



دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی  
گروه زراعت و اصلاح نباتات

رساله برای دریافت درجهی دکترای تخصصی  
در رشتهی زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی

عنوان

**تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، محلول پاشی با نانو اکسید آهن و روی بر  
عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط شوری و محدودیت آبی**

استاد راهنما:

پروفسور رئوف سیدشریفی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا پیرزاد

پژوهشگر:

خدیجه بابائی

پاییز ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: بابائی	نام: خدیجه
عنوان پایان نامه: تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، محلول پاشی با نانو اکسید آهن و روی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط شوری و محدودیت آبی	
استاد راهنما: پروفسور رئوف سیدشریفی	اساتید مشاور: دکتر علیرضا پیرزاد
مقطع تحصیلی: دکتری تخصصی	رشته تحصیلی: فیزیولوژی گیاهان زراعی
دانشگاه: کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۹۶/۸/۲۷
	دانشگاه: محقق اردبیلی
	تعداد صفحه: ۱۹۷
کلید واژه: باکتری‌های محرک رشد، نانو اکسید آهن و روی، گندم، شوری، محدودیت آبی	
<p><b>چکیده:</b></p> <p><b>آزمایش گلخانه‌ای</b></p> <p>به منظور بررسی تاثیر نانو اکسید آهن و روی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شرایط شوری، آزمایش فاکتوربیلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تیمارها شوری خاک در سه سطح (صفر به عنوان شاهد (S<sub>1</sub>) و اعمال شوری‌های ۲۵ (S<sub>2</sub>) و ۵۰ (S<sub>3</sub>) میلی‌مولار در خاک) با استفاده از نمک NaCl، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح (F<sub>1</sub>)، تلقیح بذر با ازتوباکترکروکوکوم استرین ۵ (F<sub>2</sub>)، آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF (F<sub>3</sub>) و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ (F<sub>4</sub>) و محلول پاشی در چهار سطح بدون محلول پاشی (N<sub>1</sub>)، محلول پاشی با نانو اکسید آهن (N<sub>2</sub>)، محلول پاشی با نانو اکسید روی (N<sub>3</sub>) و محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی (N<sub>4</sub>) را شامل می‌شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد، ماده خشک کل، شاخص سطح برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی، شاخص کلروفیل و مولفه‌های پر شدن دانه (حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه و دوره موثر پر شدن)، کارایی فوتوشیمیایی فوتوسینتسم دو، در عدم اعمال شوری و کاربرد سودوموناس و محلول پاشی توأم نانو اکسید روی و آهن و کم‌ترین آنها در بالاترین سطح شوری، بدون کاربرد باکتری‌های محرک رشد و عدم محلول پاشی بدست آمد. بیشترین محتوای نسبی آب در شرایط عدم اعمال شوری و کاربرد باکتری محرک رشد سودوموناس (S<sub>1</sub>F<sub>4</sub>) بدست آمد. بیشترین هدایت الکتریکی در بالاترین سطح شوری و عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشدی و نانو اکسید بدست آمد. بیشترین محتوای پرولین و قندهای محلول در شوری ۵۰ میلی مولار و کاربرد باکتری‌های محرک رشدی سودوموناس بدست آمد ولی حداقل اسمولیت‌های ذکر شده در تیمار شاهد (S<sub>0</sub>F<sub>0</sub>) بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه (۲/۶۸ گرم در بوته) در بالاترین سطح شوری و بدون کاربرد باکتری‌های محرک رشدی بدست آمد. به بیانی دیگر بالاترین سطح شوری، کاربرد نانو اکسید روی، نانو اکسید آهن، نانو اکسید آهن و روی عملکرد دانه را به ترتیب ۲/۷۱، ۲/۱۷ و ۱۷/۳۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد.</p> <p><b>آزمایش مزرعه‌ای</b></p> <p>به منظور بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی با نانو اکسید آهن و روی بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شرایط محدودیت آبی، آزمایش فاکتوربیلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل به عنوان شاهد، آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله سنبله دهی و آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی به ترتیب معادل کد ۵۰ و ۶۰ زادوکس)، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح (عدم تلقیح، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵، آزوسپریلیوم لیپوفروم سوبه OF و سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶) و محلول پاشی در چهار سطح (عدم محلول پاشی، محلول پاشی با نانو اکسید آهن، نانو اکسید روی، محلول پاشی با نانو اکسید آهن و روی) شامل می‌شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین مقادیر عملکرد، شاخص کلروفیل، بیوماس کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و همچنین مولفه‌های پر شدن دانه در آبیاری کامل، تلقیح بذر با ازتوباکتر و محلول پاشی توأم نانو اکسید آهن و روی و کمترین مقادیر این صفات در آبیاری تا ۵۰ درصد مرحله چکمه‌زنی، عدم کاربرد باکتری و عدم محلول پاشی بدست آمد. محدودیت آبی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و عملکرد دانه گندم را کاهش داد. در حالی که محتوای پرولین و قندهای محلول، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز افزایش یافتند. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و کاربرد نانو اکسید آهن و روی این صفات را در شرایط محدودیت آبی همانند آبیاری کامل اصلاح کرد. قطع آبیاری در ۵۰ درصد مراحل سنبله‌دهی و چکمه‌زنی به ترتیب موجب کاهش ۳۱/۶ و ۶۵/۸ درصدی عملکرد دانه شده و استفاده توأم از کودهای بیولوژیک و نانو اکسید آهن و روی به ترتیب ۵۰/۷ و ۴۱ درصد از این کاهش عملکرد را جبران کردند.</p>	

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته
۱	مقدمه
۳	۱-۱- مسائل و مشکلات تولید گندم در ایران
۸۲	۱-۲- طبقه‌بندی ژنتیکی گندم
۸۳	۱-۳- گیاهان و تنش‌های محیطی
۸۴	۱-۴- تنش خشکی
۸۵	۱-۴-۱- اثر تنش خشکی بر گندم
۸۷	۱-۴-۲- مکانیسم سازگاری به خشکی
۸۹	۱-۵- اثر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک
۹۱	۱-۵-۱- عملکرد و اجزای عملکرد
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۱- خصوصیات ریشه
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۳- شاخص‌های رشدی
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۴- میزان پرولین و قند محلول
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۵- میزان کلروفیل و فلورسانس کلروفیل
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۶- محتوای نسبی آب برگ
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۷- پایداری غشا
Error! Bookmark not defined.	۱-۵-۸- تاثیر تنش خشکی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان
Error! Bookmark not defined.	۱-۶- تاثیر کودهای بیولوژیک بر تحمل تنش خشکی
Error! Bookmark not defined.	۱-۶-۱- تاثیر کودهای بیولوژیک بر رشد، عملکرد و خصوصیات زراعی
Error! Bookmark not defined.	۱-۷- تاثیر عناصر کم مصرف بر گیاه
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۱- آهن و نقش آن در گیاه
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۲- روی و نقش آن در گیاه
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۳- تاثیر آهن و روی بر رشد، عملکرد و خصوصیات زراعی
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۴- تغذیه برگری (محلول‌پاشی)

Error! Bookmark not defined.	۸-۱- تاریخچه فناوری نانو
Error! Bookmark not defined.	۱-۸-۱- کاربردهای نانوتکنولوژی در گیاهان
Error! Bookmark not defined.	۹-۱- شوری
Error! Bookmark not defined.	۱-۹-۱- اثرات شوری
Error! Bookmark not defined.	۲-۹-۱- تحمل شوری
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۱- راهکارهای تحمل شوری
Error! Bookmark not defined.	۴-۹-۱- راهکارهای موثر برای بهبود مقاومت به شوری در گیاهان زراعی
Error! Bookmark not defined.	۱۰-۱- اثر تنش شوری بر صفات مورفوفیزیولوژیک
Error! Bookmark not defined.	۱-۱۰-۱- عملکرد و اجزای عملکرد
Error! Bookmark not defined.	۲-۱۰-۱- شاخص‌های رشدی
Error! Bookmark not defined.	۳-۱۰-۱- میزان پرولین و قند محلول
Error! Bookmark not defined.	۴-۱۰-۱- میزان کلروفیل و فلورسانس کلروفیل
Error! Bookmark not defined.	۵-۱۰-۱- محتوای نسبی آب برگ
Error! Bookmark not defined.	۶-۱۰-۱- پایداری غشا
Error! Bookmark not defined.	۷-۱۰-۱- تاثیر تنش شوری بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانت
Error! Bookmark not defined.	۱۱-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق

## فصل دوم: مواد و روش‌ها

Error! Bookmark not defined.	۱-۲- موقعیت جغرافیایی محل اجرای آزمایش
Error! Bookmark not defined.	۲-۲- خصوصیات محل اجرای آزمایش
Error! Bookmark not defined.	۳-۲- طرح آزمایشی
Error! Bookmark not defined.	۱-۳-۲- آزمایش گلخانه‌ای
Error! Bookmark not defined.	۲-۳-۲- آزمایش مزرعه‌ای
Error! Bookmark not defined.	۴-۲- صفات اندازه گیری شده
Error! Bookmark not defined.	۱-۴-۲- تعیین دوره و سرعت پر شدن دانه
Error! Bookmark not defined.	۲-۴-۲- میزان انتقال ماده خشک
Error! Bookmark not defined.	۳-۴-۲- آنالیزهای رشدی
Error! Bookmark not defined.	۴-۴-۲- اندازه گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ پرچم
Error! Bookmark not defined.	۵-۴-۲- سنجش مقدار پرولین در برگ پرچم

Error! Bookmark not defined.	۶-۴-۲- سنجش مقدار فندهای محلول برگ پرچم
Error! Bookmark not defined.	۷-۴-۲- استخراج پروتئین‌های کل محلول از برگ پرچم
Error! Bookmark not defined.	۱-۷-۴-۲- تهیه محلول از نمونه‌های گیاه
Error! Bookmark not defined.	۸-۴-۲- اندازه‌گیری پروتئین دانه
Error! Bookmark not defined.	۱-۸-۴-۲- هضم
Error! Bookmark not defined.	۲-۸-۴-۲- تقطیر
Error! Bookmark not defined.	۳-۸-۴-۲- تیتراسیون
Error! Bookmark not defined.	۹-۴-۲- اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ پرچم
Error! Bookmark not defined.	۱-۹-۴-۲- روش استخراج عصاره کل
Error! Bookmark not defined.	۲-۹-۴-۲- سنجش آنزیم کاتالاز
Error! Bookmark not defined.	۳-۹-۴-۲- سنجش آنزیم پراکسیداز
Error! Bookmark not defined.	۴-۹-۴-۲- سنجش آنزیم پلی‌فنل اکسیداز
Error! Bookmark not defined.	۱۰-۴-۲- محتوای نسبی آب بافت برگ پرچم
Error! Bookmark not defined.	۱۱-۴-۲- هدایت الکتریکی
Error! Bookmark not defined.	۱۳-۴-۲- فلورسانس کلروفیل
Error! Bookmark not defined.	۱۴-۴-۲- شاخص کلروفیل
Error! Bookmark not defined.	۱۵-۴-۲- اندازه‌گیری وزن و حجم ریشه
Error! Bookmark not defined.	۱۶-۴-۲- اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد
Error! Bookmark not defined.	۵-۲- تجزیه و تحلیل آماری

## فصل سوم: نتایج و بحث

۱-۳- آزمایش گلخانه‌ای (تأثیر محلول پاشی و باکتری محرک رشد و شوری بر عملکرد، برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم)	Error! Bookmark not defined.
۱-۱-۳- بیوماس کل	Error! Bookmark not defined.
۲-۱-۳- سرعت رشد محصول	Error! Bookmark not defined.
۳-۱-۳- سرعت رشد نسبی	Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۴- میزان رنگدانه‌های فتوستزی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۵-۱- پرولین و قندهای محلول

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۶- آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۷- عملکرد کوانتومی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۸- شاخص کلروفیل

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۹- هدایت الکتریکی (EC)

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۰- محتوای نسبی آب (RWC)

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۱- تأثیر محلول پاشی و باکتری محرک رشد بر روند پر شدن دانه گندم در سطوح مختلف شوری

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۲- تأثیر محلول پاشی و باکتری محرک رشد بر مولفه‌های پر شدن دانه

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۳- حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۴- طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۵- تأثیر محلول پاشی و بر عملکرد، اجزای عملکرد

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۶- ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۷- طول سنبله

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۸- وزن و حجم ریشه

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۱۹- وزن صد دانه

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۱-۲۰- عملکرد تک بوته

۳-۲- آزمایش مزرعه‌ای (تأثیر محلول پاشی، باکتری محرک رشد و محدودیت آبی بر عملکرد، برخی صفات

Error! Bookmark not defined. .... فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گندم)

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۱- آنالیزهای رشدی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۲- بیوماس کل

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۳- شاخص سطح برگ

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۳- سرعت رشد محصول

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۴- سرعت رشد نسبی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۵- رنگدانه‌های فتوستزی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۶- پرولین و قندهای محلول

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۷- آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۸- عملکرد کوانتومی

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۹- شاخص کلروفیل

Error! Bookmark not defined. .... ۳-۲-۱۰- تأثیر محلول پاشی، باکتری محرک رشد و محدودیت آبی بر مولفه‌های پر شدن دانه

Error! Bookmark not defined.	۱۱-۲-۳- تأثیر محلول پاشی، باکتری محرک رشد و محدودیت آبی بر روند پر شدن دانه گندم.
Error! Bookmark not defined.	۱۲-۲-۳- تأثیر محدودیت آبی، باکتریهای محرک رشد و محلول پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد.
Error! Bookmark not defined.	۱۳-۲-۳- ارتفاع بوته و طول سنبله
Error! Bookmark not defined.	۱۴-۲-۳- وزن صد دانه
Error! Bookmark not defined.	۱۵-۲-۳- وزن و حجم ریشه
Error! Bookmark not defined.	۱۶-۲-۳- عملکرد کل
Error! Bookmark not defined.	نتیجه گیری کلی
Error! Bookmark not defined.	پیشنهادها
Error! Bookmark not defined.	منابع مورد استفاده

## فهرست جدولها

صفحه	عنوان
Error! Bookmark not defined.	جدول ۱-۲- متوسط دما و میزان بارندگی ماهانه منطقه مورد آزمایش طی فصل رشد در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ (برگرفته از سایت اداره هواشناسی اردبیل)
Error! Bookmark not defined.	جدول ۲-۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایش
Error! Bookmark not defined.	جدول ۱-۳- تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتریهای محرک رشد و شوری بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی گندم
Error! Bookmark not defined.	جدول ۲-۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتریهای محرک رشد و شوری بر میزان کلروفیل a و b برگ پرچم گندم
Error! Bookmark not defined.	جدول ۳-۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتریهای محرک رشد و شوری بر میزان کلروفیل کل برگ پرچم گندم

جدول ۳-۵ - مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر میزان پرولین و قندهای محلول برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۶ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری در باکتری‌های محرک رشد بر محتوای پرولین و قندهای محلول برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۷ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد در محلول پاشی آهن و روی بر میزان قندهای محلول برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۸ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید آهن و روی، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۹ - مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی آهن و روی بر میزان فعالیت آنزیم‌های برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۰ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و باکتری‌های محرک رشد بر میزان فعالیت آنزیم‌های برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۱ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و محلول پاشی آهن و روی بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی فنلاز برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۲ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری باکتری‌های محرک رشد در محلول پاشی آهن و روی بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۳ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۴ - مقایسه میانگین اثر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۵ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۷ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر عملکرد و برخی صفات مرتبط با عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۸ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر اجزای عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۱۹ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر ریشه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۰ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر وزن صد دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۱ - مقایسه میانگین اثر اصلی شوری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.



جدول ۳-۲۲ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۳ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری شوری و محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۴ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و آبیاری بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۵ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و آبیاری بر میزان کلروفیل **a** و **b** برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

ادامه جدول ۳-۲۶ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و آبیاری بر میزان کلروفیل کل برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۷ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و آبیاری بر میزان پروتئین و قندهای محلول برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۸ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید آهن و روی، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانی برگ پرچم گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۲۹ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و آبیاری بر عملکرد کوانتومی گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۰ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر روند پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۱ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۲ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر طول دوره و دوره موثر پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۳ - معادلات برازش شده برای سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۴ - تجزیه واریانس تأثیر نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۵ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر اجزای عملکرد گندم. Error! Bookmark not defined.

جدول ۳-۳۶ - مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری نانو اکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر ریشه گندم. Error! Bookmark not defined.

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۸۲	شکل ۱-۱- نحوه پیدایش گندم نان ( <i>Triticum aestivum</i> L.)
Bookmark not defined	شکل ۱-۳- تأثیر نانوآکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند تجمع ماده خشک گندم.
Bookmark not defined	شکل ۲-۳- تأثیر نانوآکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند سرعت رشد محصول گندم.
Bookmark not defined	شکل ۳-۳- تأثیر نانوآکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند سرعت رشد نسبی محصول گندم.
شکل ۴-۳	تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوآکسید روی و آهن بر روند تغییرات عملکرد کوانتومی برگ پرچم گندم.
Error! Bookmark not defined.	شکل ۵-۳- تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوآکسید روی و آهن بر روند تغییرات شاخص کلروفیل برگ پرچم گندم.
Error! Bookmark not defined.	شکل ۶-۳- تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوآکسید روی و آهن بر روند تغییرات هدایت الکتریکی برگ پرچم گندم.
Error! Bookmark not defined.	شکل ۷-۳- تأثیر شوری، باکتری‌های محرک رشد و نانوآکسید روی و آهن بر روند محتوای نسبی آب برگ پرچم گندم.
Error! Bookmark not defined.	شکل ۸-۳- تأثیر نانوآکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و شوری بر روند پر شدن دانه گندم.
Bookmark not defined	شکل ۹-۳- تأثیر نانوآکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر تجمع ماده خشک گندم.

شکل ۳-۱۰ - تأثیر نانواکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر شاخص سطح برگ گندم. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۱ - تأثیر نانواکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر سرعت رشد محصول

گندم Error! Bookmark not defined. ....

شکل ۳-۱۲ - تأثیر نانواکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر سرعت رشد نسبی گندم. Error! Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۳ - اثرات متقابل محدودیت آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی با نانواکسید روی و آهن بر

محتوای پرولین Error! Bookmark not defined. ....

شکل ۳-۱۴ - اثرات متقابل محدودیت آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی با نانواکسید روی و آهن بر

محتوای قند محلول Error! Bookmark not defined. ....

شکل ۳-۱۵ - اثرات متقابل محدودیت آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی با نانواکسید روی و آهن بر

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان Error! Bookmark not defined. ....

شکل ۳-۱۶ - تأثیر محدودیت آبی، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و محلول پاشی بر روند تغییرات کلروفیل

برگ پرچم Error! Bookmark not defined. ....

شکل ۳-۱۷ - تأثیر نانواکسید روی و آهن، باکتری‌های محرک رشد و محدودیت آبیاری بر روند پر شدن دانه گندم. Error! Bookmark not defined.

# فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

## مقدمه

تنش یا استرس واژه‌ایی است که اولین بار توسط دانشمندان علوم زیستی در مورد موجودات زنده به کار برده شد. بعدها این واژه از علم فیزیک گرفته شده و آن را به‌عنوان هر عاملی که امکان بالقوه وارد آوردن صدمه به موجودات زنده را دارد تعریف نمودند (حکمت شعار، ۱۳۷۲). مفهوم تنش در گیاه عبارت از تاثیر منفی و شدید تعدادی از عوامل زنده یا غیر زنده موجود در محیط روی مکانیسم‌های طبیعی گیاه است که می‌تواند منجر به اختلال در روند تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گردد (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۸۹). تقریباً تمام تنش‌های محیطی اثر خود را در نهایت بصورت تنش خشکی بر گیاه اعمال می‌کنند. تنش خشکی به‌عنوان مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاهان و تولید محصول به‌شمار می‌آید (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۷). به‌گفته لویت خشکی می‌تواند در اثر وجود یک یا چند عامل آب و هوایی که موجب کمبود آب در داخل گیاه می‌گردد به‌وجود آید. این موضوع در نواحی خشک و نیمه خشک که میزان بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیمتر می‌باشد جدی‌تر است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵). مناطق خشک و نیمه خشک جهان تقریباً ۴۴/۷ میلیون کیلومتر مربع بوده و ۳۹ درصد آن جزء مناطق نیمه خشک به حساب می‌آید. در حال حاضر ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلیمتر در سال نیز در زمره‌ی مناطق خشک جهان قرار دارد (معصومی و همکاران، ۱۳۸۷).

تنش شوری که یکی از تنش‌های غیر زیستی است به عنوان یکی از مهم‌ترین تهدید کنندگان کشاورزی و محیط می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که در ۲۵ سال آینده مساحت زمین‌های زراعی که در اثر تنش شوری تخریب می‌شوند ۳۰٪ کل زمین‌های قابل کشت جهان را شامل شود که این مساحت در سال ۲۰۵۰ به ۵۰٪ خواهد رسید (Wang et al, 2009). این تنش یکی از موانع توسعه کشت گیاهان و از

جمله گندم می‌باشد که با توجه به موقعیت ایران از لحاظ خشکی و شوری می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

در ایران نیز حدود ۵۰ درصد اراضی تحت تاثیر انواع شوری می‌باشند. بیشتر زمین‌های زراعی، مستعد شورشدن هستند و بیشتر این مساحت در ناحیه خشک و نیمه خشک کشور قرار دارد (کافی، ۱۳۸۷). شوری بسیاری از فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند جوانه‌زنی، رشد، جذب آب و مواد غذایی را متاثر می‌سازد (Vilinbrg et al, 2004). همچنین تنش شوری موجب یک سری تنش‌های دیگری بر گیاه می‌گردد که از آن جمله می‌توان به تنش اکسیداتیو<sup>۱</sup>، تنش اسمزی، اختلالات تغذیه‌ای، مسمومیت یونی و اثر متقابل آنها اشاره کرد (Gao et al, 2008).

#### ۱-۱- مسائل و مشکلات تولید گندم در ایران

غلات در واقع شاخه‌ای از خانواده گندمیان (گرامینه)، علفی، تک‌په و یکساله می‌باشند و دانه‌های ریز آن‌ها مصرف خوراکی دارد. هزاران سال است که این گیاهان، در تامین غذای بشر نقش حیاتی ایفا می‌کنند. این گیاه بیشتر از نصف کالری و تقریباً نیمی از پروتئین مورد نیاز یک سوم مردم جهان را تامین می‌کند (Golamin & khayatnezhad, 2010). در بسیاری از کشورهای آسیایی و آفریقایی، بیش از ۸۰ درصد غذای مردم از غلات تامین می‌گردد در حالیکه سهم غلات در غذای مردمان اروپایی ۴۵ تا ۵۵ درصد بوده و در ایالات متحده آمریکا تقریباً ۳۰-۲۰ درصد است. گندم یکی از مهمترین گیاهان غله در جهان است که در بیشتر مناطق جهان به‌عنوان غذای اصلی مردم به‌شمار می‌رود (Fabian et al, 2008). زراعت گندم از سایر غلات اهمیت بیشتری داشته و نزدیک به ۳۰ درصد از سطح زیر کشت و کل تولید غلات در جهان را به خود اختصاص می‌دهد. این گیاه از معدود گیاهانی است که کشت آن در شرایط

---

۱. Oxidative stress

اقلیمی بسیار متنوع امکان پذیر است. معمولاً گندم به هوای خشک و مرطوب در اوایل فصل رویش و گرم و خشک در مراحل آخر رشد بویژه در طی دانه بستن نیاز دارد (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۸۹). اهمیت گندم به لحاظ ویژگی گلوتن آن می باشد که بخش چسبنده از پروتئین های سخت آندوسپرم می باشد و موجب ورآمدن خمیر می گردد (حکمت شعار، ۱۳۷۲). در دنیای امروز گندم نه تنها یک ماده غذایی اساسی و مهم است، بلکه از لحاظ سیاسی نیز از اهمیتی برابر با نفت و حتی برتر از آن برخوردار است (بهنیا، ۱۳۷۶).

نانو مواد و نانو تکنولوژی کاربردهای بسیاری در جهان دارند. به تازگی نانو ترکیبات کودی در کشاورزی استفاده می شوند. مطالعات اندکی بر روی اثرات نانو مواد در کشاورزی انجام شده است (Huang, 2000). عناصر غذایی کم مصرف در اعمال مختلف بیوشیمیایی سلول های گیاهی نقش غیرقابل انکاری دارند، به طوری که هر عمل ثانویه ای که موجب غیر قابل دسترس بودن این عناصر برای گیاه گردد، علائم ناشی از کمبود به صورت مختلف از قبیل کاهش عملکرد و غلظت این عناصر در اندام های مختلف ظاهر می شود. بنابراین، هر گونه تنش تغذیه ای ناشی از کمبود این عناصر به طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان و حیوان تاثیر می گذارد. کمبود عناصر غذایی کم مصرف در گیاهان و محصولات زراعی گسترش جهانی دارد، به طوری که در ۳۰ کشور جهان، ۳۰ درصد از خاک ها به کمبود یک یا چند عنصر کم مصرف مبتلا هستند (غیبی و ملکوتی، ۱۳۷۸). با کاربرد ریزمغذی ها چه به صورت محلول پاشی و یا خاک مصرف، غلظت عناصر ریزمغذی به کار رفته در دانه ها و سایر بخش های گیاه افزایش می یابد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). میزان مصرف عناصر کم مصرف در کشورهایی با کشاورزی پیشرفته، در حدود ۲ تا ۴ درصد از کل کود مصرفی است، این مقدار نه تنها برای تامین نیاز غذایی گیاهان جهت افزایش تولید در واحد سطح، بلکه برای غنی سازی محصولات کشاورزی مصرف می شود.

در کشور ما این مقدار ناچیز و در حدود دو گرم بر تن است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). در کشاورزی، ریزمغذی‌هایی مانند آهن، منگنز، روی، مس و بر از جمله عناصری هستند که در رشد و باردهی گیاهان زراعی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بدیهی است که با مصرف متعادل کودها به ویژه کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف مانند آهن، منگنز و روی علاوه بر نیل به افزایش تولید در واحد سطح (حداقل در حد ۲۰ درصد)، غنی‌سازی دانه و کلش گندم و سایر محصولات زراعی و باغی انجام می‌گیرد و بذور به دست آمده برای کشت بعدی از قدرت جوانه‌زنی و سبزشدن بالاتری برخوردار می‌شوند. غنی‌سازی محصولات کشاورزی برای جامعه ما که از کمبود این عناصر بسیار در رنج است، امری حیاتی به شمار می‌رود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸؛ ضیائی‌ان، ۱۳۸۲). روی، عنصری ریز مغذی است که در مقادیر بسیار کم برای انجام فعالیتهای فیزیولوژیک مثل فتوسنتز و سنتز پروتئین نیاز است (Marschner, 1984). کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک، خاکهای شنی و فرسایش یافته و به خصوص در خاکهای آهکی، خاکهای سدیمی و غرقابی شیوع بیشتری دارد (Taker, 1984). نیاز گیاهان به روی با اینکه اندک است ولی اگر مقدار کافی از این عنصر در دسترس نباشد گیاهان از تنش‌های فیزیولوژیکی حاصل از ناکارایی سیستمهای متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی متأثر خواهند شد. محمد و همکاران (۱۹۹۰) اعلام کردند که در اثر محلول پاشی عنصر روی به دلیل افزایش مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین ساخته شده توسط گیاه، وزن دانه، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافته و در مجموع موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. همان‌تاراجان و گری<sup>۱</sup> (۱۹۸۸) اظهار داشتند که استفاده از محلول‌پاشی آهن به طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، میزان کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین خام دانه گندم می‌شود. علی‌رغم

---

۱. Hemantaranjan & Gray



افزایش عملکرد گندم در سال‌های اخیر، در مقایسه با عملکرد کشورهای توسعه یافته و متوسط عملکرد گندم جهان، راندمان تولید این محصول در ایران پائین است. مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده راندمان گندم در ایران را می‌توان به شرح زیر بیان کرد (مولودی، ۱۳۸۴):

غالب بودن اراضی دیم نسبت به آبی.

پائین بودن سطح علمی و عملی کشاورزان و عدم رعایت کافی نکات فنی زراعت گندم.

نارسایی در تامین به موقع و کافی نهاده‌های کشاورزی (بذر مرغوب، کود شیمیایی، سموم، آب و...)

بالا بودن میزان ضایعات محصول در مراحل مختلف تولید.

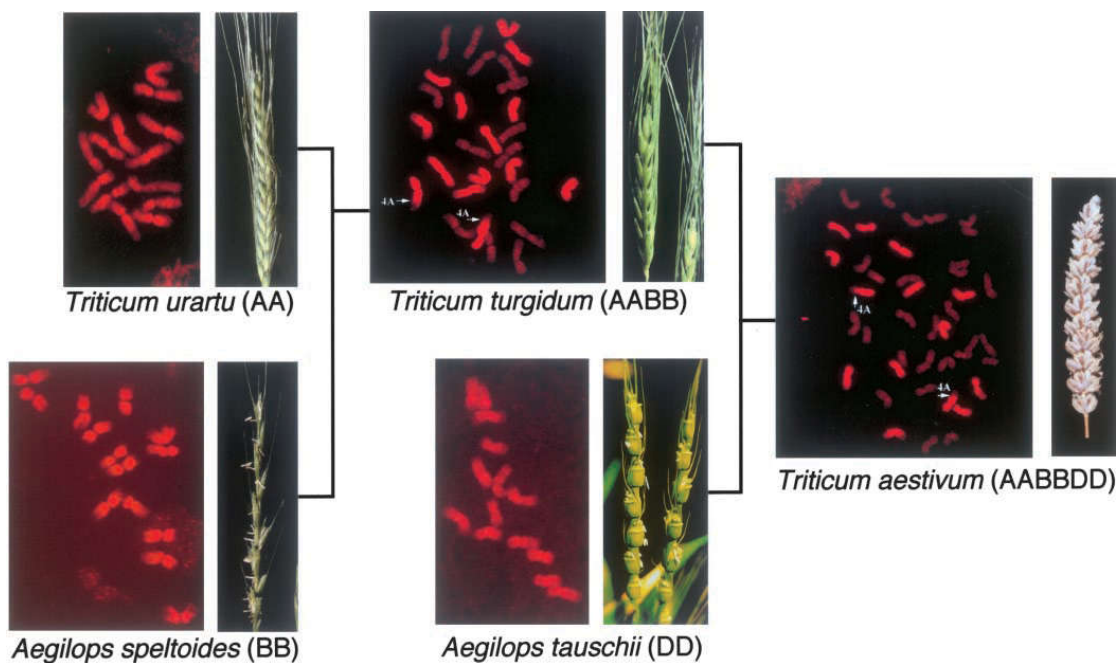
کمبود وسایل، ابزار، اعتبارات لازم جهت تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی.

کاربرد غیر اصولی و نامنظم ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی.

خسارت آفات، بیماری‌های گیاهی، علف‌های هرز و عدم مدیریت صحیح کنترل آنها.

## ۲-۱- طبقه‌بندی ژنتیکی گندم

از نظر ژنتیکی انواع گندم در سه گروه دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید قرار می‌گیرند. گندم نان با نام علمی *Triticum aestivum* L. ( $2n = 6x = 42$  AABBDD) گیاهی آلوپلوئید است که از تلاقی *Aegilops tauschii* و *Triticum turgidum* ( $2n = 4x = 28$  AABB) (دهنده ژنوم‌های A و B) و *Triticum urartu* (AA) (دهنده ژنوم D) (Gupta et al, 2008) (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نحوه پیدایش گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

### ۱-۳- گیاهان و تنش‌های محیطی

گیاهان در محیط‌های رشد خود پیوسته با تنش‌های متعددی مواجه هستند که شانس نمو و بقای آنها را به نوعی محدود می‌سازد. در بخش‌های وسیعی از کره زمین، مانند مناطق خشک، نواحی شور، مناطق قطبی و ارتفاعات بالا، شرایط مناسب برای رشد و نمو گیاه محدود است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). تنش موجب روند غیرعادی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌شود که از تاثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود (Farley & Coot, 1998). تنش‌های محیطی مهم‌ترین عامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهانی هستند (ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴). تغییرات عملکرد، ناشی از اثرات متقابل پیچیده بین محیط، ژنتیک و مدیریت تنش‌های زیستی است. از این عوامل، تنش کمبود آب یکی از علت‌های اصلی ایجاد تغییر در عملکرد تحت شرایط مزرعه‌ای است. تنش کمبود آب اغلب برای دوره‌های کوتاه مدت و در گرم‌ترین ساعات روز و همچنین در آخر فصل رشد، رخ می‌دهد. نوع خاک، ظرفیت نگهداری رطوبت و ویژگی‌های زهکشی در شرایط مزرعه‌ای در بروز تنش کم‌آبی تاثیر دارند. مجموع متغیرهای تنش آبی در طول روز طی فصل رشد، می‌تواند به کاهش فتوسنتز و تلفات عملکرد در مزرعه منجر شود. به دلیل ماهیت دینامیک تنش کمبود آب، اندازه‌گیری و ارتباط دادن آن به عملکرد نهایی خیلی مشکل است (Batchlor, 1999) ایران یکی از کشورهایی است که در بیشتر نقاط آن تنش‌های عمده غیرزنده مانند خشکی و نیز تنش‌های زنده نظیر آفات و بیماری‌ها موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی شده است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). از جمله تنش‌هایی که گیاه در مقابل آنها واکنش نشان می‌دهد می‌توان به کمبود آب، سرما، گرما، شوری، کمبود

اکسیژن در منطقه ریشه و آلودگی هوا اشاره کرد. برخی عوامل محیطی مانند دمای هوا در مدت چند دقیقه می‌توانند تنش‌زا شوند؛ در صورتی که اثر سایر عوامل محیطی ممکن است روزها تا هفته‌ها مانند رطوبت خاک یا حتی ماه‌ها مانند مواد معدنی به طول بینجامد (بی‌نام، ۱۳۹۰). به دلیل خسارت قابل‌توجهی که از تنش‌های محیطی (غیر زیستی) به محصولات زراعی از جمله غلات وارد شده، در سال‌های اخیر بررسی واکنش گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Passioura, 2007). برای بهبود محصول تحت شرایط تنش، باید تولید پتانسیل بالا و عوامل دخیل در ممانعت از کاهش تولید ناشی از تنش‌های متفاوت ترکیب شوند (Cseuze et al, 2007).

#### ۱-۴- تنش خشکی

تنش‌های محیطی را می‌توان به دو دسته عمده تنش‌های زنده و غیر زنده تقسیم‌بندی کرد (Chaves & Oliveira, 2004). گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش‌های غیر زنده متفاوتی از قبیل کمبود آب، دمای بالا، شوری و سرما قرار دارند. برآورد شده است که شرایط تنش‌زا می‌توانند بصورت بالقوه عملکرد گیاهان زراعی را بیش از ۵۰ درصد کاهش دهند (Vij & Tyagi, 2007). تنش خشکی مانند بسیاری از تنش‌های محیطی اثرات زیانباری روی عملکرد گیاهان زراعی می‌گذارد و کمی آب قابل دسترس در بیشتر مناطق کشاورزی جهان دلیل اصلی کاهش عملکرد غلات به حساب می‌آید (Vivas et al, 2002). بطورکلی در نواحی مهم کشت گندم در جهان سه نوع تنش خشکی وجود دارد (van Ginkel et al, 1998) که عبارتند از:

۱. تنش خشکی ابتدایی که در اوایل فصل رشد رخ می‌دهد.
۲. تنش خشکی پیوسته که شدت آن در طول فصل رشد به طور مرتب افزایش می‌یابد.

۳. تنش خشکی انتهایی که در اواخر فصل رشد و مصادف با دوران دانه‌بندی رخ می‌دهد.

تنش خشکی انتهایی یکی از عوامل اصلی و کاهش عملکرد گندم در مناطق نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه‌ای است.

### ۱-۴-۱- اثر تنش خشکی بر گندم

واکنش گیاهان به تنش خشکی بسته به شدت تنش و طول دوره آن متغیر است. علاوه بر شدت و طول دوره تنش خشکی، مرحله رشد گیاه که در آن تنش رخ می‌دهد نیز در میزان تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان حائز اهمیت است (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵). تنش خشکی در اوایل دوره رشد منجر به رشد ضعیف گیاه، کاهش توسعه ریشه و پنجه‌دهی می‌شود. خمیدگی و پیچیدگی برگ‌ها در اواسط روز نیز از علائم تنش خشکی می‌باشد. تنش خشکی در گندم در مرحله سنبله‌دهی می‌تواند موجب کاهش تعداد سنبله‌چه و گلچه در سنبله گندم شود. تنش‌های شدید ممکن است منجر به عقیمی کامل یا نسبی دانه گرده گندم شود. در بسیاری از محیط‌های نیمه خشک، رطوبت نسبی در ابتدای فصل رشد در بالاترین حد بوده و سپس بطور تصاعدی کاهش می‌یابد. در این مناطق عموماً دوره پر شدن دانه گندم مصادف با کم‌آبی و افزایش تبخیر از سطح خاک می‌باشد. در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. بنابراین، در ژنوتیپ‌های زودرس، کارآیی مصرف آب بیشتر خواهد بود. البته در شرایطی که تنش خشکی در اوایل فصل رشد بروز نماید و تا قبل از گلدهی خاتمه یابد، ارقام دیررس عملکرد بالاتری نسبت به ارقام زودرس خواهند داشت (نجفی‌میرک و شیخی‌گرجانی، ۱۳۸۴).

در برخی نقاط کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی تأثیر بیشتری دارند. ایران از جمله‌ی این کشورهاست که در بیشتر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده نظیر خشکی، شوری، دما، باد و نیز تنش‌های زنده شامل قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و حشرات موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و گاهی عدم امکان کشاورزی شده است. ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود. بر اساس تعریف آمبرژه مناطقی را خشک گویند که بارندگی سالانه آن‌ها کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد و مناطق با بارندگی سالانه ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر را نیمه خشک گویند (کوچکی، ۱۳۶۵).

تنش‌های غیرزنده با ایجاد یک سری از تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی، موجب ایجاد اختلال در رشد و بهره‌وری گیاه می‌شوند (Wang et al, 2001).

برای حفظ رشد و بهره‌وری، گیاهان باید به شرایط تنش سازگار شوند و مکانیسم‌های مخصوص تحمل را بکار گیرند. خشکی مسأله مهمی برای تولید پنج غله اصلی دنیا شامل ذرت، گندم، برنج، ارزن مرواریدی و سورگوم می‌باشد. خشکی پدیده‌ای است که در غیاب بارندگی در یک دوره زمانی طولانی ایجاد می‌شود و موجب تخلیه رطوبت خاک و کاهش پتانسیل آب در بافت‌های گیاهی می‌گردد (Kramer, 1980). ولی از نقطه نظر کشاورزی، خشکی به معنای ناکافی بودن میزان آب و توزیع نامناسب آن در طی چرخه زندگی گیاه می‌باشد که موجب می‌گردد گیاه از همه پتانسیل ژنتیکی خود استفاده نکند. این مسأله یک عامل محدودکننده جدی در تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود، به علت اینکه موجب می‌شود گیاه از رسیدن به حداکثر عملکرد خود که از نظر ژنتیکی تعریف شده است باز بماند (بیگ، ۱۹۷۶).

## ۱-۴-۲- مکانیسم سازگاری به خشکی

در تولید گیاهان زراعی فقط بقاء گیاهان در طی خشکی کافی نیست بلکه نیاز است که گیاهان عملکرد معقولی نیز داشته باشند. چهار مکانیسم سازگاری عمومی در گیاهان زراعی شامل فرار از خشکی، اجتناب از خشکی، تحمل خشکی و جبران خشکی می‌باشد. هر چند گیاهان زراعی بیش از یک نوع مکانیسم در طی مقاومت در برابر خشکی استفاده می‌کنند. با استفاده از این مکانیسم‌ها در برنامه‌های اصلاحی می‌توان موجب افزایش مقاومت به خشکی شد (کافی و دامغانی، ۱۳۸۹). بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند، ضرورت حفظ و استفاده بهینه از منابع آبی را از طریق روش‌های به نژادی و به زراعی، بیش از پیش مشخص می‌سازند. از روش‌های به زراعی می‌توان به تاریخ کاشت مناسب، استفاده از مالچ برای جلوگیری از تبخیر و تعرق و تراکم مناسب اشاره کرد. از روش‌های به نژادی نیز می‌توان به انتخاب و معرفی ارقام متحمل به خشکی، با توجه به شناخت و تقویت مکانیسم‌های تحمل به خشکی اشاره کرد (بنی صدر، ۱۹۷۹).

مقاومت به خشکی به وسیله عوامل زیادی مانند: تعداد ریشه و گسترش آن، مقاومت نسبت به جریان آب، اندازه روزنه و تعداد آن، ظرفیت آب برگ، تجمع ABA و پرولین، مقاومت کوتیکولی و مومی بودن آن کنترل می‌شود و تولید محصول تحت تأثیر عواملی مانند تعداد پنجه‌ها یا سنبله‌ها در هر گیاه، تعداد سنبله‌چه‌ها، تعداد دانه در هر سنبله‌چه، وزن هزار دانه، موقعیت گیاه از نظر رشد (محدود یا نامحدود بودن)، حساسیت به نور و درجه زودرسی تعیین می‌شود (کافی و دامغانی، ۱۳۸۹).

در یکی از مدل‌هایی که فیلیپوف و ریشنوسکی<sup>۱</sup> (۱۹۸۰) برای یک هیبرید مقاوم به خشکی و پر محصول ارائه کردند، عوامل زیر را مهم دانسته‌اند: سرعت فتوسنتزی بالا، توانایی گیاه برای ریزش برگ‌های پائین خود در طی دوره خشکی، محتوای زیاد رنگیزه‌ای، دارا بودن برگ‌هایی که زاویه افقی کمی دارند، کاهش ارتفاع، شاخص برداشت زیاد، ارتفاعی که سنبله‌ها روی ساقه قرار دارند و توانایی گیاه از نظر تحمل تراکم زیاد در شرایطی که رطوبت کم است.

اثرات تنش کم آبی در گیاهان مختلف یکسان نیست و ژنوتیپ، مرحله رشد گیاه و شدت و طول مدت تنش در میزان صدمات وارده به گیاه، نقش تعیین کننده‌ای دارد. از طرفی در برخی گیاهان تنش در برخی مراحل رشد با اثرات مفیدی همراه است. در این شرایط، تنش اندک هرچند که میزان رشد و عملکرد را تا حدی کاهش می‌دهد، ولی ممکن است در بهبود خصوصیات کیفی محصولات زراعی و باغی اثر گذار باشد. به طور مثال تنش اندک آب کیفیت میوه‌های سیب، گلابی، هلو و آلو را افزایش می‌دهد. تنش آبی مقدار روغن نعناع و چربی میوه‌های زیتون، درصد روغن سویا و درصد پروتئین دانه‌های گندم را افزایش می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۷۵).

خشکی را می‌توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد (کوچکی، ۱۳۷۵):

الف- خشکی اتمسفری: این خشکی ناشی از رطوبت اندک هوا بوده و اغلب در نتیجه وقوع بادهای خشک و بسیار گرم مشاهده می‌شود.

ب- خشکی خاک: این خشکی موقعی به وجود می‌آید که عرضه رطوبت خاک نسبت به تبخیر و تعرق دارای تاخیر زمانی باشد.

---

1. Filippov & Rychnovsky



## ۱-۵- اثر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک

خشکی زمانی رخ می‌دهد که پتانسیل آب به اندازه‌ای منفی شود که امکان دسترسی به آب به پایین‌تر از سطح بهینه برای رشد و نمو گیاه برسد. در مقیاس جهانی این امر دلیل عمده‌ای برای محدودیت تولید در سیستم‌های کشاورزی و تولید غذا می‌باشد. در غلات که منبع اصلی کربوهیدرات برای انسان می‌باشد حتی تنش‌های متناوب آب در مراحل بحرانی ممکن است منجر به کاهش قابل توجه عملکرد و افت محصول گردد. با این حال، اجداد وحشی گونه‌های زراعی به نظر می‌رسد که بطور نسبی مقاوم به خشکی باشند. برای مثال گندم وحشی که در مناطق خشک رشد می‌کند مجبور است سیکل زندگی خود را تحت شرایط شدید و غیر قابل پیش‌بینی تنش کم آبی به پایان برساند و به این شرایط خو گرفته است. مشخص گردیده است که غلات وحشی منبع بسیار خوبی به لحاظ خصوصیات مقاومت به خشکی می‌باشند چرا که دارای تنوع ژنتیکی بسیار وسیع‌اند که ممکن است گونه‌های زراعی فاقد آن باشند (Rebetzke et al, 2000).

بر اساس شدت و مدت تنش خشکی ممکن است پژمردگی پنهان، پژمردگی موقت و یا پژمردگی دائم در گیاه ایجاد شود. تنش کمبود آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش در فتوسنتز می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۴). همزمانی تنش کمبود آب در خاک و زیادی پتانسیل تبخیر و تعرق، فتوسنتز را به شدت کاهش می‌دهد. در اثر تنش کمبود آب هم خود سلول‌ها و هم فضاهای بین سلولی کوچکتر می‌شوند. دیواره سلولی ضخیم می‌شود و بافت‌های نگهدارنده و مکانیکی توسعه می‌یابند. در اثر نقصان پتانسیل هیدرواستاتیک، توسعه سلول‌ها و نیز تا حدی تقسیم سلولی کاهش پیدا می‌کند (علیزاده، ۱۳۸۴). رشد

اندام‌های جوان در اثر تنش محدود شده و این اندام‌ها کوچک می‌مانند ولی برگ‌های مسن ریزش می‌کنند (Secenji et al, 2000).

تفاوت‌های زیادی در میزان عملکرد دانه گندم در مناطق مختلف دنیا وجود دارد که عمدتاً معلول میزان آب قابل استفاده گیاه و میزان تبخیر در آن مناطق می‌باشد. بیشترین عملکرد مربوط به اروپای غربی و کمترین آن به مناطق خشک یا نیمه خشک نظیر بخش‌هایی از استرالیا و هندوستان، روسیه و آمریکای شمالی مربوط می‌شود. برآورد این امر که تأثیرات کمبود آب به لحاظ کمی تا چه حد موجب کاهش تولیدات گیاهی شده چندان آسان نیست ولی با در نظر گرفتن این واقعیت که در مناطق نیمه خشک که حدود ۳۲ درصد از اراضی کشاورزی جهان را در بر می‌گیرد نسبت بین تبخیر و تعرق پتانسیل بین ۲ تا ۵ درصد است از این رو می‌توان کاهش عملکرد را در اثر کمبود رطوبت به همین نسبت بیان نمود.

به طور کلی تاثیر تنش آب بر عملکرد چند جانبه است. در مراحل نمو رویشی حتی شدت‌های پایین تنش می‌تواند سرعت رشد برگ را کاهش داده و در نتیجه منجر به کوچک شدن برگها، کاهش شاخص سطح برگ، طول دوره رسیدگی گیاه و کاهش میزان جذب نور توسط گیاه شود. برای تعیین مقدار آب مورد نیاز و زمان مناسب آبیاری غلات (از جمله گیاه گندم) باید برخی از واکنش‌های اساسی گیاه به رطوبت خاک را در نظر داشت. به طور کلی از زمان سبز شدن تا تکمیل پنجه‌زنی، گندم آب زیادی مصرف نمی‌کند، حتی مقداری تنش رطوبت در طول این دوره ممکن است مفید واقع شود زیرا با این روش از رشد زیاد اولیه‌ی جلوگیری می‌شود و رطوبت خاک قبل از موقع تخلیه نمی‌شود. نیاز گیاه به آب زمانیکه گیاه حداکثر رشد رویشی را داراست (که همزمان با طویل شدن ساقه‌هاست) افزایش می‌یابد. در زمان تشکیل سنبلیچه‌ها

محدودیت آبی موجب کاهش تعداد آنها در هر سنبله خواهد شد. بیشترین دوره خشکی اغلب در زمان گلدهی و تشکیل دانه حادث می‌شود و این دوره همزمان با حداکثر نیاز گیاه به رطوبت می‌باشد. فاصله بین تمایز سلولی سنبلچه‌ها و گلدهی حساسترین دوره به خشکی می‌باشد و تنش رطوبتی در مرحله لقاح گلها موجب کاهش تعداد دانه‌ها می‌شود. گزارش شده است که در هر یک از دو دوره فوق‌الذکر چنانچه گیاه تحت تأثیر تنش رطوبت قرار گیرد عملکرد اقتصادی کاهش می‌یابد. آبیاری تکمیلی در زمان مناسب می‌تواند تأثیر بسزایی در ثبات عملکرد داشته باشد (Araus et al, 2000).

#### ۱-۵-۱- عملکرد و اجزای عملکرد

تنش‌های غیر زنده مانند خشکی، شوری، دمای بالا، سمیت شیمیایی و تنش اکسیداتیو تهدیدهای جدی برای کشاورزی هستند. تنش غیر زنده دلیل اصلی ضرر جهانی گیاهان زراعی است و موجب کاهش میانگین عملکرد بیش از ۵۰٪ مهمترین گیاهان زراعی شده است (Bartales et al, 2000). هر عاملی که مراحل متابولیسم طبیعی یک گیاه را متوقف یا محدود کند تنش محسوب می‌شود. در واقع گیاهان به دلیل تنش‌های موجود تنها به ۲۵ درصد توان تولیدی خود می‌رسند و ۷۵ درصد توان تولیدی آن‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. هر چه مقاومت به این تنش‌ها بیشتر شود، امکان افزایش عملکرد فراهم‌تر خواهد بود (تیشه زن، ۱۳۸۳).

تنش کمبود آب با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مثل فتوسنتز، تنفس، انتقال مجدد، جذب یونی، کربوهیدرات‌ها، سوخت و ساز مواد اندوخته‌ای و سازمان یابی رشد، موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (عادلی مسبب، ۱۳۸۹). گیاهانی مانند گندم که دانه خشک تولید می‌کنند، در مقایسه با گیاهانی که

Surname: <b>Babaei</b>	Name: <b>Khadijeh</b>
Title of Thesis: <b>Influence of seed inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), nano Fe - Zn oxide and foliar application on yield and some morpho-physiological traits of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) under salinity and water limitation condition.</b>	
Supervisor: <b>Dr. Raouf Seyed Sharifi</b> Advisors: <b>Dr. Alireza Pirzad</b>	
Graduate Degree: <b>Ph. D</b>	Major: <b>Agriculture engineering</b>
Specificality: <b>Crop Physiology</b>	Faculty of <b>Agriculture and Natural Resources</b>
University of <b>Mohaghegh Ardabili</b>	Number of pages: 192
Graduation Date: 2017.11.18	
<b>Key words:</b> Plant Growth Promoting Rhizobacteria, <i>Triticum aestivum</i> L., Salinity, Water Limitation, Nano Fe -Zn oxide.	
<p><b>Abstract</b></p> <p><b>Greenhouse Experiment</b></p> <p>In order to evaluate the effects of nano Zn-Fe oxide and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on yield and some morpho-physiological traits of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) under salinity stress, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at research green house of faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2015. Treatments were included soil salinity in three levels [no-salt (S<sub>1</sub>) or control, salinity 25 (S<sub>2</sub>), and 50 (S<sub>3</sub>) as NaCl], seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria in four bio fertilizers levels [no inoculation (F<sub>1</sub>), seed inoculation by <i>Azotobacter chroococum</i> strain 5 (F<sub>2</sub>), <i>Azospirillum lipoferum</i> strain OF (F<sub>3</sub>), <i>Pseudomonas putida</i> strain 186 (F<sub>4</sub>)] and foliar application in four levels [without foliar application (N<sub>1</sub>), foliar application of nano Zn oxide (N<sub>2</sub>), nano Fe oxide (N<sub>3</sub>) and nano Fe-Zn oxide (N<sub>4</sub>)]. Means comparison showed that maximum of yield, total biomass, leaf area index, photosynthetic pigments, chlorophyll index and grain filling componenets (maximum of grain weight, grain filling rate, grain filling period and effectie grain filling period), values of maximum efficiency of PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) and relative water content (RWC) were obtained in no salinity and application of <i>Pseudomonas</i> and nano oxide as N<sub>4</sub>. The minimum of these traits were obtained in the highest salinity level, no inoculation and nano oxide (F<sub>1</sub>N<sub>1</sub>). Interaction effect between salinity and PGPR showed that the highest activity of CAT, POD and PPO were obtained in the highest salinity level and application of bio fertilizer as F<sub>4</sub> and the least activity of these enzymes were obtained in S<sub>1</sub>F<sub>1</sub>. The highest of CAT and PPO activity was observed in salinity of 50 mM, foliar application of nano oxide as N<sub>4</sub>. The lowest of them was obtained at no salinity, application of nano oxide as N<sub>1</sub>. The highest RWC was obtained at no salinity condition and PGPR application as F<sub>4</sub> (S<sub>1</sub>F<sub>4</sub>). The highest EC were observed in the highest salinity level and no application of PGPR and nano oxide. The highest content of proline and soluble sugars was obtained in salinity of 50 mM and application of PGPR as F<sub>4</sub>. But the minimum of the mentioned osmolytes was observed in control treatment (S<sub>0</sub> and F<sub>0</sub>). The highest grain yield (2.68 g per plant) was obtained in no salinity and PGPR application as N<sub>4</sub>. But the minimum yield (1.87 g per plant) was obtained in the highest salinity level and without application of PGPR. On the other hand, in the highest salinity level, nano Zn oxide, nano Fe oxide and nano Zn and Fe oxide increased yield by 2.71, 2.17 and 17.39% in comparison with control.</p> <p><b>Field experiment</b></p> <p>In order to study of the effect of nano Zn-Fe oxide and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on yield and some morpho-physiological traits of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) under water limitation condition, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in 2014. The experimental factors were included: irrigation in three levels (full irrigation as control, irrigation to 50% of heading and booting stages equivalent of 50 and 60 code of Zadox respectively), seed inoculation with PGPR in four levels (non-inoculation, inoculation with <i>Azotobacter chroococum</i> strain 5, <i>Azospirillum lipoferum</i> strain OF, <i>Pseudomonasputida</i> strain 186) and foliar application in four levels (non-foliar application and foliar application of nano iron oxide, nano zinc oxide and nano zinc oxide+ nano iron oxide). Means comparison showed that the highest grain yield, total biomass, leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and grain filling components were obtained at application of <i>Azotobacter</i>, nano Zn-Fe oxide and full irrigation. The minimum of these traits were obtained in no-inoculation, no-foliar application of nano oxide and irrigation to 50% of booting stage. Water limitation decreased chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid and yield of wheat. Whereas, soluble sugars and proline content, the activity of Catalase, Peroxidase, Polyphenol Oxidase enzymes were increased. However inoculation of plants with plant growth promoting rhizobacteria and nano Zn-Fe oxide application improved these traits under water limitation condition and normal irrigation. irrigation withholding at 50% booting and heading stages decreased 65.8 % and 31.6 % of grain yield respectively, but the both application of bio-fertilizers and nano Zn-Fe oxide were able to compensate 50.7% and 41% of this reduction respectively.</p>	



**University of Mohaghegh Ardabili**  
**Faculty of Agriculture and Natural Resources**  
**Department of Agronomy and Plant Breeding**

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Ph. D in  
Crop Physiology**

Title:

**Influence of seed inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), nano Fe - Zn oxide and foliar application on yield and some morpho-physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity and water limitation condition.**

Supervisor:

**Raouf Seyed Sharifi (Prof.)**

Advisors:

**Alireza Pirzad (Ph.D)**

By:

**Khadijeh Babaei**

Fall 2017