دانشکده کشاورزی

گروه گیاه پزشکی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته بیماری شناسی گیاهی

عنوان

بررسی امکان انتقال باکتری‌های شورپسند به بذر گیاه گندم برای ایجاد تحمل به شوری

استاد راهنما:

دکتر رضا خاک‌ور

استادان مشاور:

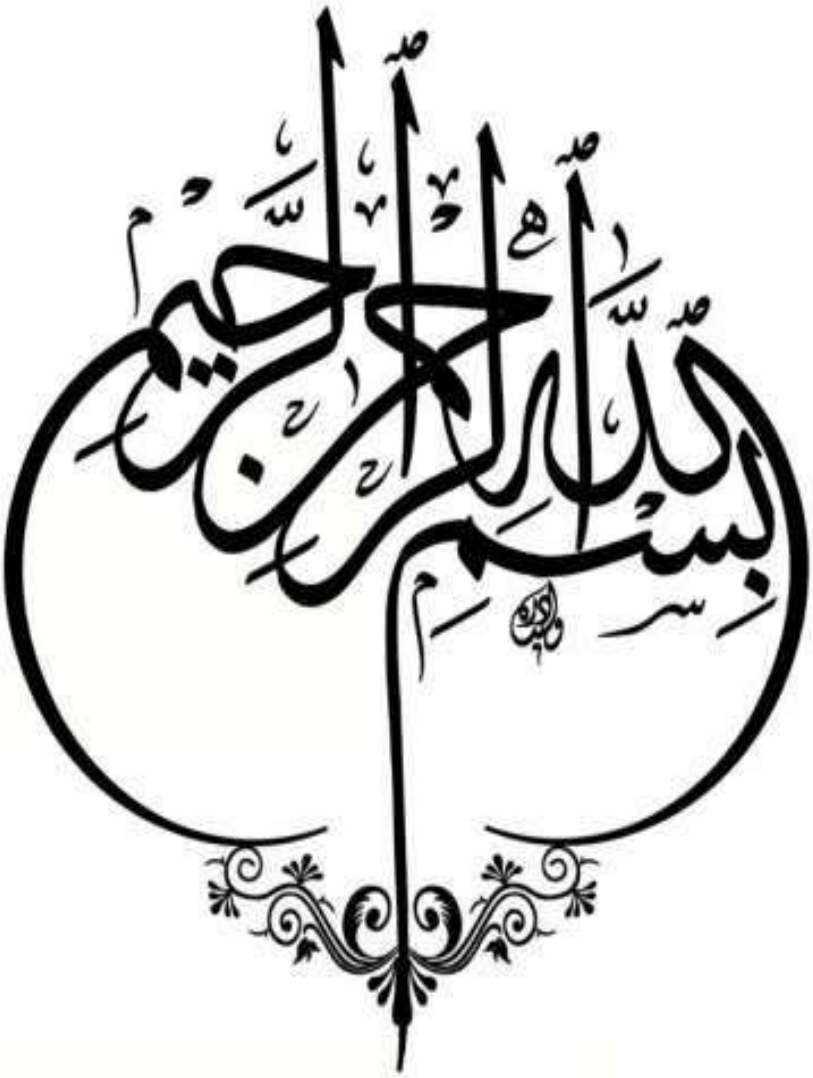
دکتر علی بنده حق دکتر توماس راتای

پژوهشگر:

افسانه فلاحی

بهمن ۱۳۹۸

شماره پایان نامه: ۲۳۴


بسم الله الرحمن الرحيم

با سپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید گردیم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

تقدیم به

استاد بزرگوارم دکتر رضا خاک‌ور به پاس زحمات بی دریغشان

تقدیر و تشکر

با تشکر و سپاس بی حد به درگاه باریتعالی که نخستین و بزرگترین یاری گر بندگان در آغاز و پایان هرکاریست.

و با تقدیر و تشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر رضا خاک ور که مرا در طول دوره تحصیل در دوره کارشناسی ارشد و نیز طی مراحل مختلف این تحقیق، صبورانه راهنمایی کرده و از محضر علمیشان مستفیض گردانیده‌اند.

همچنین با تشکر از جناب آقای دکتر بنده حق که با قبول زحمت مشاوره و کمک در جمع‌آوری منابع مرا در انجام این کار یاری داده اند.

از داور گرامی آقای دکتر علی ویانی که زحمت داوری رساله بنده را به عهده داشتند، نهایت تشکر را دارم.

از مسئول محترم آزمایشگاه جناب آقای مهندس‌ها تف به پاس کمک‌ها و راهنمایی‌های بی دریغشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از دوستان عزیزم خانم مهری فرزندی و خانم مهدیه رضایی که در پیش برد این پژوهش مرا یاری کردند، سپاس گزارم.

افسانه فلاحی

بهمن ۹۸

نام خانوادگی دانشجو: فلاحی **نام:** افسانه

عنوان پایان نامه: بررسی امکان انتقال باکتری‌های شورپسند به بذر گیاه گندم برای ایجاد تحمل به شوری

استاد راهنما: دکتر رضا خاک‌ور

استادان مشاور: دکتر علی بنده حق، دکتر توماس راتای

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** بیماری‌شناسی گیاهی

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** کشاورزی **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** بهمن ۱۳۹۸ **تعداد صفحات:** ۵۸

واژگان کلیدی: شوری، گندم، باکتری‌های PGPR

چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در بیشتر مناطق جهان می‌باشد. این تنش یک عامل محدود کننده رشد گیاهان به خصوص گیاه گندم به شمار می‌رود. تنش شوری همچنین موجب تغییرات شیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعددی در گیاهان می‌شود. این تنش فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپیدها، تنفس و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همزیستی گیاهان با میکروارگانیسم‌های خاک یکی از راه‌های کاهش اثرات زیان بار شوری می‌باشد. ازجمله‌ی این میکروارگانیسم‌ها می‌توان به باکتری‌های محرک رشد(PGPR) اشاره کرد. بدین منظور شماری جدایه از خاک ناحیه ریزوسفر گیاهان گندم در مزارع منطقه‌ی اطراف تبریز غربال گری شدند. پس از کشت باکتری‌ها در محیط نوترینت آگار(NA) با ده درصد نمک، در مجموع شش جدایه شورپسند برای انجام پژوهش انتخاب شد. آزمایش بررسی تاثیر باکتری‌ها بر ایجاد تحمل به شوری در گندم بصورت فاکتوریل با دو فاکتور (شوری و باکتری) بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. اثر شش جدایه باکتریایی در سه غلظت متفاوت نمک (غلظت‌های نیم،یک و یک و نیم) بر روی رشد بذور گندم در شرایط استاندارد آزمایشگاهی طی مدت دو هفته مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از دو هفته فاکتورهای رشدی عمده (از قبیل رشد طولی ساقه چه و ریشه چه و وزن تر و خشک ساقه چه و ریشه چه) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از تحلیل داده‌ها، در نهایت دو جدایه که بهترین عملکرد را در بهبود رشد گیاه گندم در شرایط شوری داشتند برای کار در گلخانه انتخاب شدند. در گلخانه تیمارها با دو تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. که فقط یکی از آن‌ها باعث افزیش ۵۰ درصدی در رشد اکثر فاکتورهای رشدی در شرایط گلخانه‌ای شد. این جدایه شناسایی شده از طریق بارکدینگ ناحیه 16SrDNA برای توالی یابی ارسال شد که نتیجه توالی یابی نشان داد که این باکتری به احتمال ۹۹٪ متعلق به گونه *Oceanbacillus picturae* می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول:بررسی منابع ۴

۱- بررسی منابع ۵
۱-۱- معرفی گیاه گندم ۵
۱-۲- مبدأ و تاریخچه گندم ۵
۱-۳- اهمیت اقتصادی گندم ۶
۱-۴- میزان حساسیت گندم به شوری ۶
۱-۵- شوری ۷
۱-۵-۱- میزان شوری ۸
۱-۵-۲- اثرات شوری بر گیاهان ۸
۱-۵-۳- روشهای مقابله با شوری ۹
۱-۶- باکتریهای اندوفیت ۱۱
۱-۷- روشهای القای مقاومت به شوری در گیاهان ۱۳
۱-۸- القای مقاومت به شوری در گیاهان توسط باکتریها ۱۴
۱-۹- روشهای شناسایی باکتریها ۱۵

فصل دوم: مواد و روشها ۱۶

۲-۱- مناطق جمع‌آوری نمونه ۱۷
۲-۲- جداسازی باکتریها ۱۷
۲-۲-۱- تهیه سری رقتها ۱۸
۲-۳- محیط کشتهای مورد استفاده ۱۸
۲-۳-۱- محیط NA ۱۸
۲-۳-۲- محیط NB ۱۹
۲-۴- خالص سازی جدایه‌ها ۱۹
۲-۵- نگهداری جدایه‌ها ۱۹
۲-۵-۱- نگهداری جدایه‌ها در آب مقطر استریل (کوتاه مدت) ۲۰
۲-۵-۲- نگهداری جدایه‌ها در گلیسرول (بلند مدت) ۲۰
۲-۶- بررسی آزمایشگاهی توان باکتریهای جداسازی شده برای القای مقاومت به شوری ۲۰
۲-۶-۱- بررسی جوانه‌زنی بذور گندم در غلظتهای مختلف شوری ۲۰
۲-۶-۲- تعیین غلظت مناسب باکتری جهت آغشته کردن بذور ۲۱
۲-۶-۳- بررسی خصوصیات رشدی گیاهچه‌های گندم بعد از تیمار با باکتریها در غلظتهای مختلف شوری ۲۱
۲-۷- بررسی گلخانه‌ای توان باکتریهای جدا شده برای القای مقاومت به شوری ۲۲

۲-۷-۱- روش کار سنجش توان القای مقاومت به شوری باکتریها در شرایط گلخانه‌ای ۲۲
۲-۸- شناسایی مولکولی جدایه‌ها ۲۳
۲-۸-۱- استخراج DNA ژنومی ۲۳
۲-۸-۲- بررسی کمیت DNA استخراج شده ۲۴
۲-۸-۳- شناسایی مولکولی جدایه‌های باکتریایی با استفاده از آغازگرهای عمومی ۲۵
۲-۸-۴- واکنش زنجیرهای پلیمراز (PCR) ۲۵
۲-۸-۵- الکتروفورز محصولات PCR ۲۶
۲-۸-۶- توالی‌یابی ۲۷

فصل سوم: نتایج ۲۸

۳-۱- مشخصات نمونه‌های باکتریایی جمع‌آوری شده ۲۹
۳-۲- نتیجه جمع‌آوری باکتری ۲۹
۳-۳- تحمل بذر امید به شوری ۲۹
۳-۴- نتیجه اثر باکتریها بر تحمل به شوری در بذر گندم در شرایط آزمایشگاه ۳۰
۳-۴-۱- میزان تاثیر باکتریها بر رشد طول ساقه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۱
۳-۴-۲- میزان تاثیر باکتریها بر رشد طول ریشه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۲
۳-۴-۳- میزان تاثیر باکتریها بر وزن تر ساقه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۳
۳-۴-۴- میزان تاثیر باکتریها بر وزن خشک ساقه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۴
۳-۴-۵- میزان تاثیر باکتریها بر وزن تر ریشه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۵
۳-۴-۶- میزان تاثیر باکتریها بر وزن خشک ریشه چه در شرایط آزمایشگاه ۳۶
۳-۵- نتایج بررسی گلخانه‌ای توان باکتریهای جدا شده برای القای مقاومت به شوری ۳۷
۳-۵-۱- نتایج بررسی گلخانه‌ای باکتریها بر وزن تر ساقه چه گیاه گندم ۳۸
۳-۵-۲- نتایج بررسی گلخانه‌ای باکتریها بر وزن خشک ساقه چه گیاه گندم ۳۹
۳-۵-۳- نتایج بررسی گلخانه‌ای باکتریها بر وزن تر ریشه چه گیاه گندم ۴۰
۳-۵-۴- نتایج بررسی گلخانه‌ای باکتریها بر وزن خشک ریشه چه گیاه گندم ۴۱
۳-۶- تجزیه کلاستر برای شش جدایه باکتری در آزمایشگاه ۴۲
۳-۷- شناسایی باکتری ۴۳
۳-۷-۱- مشخصات گونه *Oceanobacillus picturae* ۴۴

فصل چهارم :بحث و نتیجه‌گیری ۴۵

۴-۱- بحث ۴۶
۴-۲- نتیجه‌گیری کلی ۴۹
۴-۳- پیشنهادات ۴۹
منابع :..... ۵۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱- مناطق جمع‌آوری نمونه‌های خاک از مزارع گندم اطراف آذربایجان شرقی در تابستان ۱۳۹۸ ..... ۱۷

شکل۲-۲- باکتری خالص شده (تک کلون) ۱۹

شکل ۲-۳- اندازه گیری درصد جوانه زنی بذور گندم در درصدهای مختلف شوری ۲۱

شکل۲-۴- دستگاه الکتروفورز ۲۷

شکل۳-۱- میزان رشد ساقه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شور پسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۱

شکل۳-۲- میزان رشد ریشه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۲

شکل۳-۳- وزن تر ساقه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شورپسند در سه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۳

شکل۳-۴- وزن خشک ساقه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۴

شکل۳-۵- وزن تریشه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شورپسند در سه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۵

شکل۳-۶- وزن خشک ریشه چه بذور گندم امید در حضور شش جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط آزمایشگاه ۳۶

شکل۳-۷- وزن تر ساقه چه بذور گندم امید در حضور دو جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط گلخانه ۳۸

شکل۳-۸- وزن خشک ساقه چه بذور گندم امید در حضور دو جدایه باکتری شورپسند در سه میزان مختلف شوری در شرایط گلخانه ۳۹

شکل ۳-۹- وزن تر ریشه چه بذور گندم امید در حضور دو جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط گلخانه ۴۰

شکل۳-۱۰- وزن خشک ریشه چه بذور گندم امید در حضور دو جدایه باکتری شورپسند درسه میزان مختلف شوری در شرایط گلخانه ۴۱

شکل۳-۱۱- دندروگرام تجزیه کلاستر جدایه‌های باکتری درآزمایشگاه بر اساس صفات مورد مطالعه ۴۲

شکل ۳-۱۲- نتیجه توالی یابی جدایه شماره شش ۴۳

شکل۳-۱۳- نتیجه هم ردیف سازی (بلاست) توالی بدست آمده با توالیهای موجود در بانک جهانی ژن NCBI ۴۳

شکل۳-۱۴- درخت فیلوژنتیک توالی جدایه شماره شش با توالیهای بانک اطلاعاتی NCBI با استفاده از الگوریتم تجزیه خوشهای Neighbor Joining با Bootstrap۱۰۰۰ ..... ۴۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱- لیست آغازگرها، توالی و جایگاه هدف آنها..... ۲۵
جدول ۲-۲- اجزاء واکنش PCR در حجم ۱۰ و ۳۰ میکرولیتر..... ۲۶
جدول ۲-۳- برنامه حرارتی واکنش زنجیره‌ای پلیمراز برای جفت آغازگرهای 8F & 1492R..... ۲۶
جدول ۳-۱- مشخصات باکتری (جدایه)های شورپسند جمع‌آوری شده ازمزارع اطراف آذربایجان شرقی و دریاچه ارومیه ۲۹
جدول ۳-۲- میزان جوانه‌زنی بذرگندم رقم امید در غلظت‌های مختلف شوری..... ۳۰
جدول۳-۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه ۳۰

مقدمه

مقدمه

گیاهان موجودات حساسی هستند که برای زنده ماندن، رشد و توسعه، باید خود را در برابر شمار زیادی از عوامل محرک بیرونی و در حال تغییر تنظیم کنند. عوامل محرک بیرونی مجموعه‌ای پیچیده از تنش‌های محیطی زیستی و غیر زیستی را شامل می‌شوند. تنش به معنی قرار گرفتن ارگانیسم تحت تاثیر شدتی از یک عامل محیطی است که باعث افت ظاهری، بازده و یا ارزش آن شود (اندرزیان، ۱۳۷۹). تنش‌های غیرزیستی مهم‌ترین عوامل محیطی هستند که با تاثیر بر فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی نقش مهمی در تعیین پتانسیل عملکرد و تولید گیاهان دارند.(Pessarakli, 2011; Tuteja and Gill, 2012). از تنش‌های غیرزیستی می‌توان به خشکی، شوری، دماهای بالا و پایین، سمیت فلزات سنگین و حالت غرقابی اشاره کرد که چالش‌های جدی در رشد، متابولیسم و تولید گیاهان ایجاد می‌کنند. در این میان، تنش شوری از مهم ترین موانع توسعه تولیدات کشاورزی است که نواحی بسیاری را از زیر کشت خارج کرده و یا نقصان عملکرد محصولات را باعث شده است. محققان تنش شوری را تجمع یون‌هایی مانند: سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان کرده اند به طوریکه رشد و نمو طبیعی گیاه را دچار اختلال کند (Munns, 2002; Ashraf and McNielly, 2004). پراکندگی اراضی شور در سطح جهان یکسان نیست به طور مثال قاره استرالیا با حدود ۳۶۰ میلیون هکتار و قاره آسیا با حدود ۳۱۰ میلیون هکتار اراضی شور بیشترین سطح اراضی شور را دارا می‌باشند. در قاره آسیا بعد از شوروی سابق، چین، هندوستان و پاکستان، ایران دارای بیشترین سطح خاک‌های شور است (ICARDA, 2002). وسعت اراضی شور ایران طبق آمار منابع مختلف بین ۲۳ الی ۳۴ میلیون هکتار برآورد گردیده است. طبق آمار FAO (۲۰۱۰)، ۲۵/۵ میلیون هکتار از اراضی ایران شور و ۸/۵ میلیون هکتار بسیار شور هستند، اما جعفری (۱۳۷۹) وسعت اراضی شور ایران را حدود ۲۳میلیون هکتار برآورد کرده است. پاسخ گیاهان به تنش شوری پیچیده است و به عوامل مختلفی مانند نوع و غلظت املاح، مرحله رشد گیاه، پتانسیل ژنتیکی گیاه و عوامل محیطی بستگی دارد. تنش شوری به طرق مختلفی باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود. هرچند سهم این عوامل دقیقا مشخص نیست (Dieriga *et al.*, 2003).

از اثرات تنش شوری در گیاهان می‌توان به کاهش پایداری غشای سلولی، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز، کاهش آماس سلول‌ها و در نتیجه کاهش توسعه برگ‌ها، اختلال در جذب یون‌ها و به ویژه تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ و نهایتا کاهش رشد رویشی و عملکرد اقتصادی اشاره کرد (Munns, 2002). گندم گیاه زراعی بسیار مهمی است و افزایش تولید آن باتوجه به پتانسیل ژنتیکی این گیاه و واکنش آن به محیط نقش بسیار عمده‌ای را در

کاهش گرسنگی و افزایش تولید غذا در سطح جهان ایفا می‌کند (شیرازی و همکاران، ۲۰۰۵). تنش‌های محیطی از جمله شوری، رشد گیاه گندم را از مراحل جوانه‌زنی تا مراحل پایانی رشد تحت تاثیر قرار می‌دهند (Cook and Veseth, 1991). به همین دلیل شناسایی و ایجاد راه حل‌های مناسب برای رشد گیاهان در مناطق شور اهمیت دارد. از جمله این روش‌ها، استفاده از گیاهان مقاوم به شوری یا اصلاح زیستی (با استفاده از ریز جانداران یا میکرواورگانیسم‌های مقاوم به شوری) برای اصلاح خاک‌های شور می‌باشد (Abrol and *et al*., 1988; Torres and *et al*, 1994). از راهکارهای جدید برای مقابله با تنش شوری در گیاهان و کاهش اثر زیان بار آن‌ها می‌توان به ریزجانداران مقاوم به شوری بهبود دهنده‌ی رشد گیاه اشاره کرد. این باکتری‌های نمک دوست و مقاوم به شوری در اطراف ریشه گیاهان، می‌توانند اثر تنش شوری را کاهش و حاصل خیزی خاک را افزایش بخشند (Yang *et al*., 2009) یکی از دلایل کاهش یا عدم رشد گیاه در تنش شوری، تجمع اتیلن در بافت‌های گیاهان است و این باکتری‌های محرک رشد با کاهش میزان اتیلن رشد گیاه را تسهیل می‌کنند (Mayak, S.,Bernard T. T, and Glick. R , 2004). محققان زیادی تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد را در کاهش اثرات تنش و افزایش رشد گیاه تحت شرایط تنش زا مانند شوری، آلودگی به فلزهای سنگین (Abiad-Ullah *et al* ,2015)، حضور پاتوژن‌های گیاهی (Nabati *et al* .,2014)، شوری فزاینده و خشکی بالا (Hmaeid *et al* , 2014; Kaushal& wani,2016) اثبات کرده اند. بنابراین با توجه به گستردگی قابل تأمل خاک‌های شور در ایران و نظر به جایگاه و اهمیت گندم به عنوان یکی از محصولات مهم و استراتژیک و با توجه به اینکه پیش بینی می‌شود در ۲۵ سال آینده، افزایش خاک‌های شور، باعث کاهش ۲۵ درصد از اراضی قابل کشت خواهد شد (Mahajan and Tuteja, 2005)، به نظر می‌رسد که یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش یا تعدیل اثر شوری در کاهش عملکرد، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد می‌باشد. بنابراین هدف ازاین تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

- جداسازی و خالص سازی جدایه‌های باکتریایی شورپسند از مزارع گندم استان آذربایجان شرقی
- شناسایی مولکولی جدایه‌های جمع‌آوری شده
- بررسی توان این جدایه‌ها در ایجاد و افزایش تحمل به شوری در بذر گندم

فصل اول:

بررسی منابع

۱- بررسی منابع

۱-۱- معرفی گیاه گندم

گیاهان زراعی در نقاط مختلف دنیا و در شرایط مختلف آب و هوایی کشت می‌شوند و محصول آن‌ها برای تأمین غذای ضروری و اصلی انسان مصرف می‌شود. گندم احتمالا یکی از اولین گیاهانی می‌باشد که توسط انسان زراعت شده و به همین دلیل مهم ترین گیاه زراعی محسوب می‌شود. گندم (*Triticum aestivam*) گیاهی متعلق به خانواده غلات می‌باشد، که در سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا کشت و تولید می‌شود. منشأ و منطقه پیدایش گندم ازعلف‌های وحشی شرق مدیترانه، خاور نزدیک و خاورمیانه گزارش شده است ک دارای نواحی نیمه خشک با زمستان‌های بارانی و تابستان‌های خشک می‌باشند. گندم در گروه غلات نواحی معتدل و سرد طبقه بندی شده است. برخی از ارقام زمستانه تا ۳۵- درجه سانتی گراد را نیز تحمل می‌کنند. از نظر مقاومت به گرما اگر رطوبت زیاد نباشد در آب و هوای گرم، گندم رشد خوبی خواهد داشت و در مناطق گرمسیر حتی تا ۵۰ الی ۵۵ درجه سانتی گراد را هم به خوبی تحمل می‌کند. از نظر ارتفاع از سطح دریا تا ارتفاع ۳۰۰۰متری کشت می‌شود. از نظر شرایط خاکی، کاشت آن در هر خاکی امکان پذیر می‌باشد، مشروط به اینکه محدودیت‌های شوری و باتلاقی نداشته باشد. بهترین خاک برای کشت گندم خاکی است که دارای بافت متوسط با عمق کافی و اسیدیته حدود خنثی باشد (خدابنده، ۱۳۷۷).

۱-۲- مبدأ و تاریخچه گندم

اعتقاد براین می‌باشد که منشا گندم ناحیه‌ای معروف به هلال حاصل خیزی (ناحیه‌ای بین ایران، عراق و ترکیه امروزی) است، جایی که امروزه نیز تعدادی از گونه‌های وحشی گندم در حال رشد درآنجا دیده می‌شوند. این گیاه از آن جا به مصر و بین النهرین و سپس به ایران برده شده و بعد از آن از طریق ایران به هندوستان، ترکمنستان، چین و روسیه و درنهایت به اروپا و سایر نقاط جهان منتقل شد. گندم حدود ۱۲تا ۱۷هزار سال قبل از میلاد در خاورمیانه کشت می‌شده است (سیادت و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین حدود ۱۰ تا ۱۵ هزارسال قبل از میلاد در آسیا و ۶۵۰۰ سال قبل از میلاد در ایران، عراق، هندوستان، قفقاز، و همچنین اطراف دریای مدیترانه وجود داشته است. امروزه فقط گندم دوروم به عنوان یک نوع اصلی از گندم‌هایی که قابل کشت هستند، حفظ شده است. گندمی که برای نان امروزه استفاده می‌شود، در نتیجه تلاقی بین چندین جد گندم به وجود آمده است. به احتمال زیاد، انتقال اولیه گندم نان به شکل مخلوط به وسیله شکارچیان یا قبایل مهاجر انجام شده است. گندم در نواحی باستانی در سوریه ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، درترکیه

۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، در انگلستان و چین ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد یافت شده است. در مورد تاریخچه اصلی گندم مدرک دقیقی در دست نیست، ولی آنچه مسلم است این است که طبیعت به خودی خود در این کار دخالت داشته و به مرور زمان در گندم تغییراتی به وجود آمده است (سیادت و همکاران، ۱۳۷۸).

۱-۳- اهمیت اقتصادی گندم

گندم معمولی در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد کرده و در حقیقت این گیاه از سازگارترین گونه‌های غلات می‌باشد. زمین‌های زیادی در سراسر جهان در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، به کشت آن اختصاص داده شده است؛ چون گندم غذای اصلی انسان می‌باشد که به طور مستقیم استفاده می‌شود، به این ترتیب سطح کشت و تولید جهانی آن از سایر محصولات بیشتر است. گندم منبع غذایی اصلی کربوهیدرات انسان را تشکیل می‌دهد و از لحاظ تهیه نان و ارزش نانوایی، آرد هیچ یک از غلات به پای آرد گندم نمی‌رسد. به دلیل گلوتن موجود در گندم، خاصیت نانوایی آن دارای ارزش بسیار بالایی می‌باشد. برخلاف غلات دیگر، گلوتن گندم قادر است ورآمدن خمیر را از طریق تشکیل سلول‌های کوچک گاز و نگه داشتن گازکربنیک تشکیل شده دراثر تخمیر، به انجام برساند. هرچند گندم از نظر بعضی از اسیدآمینه‌های مخصوص لاسین فقیر می‌باشد، اما جزء بهترین غذاها محسوب می‌شود. نشاسته گندم به راحتی هضم می‌شود، زیرا دارای مقدار زیادی پروتئین می‌باشد. دانه گندم حاوی مقدار زیادی مواد معدنی، ویتامین‌ها و چربی‌ها می‌باشد (نورمحمدی،۱۳۸۰).

در ایران مانند بسیاری از کشورهای جهان، نان حاصل شده از گندم بهترین ماده غذایی روزانه مردم را تشکیل داده و نقش عمده‌ای در تأمین انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن را به عهده دارد. نان گندم یکی از مواد غذایی اصلی بخش وسیعی از مردم کشور را تشکیل می‌دهد. طبق آمار، متوسط سهم مصرف نان در کل انرژی مورد نیاز، حدود۴۰ درصد می‌باشد. به دلیل محتوای بسیار زیاد دانه از مواد پروتئینی و هیدرات کربن و نیز نسبت بین آن که برای انسان عالی و مفید می‌باشد، امکان نگهداری دانه به مدت طولانی و حمل آن‌ها به مسافت‌های طولانی بدون اینکه درآنها تغییراتی به وجود آید، میسراست (نورمحمدی، ۱۳۸۰).

۱-۴- میزان حساسیت گندم به شوری

از نظر میزان حساسیت به شوری، مرحله رویشی بیشترین، مرحله رسیدگی کمترین حساسیت و مرحله زایشی بینابین این دو مرحله قرار می‌گیرد.

۱-۵- شوری

شوری بعد از خشکی یکی از مهمترین و گسترده ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود که مزارع را غیرحاصل خیز کرده و یکی از معضلات کشاورزی در ایران به شمار می‌رود (محمدی نژاد و همکاران،۲۰۱۶). شوری عبارت است از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک که در نهایت منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه در جذب آب کافی از محلول خاک دچار مشکل می‌شود. یون‌هایی که در بروز تنش شوری نقش دارند شامل: کلرو، سولفات، بی کربنات، سدیم، کلسیم، منیزیم و به ندرت نیترات و پتاسیم هستند، اما یون‌های سدیم و کلر اهمیت بیشتری را دارا می‌باشند (نظربیگی و بلوچی، ۱۳۸۰). شوری یک تنش محیطی و یک مانع اساسی برای تولید محصول می‌باشد. شوری از طریق کاهش پتانسیل آب و سمیت یون‌های خاصی مانند سدیم و کلر و کاهش عناصرغذایی موردنیاز مانند کلسیم و پتاسیم بر جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه اثر می‌گذارد (افضل، ۲۰۰۵). هیچ ماده سمی رشد گیاه را بیشتر از نمک در مقیاس جهانی محدود نمی‌کند. شوری بر همه‌ی جوانب متابولیسم گیاهی تاثیر گذاشته و تغییراتی را در آناتومی و متابولیسم گیاه به وجود می‌آورد. بعضی از این تغییرات در واقع سازگاری‌هایی هستند که به گیاه کمک می‌کنند تا تنش ناشی از شوری را تحمل کند، ولی بیشتراین تغییرات مشاهده شده علامت خسارت ناشی از شوری می‌باشد (دولت آبادیان و همکاران ۲۰۰۸).

افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ شده که حاصل آن کاهش فتوسنتز، رشد و ارتفاع بوته می‌باشد (تیموری و جعفری،۱۳۸۹). تنش شوری باعث تفاوت معنی‌داری در ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و زیست توده کل و تعداد گره در گیاهان زراعی می‌شود (اعتصامی و گالشی، ۱۳۸۷). از دلایل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در اثر شوری، بالارفتن مصرف انرژی درگیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم است که به مقدار زیادی در محیط وجود دارند، درنتیجه مقدار زیادی از انرژی سلولی برای سازش و مقابله با تنش شوری مصرف می‌شود و به این ترتیب رشد و عملکرد گیاه درنهایت کاهش می‌یابد (کاظم زاده حقیقی،۱۳۸۲). وجود حجم ریشه بیشتر و به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی از فضای بیشتری از خاک یکی از ویژگی‌هایی است که در ایجاد تحمل به تنش شوری موثر می‌باشد (Kant and kafkafi, 2005).

تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش، پایداری غشای سلولی کاهش و میزان آسیب پذیری آن افزایش پیدا می‌کند (Hong *et al*,2010). شوری یک عامل محدود کننده برای رشد و تولید می‌باشد؛ به طوریکه گاهی اوقات

گیاهان مناطق خشک و نیمه خشک را نابود می‌کند. در سال‌های اخیر، روند شور شدن خاک‌ها رو به افزایش می‌باشد و سطح گسترده‌ای از زمین‌های قابل کشت به دلیل انباشت بیش از حد نمک غیرقابل کشت شده اند. اراضی برخوردار از خاک‌هایی با درجات مختلف شوری، مساحتی حدود ۵۵/۶ میلیون هکتار(۳۴درصد مساحت کشور) را شامل شده که بیشتر آنها در فلات مرکزی، دشت‌های ساحلی جنوب و دشت خوزستان واقع شده اند (مومنی، ۱۳۸۹). از آنجایی که حل مشکل شوری مستلزم صرف تلاشی درازمدت و هزینه زیادی می‌باشد، از این رو آنچه در حال حاضر از اهمیت ویژه‌ای برخودار است، برنامه ریزی مناسب برای حل مشکل شوری از طریق تلاش برای یافتن و تولید گیاهانی می‌باشد که در شرایط تنش شوری عملکرد مناسب و قابل قبولی داشته باشند.

۱-۵-۱- میزان شوری

غلظت نمک در محلول خاک براساس توانایی نمک در هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با هدایت سنج الکتریکی تعیین می‌شود. به عبارتی دیگر شوری بر پایه پارامتری به نام E.C (Electrical conductivity) یا قابلیت هدایت الکتریکی مشخص می‌شود. هدایت الکتریکی برحسب دسی زیمنس بر متر(dsm-1) اندازه‌گیری می‌گردد. براین اساس، خاک شور به خاکی گفته می‌شود که E.Cآن بیشتراز ۴ دسی زیمنس بر متر باشد (امیدی و ولدیانی، ۱۳۸۴). عملکرد گندم زمانیکه هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به بالاتر از ۴ دسی زیمنس بر متر برسد، شروع به کاهش و در هدایت الکتریکی بالاتر به شدت افت کرده و تولید محصول در چنین خاکی بدون اصلاح از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود (گودرزی و پاک نیت، ۱۳۸۷).

۱-۵-۲- اثرات شوری بر گیاهان

تنش شوری مانند خیلی از تنش‌های غیرزیستی دیگر رشد گیاهان را محدود می‌سازد. کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه در تنش می‌باشد (Zhu, J. K, 2000). اثر زیان بار شوری بالا روی گیاهان را می‌توان در سطح کل گیاه، مانند مرگ گیاه و یا کاهش محصول مشاهده کرد (Parida, A. K., & Das, A. B, 2005). تنش شوری از طریق افزایش پتانسیل اسمزی خاک، برهم خوردن تعادل عناصرغذایی و نیز ایجاد سمیت ناشی از تجمع سدیم و کلر در گیاه باعث ایجاد اختلال در رشد شده و پاسخ گیاه به غلظت نمک و نسبت یون‌ها بستگی دارد (میرمحمدی میبدی و قریاضی، ۱۳۸۲). در خاک‌های شور، غلظت بالای سدیم علاوه بر اختلال در جذب پتاسیم در ریشه‌ها ، غشای سلول‌های

ریشه را نیز تخریب می‌کند و توان آن‌ها را در ورود انتخابی سایر یون‌ها تغییر می‌دهد (خوش گفتار منش، ۱۳۸۷). شوری با منفی تر کردن پتانسیل اسمزی محلول خاک باعث القای تنش آبی می‌شود (Mahajan and Tuteja, 2005). تغییر درمتابولیسم نیتروژن و کربن، ناپایداری و تخریب غشاهای سلولی، ممانعت از فتوسنتز، تنفس و تولید انرژی و کاهش جذب مواد غذایی از جمله عواملی هستند که باعث رویدادهای نامطلوب در گیاه می‌شوند (Yokoi et al, 2002).

کایا و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود. افزایش سطح شوری باعث کاهش مقدار کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام‌های هوایی و ریشه می‌گردد. نجفی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزایش تنش شوری باعث کاهش رشد و سرعت فتوسنتز می‌شود. نجفی و همکاران طی آزمایشاتی نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت نمک، وزن خشک گیاه، سطح برگ و میزان کلروفیل آن کاهش معنی‌داری داشت. همچنین افزایش غلظت نمک موجب کاهش جذب یون پتاسیم و افزایش تجمع یون‌های سدیم، نیتروژن و فسفر در برگ‌ها می‌شود. شوری بر قطر ساقه گیاه نیز اثر می‌گذارد، به گونه‌ای که قطر ساقه در تیمار شوری نسبت به شاهد کمتر می‌گردد وعلت اصلی آن مربوط به کاهش بافت آوندی می‌باشد و کاهش کمتری در بافت پارانشیمی پوست و مغز ساقه دیده می‌شود (Mastushita, 1992).

۱-۵-۳- روش‌های مقابله با شوری

کلیه عملیات مدیریتی که باعث بهبود سرعت نفوذ آب و حفظ یک ساختمان مناسب در خاک می‌گردند، در کنترل شوری اثر می‌گذارند. بهسازی کامل خاک‌های شور به علت ناکافی بودن آب با کیفیت، معمولا امکان پذیر نیست. تحت این شرایط تنها راه برای تداوم تولید محصول استفاده از عملیات مدیریتی تخصصی است که اثرات زیان آور نمک را پایین آورده و سطح باروری خاک را تا حد امکان بالا نگه دارند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از راهکارهای کاهش تبخیر از سطح خاک و کاهش تجمع نمک در سطح خاک استفاده از روش‌های خاک ورزی حفاظتی است که این راهکار روش موثری در بهبود حاصل خیزی و ساختمان خاک می‌باشد و باعث کاهش تبخیرو شوری می‌گردد (لی و همکاران، ۲۰۱۲). خاک ورزی حفاظتی باعث افزایش مواد آلی و نفوذپذیری خاک و آب شویی نمک از سطح خاک به لایه‌های پایینی و در نهایت اصلاح خاک‌های شور و سدیمی می‌شود (گنجی و همکاران، ۲۰۱۴). عقیده بر این است که در خاک‌های شور باید از شخم عمیق اجتناب کرد، زیرا نمک‌های تجمع یافته در لایه‌های زیرین خاک به سطح منتقل می‌گردد. سیستم‌های بدون شخم در خاک‌های بسیار شور باید به طور سنجیده شده‌ای مورد استفاده قرار بگیرند. برای

خاک‌های سدیمی، شخم عمیق ممکن است به منظور شکستن لایه‌های سخت و بهبود تخلخل مفید باشد (زاو و همکاران، ۲۰۱۴). گاهی نیز دفن کردن عمیق لایه‌ای از بقایای گیاهی در خاک به عنوان یک مانع انتقال آب و نمک عمل کرده و مانع از حرکت نمک‌ها از لایه‌های زیرین خاک و آب‌های کم عمق زیرزمینی به سطح خاک می‌شود (توماربی و همکاران، ۲۰۰۶؛ چای و همکاران، ۱۹۹۴). براساس نتایج مطالعات مزرعه‌ای دفن کردن لایه‌ای از بقایای گیاهی در خاک، آب شویی نمک را افزایش داده و تجمع نمک در محیط ریشه را کنترل می‌کند (زانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۱۲). راهکار دیگر در مدیریت خاک در شرایط شور، سبک کردن خاک با استفاده از شن یا مواد آلی برای بهبود تخلخل خاک می‌باشد. سبک کردن به معنای افزایش نفوذپذیری خاک سطحی با استفاده از افزایش شن به داخل خاک که تغییر نسبتا دائمی در بافت خاک سطحی به وجود می‌آورد. سبک کردن خاک باعث بهبود نفوذ ریشه و بهتر شدن نفوذپذیری آب و هوا می‌گردد و آب شویی نیز به سهولت انجام می‌پذیرد. در صورتیکه آب مورد استفاده سدیمی شور باشد و نفوذ پذیری سطحی در اثر آب شور محدود گردد، سبک کردن همراه با شخم عمیق ابتدایی بسیار مؤثر خواهد بود (جعفری،۱۳۷۹). استفاده از مالچ به واسطه کاهش تبخیر از سطح خاک، از شوری خاک می‌کاهد، به طوری که تجمع نمک کمتر شده و همچنین به واسطه‌ی بهبود نفوذپذیری آب در خاک، آبشویی املاح از خاک با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد. استفاده از مواد مختلف به عنوان مالچ برای کاهش تبخیر از سطح خاک (لی و همکاران، ۲۰۱۳؛پابین و همکاران، ۲۰۰۳)، بهبود کارایی آیش و افزایش مقدار ذخیره آب قابل دسترس برای استفاده گیاه (وانگ و همکاران،۲۰۰۱) و کاهش انتقال نمک به سطح خاک (پانگ و همکاران، ۲۰۱۰) به اثبات رسیده است. مطالعات نشان داد که مالچ‌های سطحی می‌تواند حرکت رو به بالای آب و نمک را به طور قابل توجهی کاهش دهد و متعاقب آن خاک‌های شور به سهولت با بارندگی زمستانی بهسازی می‌گردند. آب شویی توسط باران نیز در خاک مالچ پاشی شده مؤثرتر می‌باشد.

شکل مناسب بستر کاشت برای کاهش تجمع موضعی نمک در کشاورزی اهمیت بالایی دارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). در شرایطی که گیاهان روی پشته کشت می‌شوند و روش آبیاری جوی و پشته‌ای می‌باشد، آب از شیار به سمت پشته‌ها حرکت می‌کند، چون آب از دو طرف به سمت مرکز شیار حرکت می‌کند، به همین ترتیب املاح نیز در همان جهت حرکت کرده و در مرکز بالایی پشته تجمع می‌کنند. قرار دادن بذرها در یک ردیف در مرکز پشته، بذر را در ناحیه نمکی قرار می‌دهد، درصورتیکه ردیف‌های کشت یک درمیان آبیاری شوند، نمک می‌تواند فراتر از محل قرارگیری بذر، خارج گردد. دراین شرایط نیز ممکن است نمک تجمع یابد ولی غلظت آن کمتر می‌باشد (هانسون و همکاران، ۲۰۰۶؛

کافی و همکاران، ۱۳۸۹). روش کاشت دو ردیفی، بذر را درناحیه بدون نمک یا با نمک کمتر قرار می‌دهد و املاح در مرکز پشته و دورتر از مکان قرار گرفتن بذر تجمع می‌یابد.

روش دیگر به کارگیری ترکیبات اصلاح کننده است. استفاده از گچ (شارما و مینهانس، ۲۰۰۵) و هیومیک اسید می‌باشد. ترکمن و همکاران (۲۰۰۵) ابراز داشتند که به کارگیری هیومیک اسید اثرات مثبتی بر رشد گیاه فلفل در شرایط آبیاری با آب شور داشته است. روش دیگر آب شویی در شرایط شورمی‌باشد. تعادل نمک در منطقه‌ای که ریشه رشد می‌کند می‌تواند با مقدار مناسبی از آب شویی حفظ گردد، این بدان معنی است که نمک اضافه شده به محیط ریشه با آبیاری بیشتر و یا با بارندگی آب شویی شود. مقدار آب شویی مورد نیاز تابعی از شوری و مقدار آب آبیاری و همچنین سطح آستانه تحمل به شوری است. نمک آب شویی شده باید به نحو ایمن از منطقه خارج شود و از آسیب زیست محیطی اجتناب گردد (کرون، ۲۰۱۳).

از جدیدترین روش‌ها برای کاهش سمیت شوری بالا برای رشد گیاهان می‌توان به مهندسی ژنتیک گیاهان (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳) و استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهان (دیمکپا و همکاران، ۲۰۰۹) اشاره کرد. مطالعات قبلی اشاراتی بر مفید بودن استفاده از باکتری‌های محرک رشد جهت تعدیل اثرات شوری در گیاهان داشته اند (یاو و همکاران، ۲۰۱۰). اصطلاح القای تحمل سیستمیک برای باکتری‌های محرک رشد که تغییرات فیزیکی و شیمایی در افزایش تحمل به تنش‌های غیرزیستی ایجاد می‌کنند، پیشنهاد شده است. این باکتری‌ها رشد گیاهان را از طریق کاهش پاتوژن‌های گیاهی یا به طور مستقیم کمک به جذب عناصر غذایی از طریق تولید فیتوهورمون‌ها (مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین‌ها)، کاهش سطح آنزیم اتیلن تسهیل می‌کنند (کوهلر و همکاران، ۲۰۰۶). تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و دیگر میکروب‌ها می‌تواند به عنوان ابزاری بالقوه برای کاهش تنش شوری در محصولات حساس به شوری در خدمت گرفته شود.

۱-۶- باکتری‌های اندوفیت

باکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant growth promoting bacteria: PGPR) گروه وسیعی از باکتری‌هایی هستند که در ریزوسفر گیاهان حضور داشته و از راه‌های گوناگونی سبب افزایش و تحریک رشد گیاه می‌گردند. گروهی از این باکتری‌ها به نام اندوفیت‌ها وارد گیاه می‌شوند (Rosenblueth and Martinez- Romero, 2006).