزی اجزاء داخلی خود می‌شوند، این دو روش شامل افزایش نمک‌های معدنی و افزایش سنتز مواد محلول آلی سازگار می‌باشد که هر دو عامل موجب تنظیم اسمزی گیاهان در معرض تنش می‌شوند [۳٦].

۱-افزایش نمک‌های معدنی

افزایش جذب یون‌هایی مانند پتاسیم، کلر، سدیم و کلسیم از محلول خاک یکی از راه کارهای اساسی هالوفیت‌ها در پایین نگه داشتن پتانسیل اسمزی اجزاء داخلی خود و در نتیجه تحمل در مقابل کم آبی ناشی از تنش شوری می‌باشد. به این واکنش گیاه در مقابل شوری تنظیم اسمزی[۳] گفته می‌شود. میزان تحمل گیاه بسته به یون به کار گرفته شده به منظور تنظیم اسمزی متفاوت است [۲۱۸]. به طور مثال هالوفیت‌هایی که

۱-Stress proteins
۲-Compatible cytoplasmic osmotic solutes
۱-Osmotic Adjustment

بین سدیم و پتاسیم تمایز قائل هستند، بیشتر از یون پتاسیم برای تنظیم اسمزی استفاده می‌کنند و نسبت به آنهایی که از یون سدیم استفاده می‌کنند تحمل بیشتری دارند. در اکثر گیاهان زراعی تحت تنش، ساز و کار غالب پایین نگه داشتن غلظت سدیم و بالا نگه داشتن غلظت پتاسیم در اندام هوایی می‌باشد. در واقع بالا نگه داشتن نسبت پتاسیم به سدیم مهم‌تر از پایین نگه داشتن غلظت سدیم است [۱۹۳ و ۲۰۸].

۲-افزایش سنتز مواد محلول آلی سازگار

گیاهان عالی در واکنش به پتانسیل پایین آب، از طریق تبدیل فرآورده‌های فتوسنتزی به مواد آلی با وزن ملکولی کم، نظیر فروکتان‌ها، اسیدهای آمینه، پرولین، اسیدهای آلی، گلایسین بتائین، مانیتول و غیره فشار اسمزی را تنظیم می‌کنند [۲۱۸]. این قبیل مواد محلول آلی موجب تنظیم اسمزی و در نتیجه نگه داری بیشتر آب و دفع سدیم می‌شوند. بر طبق این نظریه این گونه متابولیت‌ها به این علت مواد محلول آلی سازگار تلقی می‌شوند که می‌توانند در برخی واکنش‌های بیوشیمیایی جایگزین آب شوند و در واکنش‌های معمول گیاه مداخله نمایند [۳٦]. اگرچه این ملکول‌ها با نگه داری ساختار پروتئین‌ها گیاه را در مقابل خسارت‌های ناشی از تنش محافظت می‌کنند اما سنتز این گونه مواد هزینه‌های متابولیکی زیادی را برای گیاه بدنبال دارد که باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود [۲۰۸].

۲-۶-تاثیر تنش شوری بر ساختار گیاه

رشد گیاه فرآیند پیچیده‌ای است که با تغذیه، پتانسیل آب و فتوسنتز در ارتباط است [۳۸]. تاثیر شوری بر شکل ظاهری و همچنین بعضی از فرایندهای فیزیولوژیک گیاه در پژوهش‌های مختلف بررسی شده است [۸۸]. از دید سلولی، شوری باعث تحریک گیاه به تشکیل سلول‌های اپیدرمی که حاوی تعداد زیادی واکوئل هستند می‌شود. این حالت در سلول‌های اپیدرمی گیاهانی نظیر نخود فرنگی و لوبیا دیده شده است. واکوئل‌های سلول‌های گیاهی وظیفه تنظیم آماس و طویل شدن سلول را دارند. در تنش شوری، واکوئلی شدن سلول‌ها بیشتر در نزدیکی نوک ریشه رخ می‌دهد. چنین پاسخ سلولی بیشتر شبیه نوعی ساز و کار سازگاری است که احتمالاً از طریق تنظیم جریان ورودی نمک به داخل سلول و ذخیره آن در واکوئل، سیتوپلاسم را از طریق سمیت یون‌ها حفاظت می‌کند [۸۸]. در سطح سلولی، اثر شوری در اندام‌های مختلف یک گیاه ممکن است به صورت به هم ریختن نظم ساختمان سلول، ازهم گسیختگی ساختمان میتوکندری، اجتماع تعداد زیادی میتوکندری در یک سلول و تغییر در توزیع ریبوزوم در سلول مشاهده شود. صدمه شوری به میتوکندری می‌تواند در نتیجه اثر مستقیم یون در داخل بافت باشد. احتمالاً میتوکندری، کلروپلاست و واکوئل در رابطه با انتقال نمک به داخل سیتوپلاسم سلول از طریق پلاسمالما رقابت می‌کنند [۸۸].

تنش شوری موجب کاهش سطح برگ و کم شدن وزن خشک گیاه می شود [۳۸]. این نشانه‌ها در گیاه شاخص ترین پاسخ قابل مشاهده به تجمع نمک می‌باشد [۱۸۹]. فلاورز و یو (۱۹۸۰) بیان کردند که خسارت به برگ گونه‌های حساس به شوری ممکن است به دلیل افزایش غلظت یون در آپوپلاسم برگ و