بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده فارسی..... ۱

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱-شوری در ایران و جهان..... ۲
۱-۲-تنش شوری..... ۳
۱-۳-اهمیت گندم..... ۵
۱-۳-۱- گندم دوروم..... ٦
۱-۳-۲- گندم نان..... ۷
۱-٤-نقش پتاسیم در تحمل به شوری..... ۹
۱-۵-کودهای نانو..... ۱۰
۱-٦-فرضیه‌ها..... ۱۱
۱-۷-هدف از اجرای تحقیق..... ۱۲

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱-تعادل یونی و تنش شوری..... ۱۳
۲-۲-پتاسیم و جذب آن در گیاه..... ۱۵
۲-۳-نقش پتاسیم در گیاه..... ۱۷
۲-٤-نقش پتاسیم در تحمل به شوری..... ۲۰
۲-۵-نقش پتاسیم در تبادلات گازی و سایر صفات فیزیولوژیکی..... ۲۳
۲-٦-بیوماس و عملکرد..... ۲٦
۲-۷-محتوی کلرفیل..... ۲۸
۲-۸-فلورسانس کلروفیل..... ۳۰
۲-۹-محتوی نسبی آب(RWC)..... ۳۱
۲-۱۰-کربوهیدرات‌های محلول..... ۳۲

۲-۱۱-پروتئین‌های محلول برگ ۳٤
۲-۱۲-فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها ۳۵
۲-۱۲-۱-فعالیت آنزیم کاتالاز (EC 1.11.1.6) ۳۵
۲-۱۲-۲-فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (EC 1.11.1.1) ۳٦
۲-۱۳-۳-فعالیت آنزیم گلوتاتیون ریداکتاز (EC 1.6.4.2) ۳۷

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱-روش اجرای طرح ۳۹
۳-۲-مشخصات ارقام گندم مورد بررسی ۳۹
۳-۲-۱-رقم کویر ٤۰
۳-۲-۲-رقم قدس ٤۰
۳-۲-۳-یاواروس ٤۰
۳-۲-٤-بهرنگ ٤۱
۳-۳-مشخصات خاک و گلدان ٤۱
۳-٤-میزان و نحوه محاسبه کود ٤۲
٤-۳-۱-کود اوره مصرفی ٤۲
٤-۳-۲-کود فسفر مصرفی ٤۲
٤-۳-۳-کود پتاسیم مصرفی ٤۳
۳-۵-کاشت در گلدان ٤۳
۳-٦-نحوه اعمال سطح شوری ٤٤
۳-۷-مشخصات هواشناسی منطقه در زمان اجرای آزمایش ٤٤
۳-۸-اندازه‌گیری صفات مختلف ٤۵
۳-۸-۱-عملکرد و اجزای عملکرد و برخی خصوصیات مورفولوژیک ٤۵
۳-۸-۲-اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای ٤۵
۳-۸-۳-اندازه‌گیری میزان سبزینگی با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی ٤۵
۳-۸-٤-فلورسانس کلروفیل ٤٦

۳-۸-۵-محتوای نسبی آب (RWC) ٤٧
۳-۸-٦-اندازه‌گیری غلظت کل قندهای محلول برگ ٤٨
۳-۸-۷-اندازه‌گیری نشاسته برگ ۵۰
۳-۸-۸-اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم ۵۰
۳-۸-۹-اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی(کلرفیل a و b) ۵۲
۳-۸-۱۰-اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و پروتئین محلول ۵۲
۳-۸-۱۰-۱- فعالیت آنزیم کاتالاز ٥٤
۳-۸-۱۰-۲- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ۵۵
۳-۸-۱۰-۳- فعالیت آنزیم گلوتاتیون ریداکتاز ٥٦
۳-۸-۱۰-٤- اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول ٥٦
۳-۹-آزمون جوانه‌زنی ۵۷
۳-۹-۱- روش اجرای آزمون جوانه‌زنی ۵۷
۳-۹-۲- وسایل و مواد لازم جهت آزمون جوانه‌زنی ۵۸
۳-۹-۳- روش ضدعفونی کردن بذر ۵۸
۳-۱۰- محاسبات آماری طرح ۵۹

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱-اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه و اجزای آن و برخی صفات مورفولوژیک ٦٠
٤-۱-۱- عملکرد دانه ٦٠
٤-۱-۲- طول سنبله ٦٢
٤-۱-۳- تعداد سنبلچه در سنبله ٦٣
٤-۱-٤- وزن هزار دانه ٦٥
٤-۱-۵- تعداد سنبلهٔ بارور در بوته ٦٦
٤-۱-٦- تعداد پنجه در بوته ٦٧
٤-۱-۷- عملکرد بیولوژیک ٦٨
٤-۱-۸- ارتفاع بوته ٦٩

٤-١-٩- طول پدانکل ٧٠
٤-١-١٠- طول پنالتیمیت ٧١
٤-٢-اثر تیمارهای مختلف بر غلظت سدیم و پتاسیم و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ٨١
٤-٢-١- هدایت روزنه‌ای ٨١
٤-٢-٢- روند هدایت روزنه‌ای ٨٢
٤-٣-میزان سبزینگی (عدد SPAD) ٨٥
٤-٣-١- روند تغییرات میزان سبزینگی ٨٦
٤-٤-محتوای نسبی آب برگ پرچم ٨٨
٤-٤-١- تغییرات محتوای نسبی آب ٨٩
٤-٥-غلظت یون‌های Na^+ و K^+ و نسبت K^+/Na^+ برگ پرچم ٩١
٤-٦-اثر تیمارهای مختلف بر فلورسانس کلروفیل ١٠٤
٤-٦-١- حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (F_v/F_m) ١٠٤
٤-٦-٢- عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (PSIIΦ) ١٠٥
٤-٦-٣- دفع فتوشیمیایی کلروفیل برنگیخته (qP) ١٠٦
٤-٦-٤- دفع غیر فتوشیمیایی (NPQ) ١٠٧
٤-٧-اثر تیمارهای مختلف بر محتوای کربوهیدرات‌ها و کلروفیل برگ پرچم ١١٦
٤-٧-١- قندهای محلول برگ پرچم ١١٦
٤-٧-٢- غلظت نشاسته برگ پرچم ١١٨
٤-٨-محتوای کلروفیل ١١٩
٤-٨-١- تغییرات محتوای کل کلروفیل ١٢١
٤-٩-پروتئین‌های محلول برگ ١٣١
٤-١٠-فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت ١٣٢
٤-١٠-١- فعالیت آنزیم کاتالاز ١٣٢
٤-١٠-٢- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ١٣٣
٤-١٠-٣- فعالیت آنزیم گلوتاتیون ریداکتاز ١٣٤
٤-١١-آزمون جوانه‌زنی بذور در سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری ١٤٣

٤-١١-١- درصد جوانه‌زنی ١٤٣
٤-١١-٢- سرعت جوانه‌زنی ١٤٤
٤-١١-٣- شاخص جوانه‌زنی ١٤٥
٤-١١-٤- طول دو ریشه‌چه اصلی ١٤٦
٤-١١-٥- طول ساقه‌چه ١٤٧
٤-١١-٦-وزن خشک ریشه‌چه ١٤٨
٤-١١-٧-وزن خشک ساقه‌چه ١٤٩
٤-١٢-نتیجه‌گیری کلی ١٥٩
٤-١٣-پیشنهادات ١٦٢
منابع ١٦٣
چکیده انگلیسی ١٨٥

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱- نتایج آزمون خاک قبل از کاشت..... ٤١
جدول ٤-۱- تجزیه واریانس ارقام و سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام گندم نان و دوروم..... ۷۹
جدول ٤-۲- مقایسه میانگین ارقام و سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام گندم نان و دوروم..... ۸۰
جدول ٤-۳- تجزیه واریانس ارقام و سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری بر غلظت سدیم و پتاسیم برگ پرچم و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم نان و دوروم..... ۱۰۲
جدول ٤-٤- مقایسه میانگین ارقام و سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری برای غلظت سدیم و پتاسیم برگ پرچم و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم نان و دوروم..... ۱۰۳
جدول ٤-۵- تجزیه واریانس فلورسانس کلروفیل ارقام گندم نان و دوروم تحت سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری..... ۱۱٤
جدول ٤-٦- مقایسه میانگین فلورسانس کلروفیل ارقام گندم نان و دوروم تحت سطوح مختلف پتاسیم در شرایط تنش شوری..... ۱۱۵
جدول ٤-۷- تجزیه واریانس محتوای قندهای محلول، نشاسته و کلروفیل برگ پرچم تحت تأثیر تیمارهای سولفات پتاسیم و نانو پتاس در شرایط تنش شوری..... ۱۲۹
جدول ٤-۸- مقایسه میانگین محتوای قندهای محلول، نشاسته و کلروفیل برگ پرچم تحت تأثیر تیمارهای سولفات پتاسیم و نانو پتاس در شرایط تنش شوری..... ۱۳۰
جدول ٤-۹- تجزیه واریانس محتوای پروتئین محلول و برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت برگ پرچم تحت تأثیر تیمارهای سولفات پتاسیم و نانو پتاس در شرایط تنش شوری..... ۱٤۱
جدول ٤-۱۰- مقایسه میانگین محتوای پروتئین محلول و برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت برگ پرچم تحت تأثیر تیمارهای سولفات پتاسیم و نانو پتاس در شرایط تنش شوری..... ۱٤۲
جدول ٤-۱۱-تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه ارقام گندم نان و دوروم تحت تیمار پتاسیم در شرایط شوری..... ۱۵۷

جدول ٤-١٢-مقایسه میانگین، خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ارقام گندم نان و دوروم تحت تیمار پتاسیم در شرایط شوری.....١٥٨
جدول٤-١٣-ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی.....١٨٦

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ٤-١- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر عملکرد. ٦٢
شکل ٤-٢- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر طول سنبله.....٦٣
شکل ٤-٣- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر تعداد سنبلچه.....٦٤
شکل ٤-٤- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) وزن هزار دانه.....٦٦
شکل ٤-٥- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) تعداد سنبلهٔ.....٦٧
شکل ٤-٦- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) تعداد پنجه.....٦٨
شکل ٤-٧- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) عملکرد بیولوژیک. ..٦٩
شکل ٤-٨- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) ارتفاع بوته.....٧٠
شکل ٤-٩- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) طول پدانکل. ٧١
شکل ٤-١٠- تأثیر سطوح مختلف نانو پتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) طول پنالتیمیت.....٧٢
شکل ٤-١١- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر هدایت روزنه‌ای. .٨٢
شکل ٤-١٢- روند تغییرات هدایت روزنه‌ای ارقام بهرنگ (الف)، یاواروس (ب)، کـویر (ج) و قـدس (د) تحت سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانوپتاس در شرایط تنش شوری.....٨٤
شکل ٤-١٣- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بر میزان سبزینگی. ...٨٥
شکل ٤-١٤- روند تغییرات میزان سبزینگی ارقام بهرنگ (الف)، یـاواروس (ب)، کـویر (ج) و قـدس (د) تحت تیمارهای سولفات پتاسیم و نانوپتاس در شرایط تنش شوری.....٨٧
شکل ٤-١٥- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس(SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بر محتوای نسبی آب.٨٨
شکل ٤-١٦- تغییرات محتوای آب نسبی در ارقام بهرنگ (الف)، یاواروس (ب)، کـویر (ج) و قـدس (د) تحت سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) سولفات پتاسیم (STK) و در شرایط تنش شوری.....٩٠
شکل ٤-١٧- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر غلظت سدیم.....٩٢
شکل ٤-١٨- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر غلظت پتاسیم. ٩٣
شکل ٤-١٩-تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بر نسبت K^+/Na^+. ٩٤
شکل ٤-٢٠-تأثیر سطوح مختلـف نانوپتـاس(SNK) و سـولفات پتاسـیم(STK) برحـداکثر عملکـرد

کوانتومی فتوسیستمII ۱۰۵
شکل ٤-۲۱- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس(SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بـر عملکـرد کوانتـومی فتوسیستمII ۱۰٦
شکل ٤-۲۲- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس(SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بر دفع فتوشیمیایی.. ۱۰۷
شکل٤-۲۳-تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK)و سولفات پتاسیم(STK) بردفع غیرفتوشیمیایی.۱۰۸
شکل ٤-۲٤- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سـولفات پتاسـیم(STK) بـر غلظـت قنـدهای محلول ۱۱۷
شکل ٤-۲۵- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس (SNK) و سولفات پتاسیم (STK) بر غلظت نشاسته. ۱۱۹
شکل ٤-۲٦- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسـیم و نانوپتـاس بـر محتـوای کـل کلروفیـل (الـف)، کلروفیل a (ب)، کلروفیلb (ج). ۱۲۰
شکل٤-۲۷-تغییرات محتوای کلروفیل ارقام بهرنگ(الف)، یاواروس(ب)، کویر(ج) و قدس(د). ۱۲۲
شکل ٤-۲۸- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس(SNK) و سولفات پتاسـیم(STK) بـر محتـوای پـروتئین محلول ۱۳۱
شکل ٤-۲۹- تأثیر سطوح مختلف نانوپتاس(SNK) و سولفات پتاسیم(STK) بر فعالیت آنزیم کاتـالاز برگ ۱۳۳
شکل ٤-۳۰- تأثیر سـطوح مختلـف نانوپتـاس(SNK) و سـولفات پتاسـیم(STK) بـر فعالیـت آنـزیم آسکوربات پراکسیداز ۱۳٤
شکل٤-۳۱- تأثیر سـطوح مختلـف نانوپتـاس(SNK) و سـولفات پتاسـیم(STK) بـر فعالیـت آنـزیم گلوتاتیون ریداکتاز ۱۳۵
شکل ٤-۳۲- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر درصد جوانه‌زنی ۱٤٤
شکل ٤-۳۳- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر سرعت جوانه‌زنی. ۱٤۵
شکل ٤-۳٤-تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر شاخص جوانه‌زنی. ۱٤٦
شکل ٤-۳۵- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر طول ریشه‌چه. ۱٤۷
شکل ٤-۳٦- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانوپتاس برطول ساقه‌چه ۱٤۸
شکل ٤-۳۷- تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر وزن خشک ریشه‌چه. ۱٤۹
شکل ٤-۳۸-تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و نانو پتاس بر وزن خشک ساقه‌چه ۱۵۰

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-مقدمه

۱-۱- شوری در ایران و جهان

با توجه به رشد روز افزون جمعیت، نیاز به تولید محصولات غذایی بیش از پیش احساس می‌شود و کشاورزی به عنوان یکی از محورهای بخش اقتصادی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز بشر مطرح است، به طوری که در حال حاضر تقریباً یک سوم تولیدات غذایی جهان با محصولات کشاورزی تأمین می‌شود. سطح کل اراضی کره زمین ۱۳/۲ میلیارد هکتار است که ۷ میلیارد هکتار آن اراضی قابل کشت است و از این مقدار اراضی ۱/۵ میلیارد هکتار آن زیر کشت است (تنجی[1]، ۱۹۹۰). از اراضی زیر کشت حدود ۲۳ درصد خاک‌های شور و ۳۷ درصد خاک‌های سدیمی هستند (سپاسخواه و همکاران، ۱۹۸٦). خاک‌های شور و سدیمی اغلب در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک یافت می‌شوند (زابولک[2]، ۱۹۹۱). برآوردها نشان می‌دهد که در هر دقیقه، ۳ هکتار از اراضی زراعی جهان به دلیل شوری و سدیمی شدن خاک‌ها از بین می‌روند (آبرول[3] و همکاران، ۱۹۸۸). طبق گزارشات فائو (FAO) بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی دنیا به طور جدی تحت تأثیر شوری قرار گرفته‌اند که این مقدار سه برابر مساحتی است که توسط کشاورزان کشت می‌گردد.

ایران دارای اقلیم گرم و خشک بوده و مجموع خاک‌های شور و سدیمی آن حدود ۲۷ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت است (رضوانی مقدم و کوچکی، ۲۰۰۱). فراهم آوردن امکانات لازم برای جلوگیری از گسترش خاک‌های شور و یا اصلاح و زهکشی این اراضی، به دلیل هزینه بسیار بالا، کاری مشکل و گاه غیر ممکن است، لیکن

[1]-Tanji
[2]-Szabolcs
[3]-Abrol

استفاده از ارقام مقاوم به شوری همراه با مدیریت زراعی مناسب، بهره برداری از خاک‌های شور را امکان پذیر می‌سازد. شوری خاک و آب آبیاری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید است. پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. این پاسخ‌ها از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نموی گیاه تأثیر می‌پذیرد.

۱-۲- تنش شوری

تنش‌های محیطی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان هستند (اشرف و همکاران، ۲۰۰۸). در بین تنش‌های محیطی، تنش شوری یکی از تهدیدهای مهم در تولید پایدار محصولات زراعی در بسیاری از نقاط جهان است (اشرف و همکاران، ۲۰۰۸؛ مانز[1]، ۲۰۰۲ و کاترجی[2] و همکاران، ۲۰۰۹)، که از حضور بیش از اندازه یون‌ها ناشی می‌شود. در این میان یون‌های تک ظرفیتی نظیر Na^+ و K^+ نقش مؤثر و تعیین کننده‌ای در ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاهان بر عهده دارند. تفاوت‌های محسوس و موجود بین این دو کاتیون قابل توجه است. به لحاظ کمّی و از نظر غلظت، مقدار یون‌ها در طبیعت و در درون گیاهان زراعی عکس یکدیگر است. یون سدیم در طبیعت بیشتر در دسترس گیاه است، یون پتاسیم در داخل گیاه از نسبت بیشتری برخوردار است (پوستینی وسی وسه مرده، ۲۰۰۱)، لویت[3] (۱۹۸۰) تنش را نتیجه روند غیر عادی فرآیندهای فیزیولوژیک دانسته که از تأثیر یک و یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. در حقیقت مقدار و یا شدت نامناسب عوامل فوق می‌تواند به طور بالقوه برای موجود زنده مشکل ساز شود و باعث بروز تنش و آسیب‌های مستقیم و غیر مستقیم در گیاه گردد. برخی محققان معتقدند که شوری سبب محدود شدن ذخایر قندهای محلول و در نتیجه اختلال در متابولیسم،

[1]-Munns
[2]-Katerji
[3]-Levite

تنفس و رشد جنین می‌گردد (اشرف ووحید، ۲۰۰۰). توب[1] وهمکاران (۱۹۹۹) بیان داشتند که شوری با کاهش پتانسیل اسمزی محلول، تندش گیاه را کاهش می‌دهد، به این دلیل که برخلاف وجود مولکول‌های آب در محیط، چون ظرفیت واکنش آن‌ها در اشغال یون‌های موجود قرار می‌گیرد، لذا بذر قادر به جذب آب نبوده و با نوعی تنش کمبود آب مواجه می‌گردد. آن‌ها معتقدندکه در ابتدای تنش به علت وجود پوسته دست نخورده پیرامون بذر، سدیم به مقدار زیاد نمی‌تواند به درون بذر راه یابد و اثرات سمّی بر جای بگذارد. تنش شوری می‌تواند باعث اثرات متعددی بر گیاه از جمله کاهش فتوسنتز و رشد، کاهش شاخص سطح برگ، کاهش ارتفاع بوته، کاهش وزن خشک، کاهش آماس سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، افزایش تنفس، ممانعت از اعمال غشا یا فعالیت آنزیم‌ها، تخریب یا کاهش پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه از جمله پرولین و اختلالات هورمونی گردد.

در این بین واکنش معمول گیاهان به شوری به صورت تنش اسمزی، سمیّت یونی و عدم تعادل عناصر غذایی است (مانز، ۲۰۰۲). گیاهان زراعی از لحاظ تحمل به املاح تجمع یافته در محیط ریشه (شوری) تا حد زیادی با هم متفاوت هستند و این تحمل به عواملی همچون میزان تجمع یون‌ها در بافت، ممانعت از ورود برخی ازیون‌ها به درون گیاه و قابلیت تولید ترکیبات سازگار بستگی دارد (گود و زاپلاچینیسکی[2]، ۱۹۹٤). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که درگیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی (مواد محلول سازگارکننده) تجمع می‌یابند. این ترکیبات در فرآیندهای شیمیایی گیاه ایجاد اختلال نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواع کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رافینوز و الیگوساکاریدها) و ترکیبات نیتروژنه اشاره

[1]-Tob
[2]- Good & Zaplachiniski

کرد. ترکیبات سازگارکننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش ایفا می‌کنند (گود و زاپلاچینیسکی، ۱۹۹٤). در بررسی‌های صورت گرفته، عمدتاً مقاومت به شوری در گیاهان را مرتبط با قابلیت تنظیم اسمزی می‌دانند، اما تنش شوری و سایر تنش‌های محیطی غیر زیستی می‌توانند از طریق تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر (ROS) سبب ایجاد تنش اکسیداتیو نیز شوند (اشرف و هریس[1]،۲۰۰٤). از انواع گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر می‌توان به سوپراکسید ($O^{\cdot -}$)، پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) ورادیکال‌های هیدروکسیل (OH^{-}) اشاره کرد. گیاهان برای مقابله با گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر تولید شده دارای سیستم آنتی‌اکسیدانتی هستند. سیستم‌های آنتی-اکسیدانتی گیاه یک جزء مهم از سازوکارهای دفاعی در برابر تنش‌های غیرزیستی است که خسارت‌های ناشی از گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر را کاهش می‌دهد (سایرام و اسریواستاوا[2]، ۲۰۰۱). گیاهان برای مقابله با خسارت‌های ناشی از تنش اکسیداتیو و حذف گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر دارای سازوکارهای آنزیمی و غیر آنزیمی هستند (خویر[3] و همکاران، ۱۹۹٤). از جمله آنزیم‌های سمیّت‌زا می‌توان به سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD)، کاتالاز (CAT) و آنزیم‌های چرخهٔ گلوتاتیون آسکوربات (نظیر آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ریداکتاز و آنزیم‌های سنتز کنندهٔ گلوتاتیون) اشاره نمود. این آنزیم‌ها نقش بسیار مهمی درغیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهی دارند و میزان فعالیت آن‌ها بسته به گونه گیاهی و شدت تنش در گیاهان تغییر می‌کند (اَپل و هاریت[4]، ۲۰۰٤).

۱-۳-اهمیت گندم

غلات نقش ویژه و مهمی در الگوی مصرف کشورهای مختلف دنیا دارد و یکی از مهم-

[1]-Harris
[2]- Sairam & srivastava
[3]-Khoier
[4]-Appel & Harit

ترین محصولات غذایی برای انسان است که از هزاران سال پیش تـاکنون در تغذیـه انسـان و دام دارای اهمیت زیادی بوده است. یکی از مهم‌ترین غلات گندم اسـت کـه در محـدوده وسـیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کنـد. گنـدم از نظـر سـطح زیـر کشـت مهـم‌تـرین محصـول کشاورزی ایران است و در حقیقت این گیاه سازگارترین غلات به شرایط محیطی است و افزایش محصول آن روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد. گندم گیاهی اسـت تـک لپـه، علفـی و یکساله متعلق به خانواده پوآسه (گرامینه) از جنس *Triticum*، و دارای گونـه‌هـای بسـیار زیـادی است. گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایـران اسـت و افـزایش محصول آن روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصـلی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. برپایه‌ی گزارش‌های موجود، مردم کشورهای خارورمیانـه و خاور نزدیک در حدود ۷۰ درصد کالری مورد نیاز خود را از نـان و سـایر غـذاهای حاصـل از گندم و آرد آن به دست می‌آورند. در ایران بیش از ۹۰ درصد انرژی مصرفی از مواد گیاهی تـأمین می‌شود. غلات به ویژه گندم ٦٤ درصد از این مواد را تشکیل می‌دهند. میزان تولید گندم در نقـاط مختلف بسته به سطح زیر کشت و متوسط عملکرد در کشورهای مختلف متغیر است. این به دلیل تغییر شرایط آب و هوایی، نوع خاک، نوع ارقام و تکنولوژی کشت است. درحال حاضر گنـدم از نظر سطح زیر کشت و میزان کل تولید نسبت به سایر غلات مهم (بـرنج، ذرت و جـو) در جهـان مقام اول را دارا می‌باشد. گرچه قابلیت کشت گندم در مناطق گسـترده‌ای از کـره‌ی زمـین وجـود دارد، ولی تولید تجاری گندم به طور عمده به مناطق معتدله محدود شده است.

۱-۳-۱- گندم دوروم

گندم دوروم با نام علمی *Triticum durum* L. از گروه گندم‌های تتراپلوییید است. گندم-

های این گروه دارای ۲۸ کروموزم هستند (۲N= ٤X=۲۸) و به گندم دو دانه‌ای معروف هستند. این گندم دارای سنبله‌های پر و ریشک‌دار است. ریشک‌ها و پوشینه‌ها بلند است. دانه‌های آن حاوی مقدار زیادی گلوتن با قدرت کششی کم ونشاسته اندک است. گندم دوروم، با تولید حدود ۸ تا ۹ درصد از کل گندم تولیدی دنیا، یکی از قدیمی‌ترین گونه‌های زراعی غلات است (رویو[1] و همکاران، ۲۰۰۹) که کشت آن به دلیل تقاضا و همچنین قیمت بالای جهانی در حال افزایش است (هوشمند و همکاران، ۲۰۰۵). پروتئین بالا و استحکام گلوتن آن باعث شده است که این گندم بهترین ماده اولیه برای تولید ماکارونی باشد، هرچند که در تهیه نان نیز از آن استفاده می‌گردد (تریبوی[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

در مناطقی دارای شرایط آب و هوایی نامناسب برای تولید گندم نان از محصولات مهم زراعی محسوب می‌شود. در ایران هر سال حدود ٦/٦ میلیون هکتار زیر کشت گندم قرار دارد که ۲۰۰ الی ۳۰۰ هزار هکتار آن متعلق به گندم دوروم است. اکثر این مساحت در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر کشور قرار داشته و در مناطق سردسیر به صورت محدودی اقدام به کاشت آن می‌شود. به دلیل وجود ژن‌های مقاومت به برخی بیماری‌های شایع غلات از قبیل زنگ‌ها وسیاهک‌ها در گندم دوروم و نیز توانایی ژنتیکی تولید بیشتر پروتئین دانه (۱۲ـ۱٤درصد و گاهی تا ۲۲ درصد وزن خشک دانه گندم دوروم حاوی پروتئین است)، می‌توان از آن‌ها در مواقع بحرانی از قبیل شیوع بیماری‌های مذکور در مناطق کشت گندم استفاد نمود.

۱-۳-۲- گندم نان

گندم نان با نام علمی *Triticum aestivum* از گروه گندم‌های هگزاپلوئید است. گندم‌های

[1]- Royo
[2]- Triboi

این گروه دارای ٤٢ کروموزم هستند (٢N=٦X =٤٢) و به گندم‌های نرم یا معمولی و یا گندم نـان مرسوم می‌باشند. گونه‌ی *aestivum* از تمام ارقام زراعی گندم دارای کیفیت و کمیت بهتر اسـت و پراکندگی و گسترش آن نیز بیش از سایر گندم‌ها است و بیشتر کشت می‌شود. از نظر تیـپ رشـد بین آن‌ها انواع پاییزه، بهاره و نیمه پاییزه وجـود دارد، همچنـین دارای انـواع ریشـک‌دار و بـدون ریشک هستند. دانه‌ها به رنگ سفید، زرد و قرمز است و به ندرت در بین آنهـا دانـه‌هـای آبـی یـا بنفش دیده می‌شود. بافت آندوسپرم دانه از سخت تا آردی تغییر مـی‌نمایـد. محصـول دانـه‌هـا در درجه اول برای تهیه نان به کار می‌رود، به همین علت گندم معمولی تولید کننده نان نامیـده مـی-شود. در درجه دوم برای تغذیه حیوانات و پرندگان و مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گلوتن که مهم‌ترین ماده پروتئینی است از گلیادین و گلوتنین تشکیل شده است که هـر دو در آب نامحلول هستند. حدود ٨٠ درصد پروتئین گندم از دو ماده فوق تشکیل یافته است. این ماده بسیار مهم و حیاتی در گندم با پروتئین سایر غلات فـرق داشـته و چـون حالـت الاسـتیکی دارد بـه آن خاصیت نانوایی با کیفیت بالایی را می‌دهد. کیفیت نانوایی گندم مربوط به بالا بودن مقدار گلـوتن موجود در دانه است که مقدار آن در ارقام مختلف متفاوت است. گنـدم نـان و سـایر گنـدم‌هـای هگزاپلوئید به طور نسبی تحمل به شوری بالاتری نسبت به گندم دوروم دارند. تحمل شـوری در گندم نان و سایر گونه‌ها در ارتباط با توانایی آن ها برای دفع سدیم است، به گونه‌ای که غلظـت-های بالای یون سدیم در برگ‌ها، بویژه در پهنک برگ اتفاق نمی‌افتـد (مـانز و همکـاران، ٢٠٠٦). دفع سدیم به عنوان یکی از سازوکارهای تحمل به شوری در گونه‌های گندم هگزاپلوئید مرتبط بـا یک جایگاه بر روی ژنوم D است که گندم دوروم فاقد آن است.

۱-۴- نقش پتاسیم در تحمل به شوری

گیاهان برای رشد مناست خود نیازمند مقدار مناسب از عناصر غذایی هستند. سومین عنصر پرمصرف مورد نیاز برای رشد گیاه پتاسیم است. پتاسیم به صورت نمک‌های محلول مانند کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم، نیترات پتاسیم و سولفات پتاسیم– منیزیم در اختیار خاک قرار داده می‌شود. پتاسیم به عنوان ماده محلول معدنی عمده، در تنظیم پتانسیل اسمزی و ایجاد فشار تورژسانس محسوب می‌شود، در نتیجه این عنصر در بزرگ شدن سلول‌ها، رشد گیاه، باز و بسته شدن روزنه‌ها، حرکات برگ و تروپیسم نقش دارد (مارشنر[1]، ۱۹۹۵). همچنین این عنصر در فعال سازی تعداد زیادی از آنزیم‌های فتوسنتزی، ساخت پروتئین، متابولیسم اکسیداتیو و تعادل بار الکتریکی غشاهای سلول اهمیت دارد (شابالا[2]، ۲۰۰۳). بخش زیادی از عدم توازن یون‌ها تحت تنش شوری به دلیل تغییر در نسبت K^+/Na^+ است که در نتیجه انباشتگی یون سدیم و کاهش جذب پتاسیم اتفاق می‌افتد. افزایش غلظت یون پتاسیم در محیط ریشه ممکن است تنش ناشی از وجود یون سدیم را تا حدودی خنثی کند (مازر[3] و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش‌های متعددی از تخفیف اثرات زیانبار شوری با تغذیه پتاسیم اضافی در برخی گیاهان وجود دارد. افزودن پتاسیم خارجی به تنهایی و یا در ترکیب با فسفر و کلسیم در شوری متوسط به طور معنی داری سبب افزایش نسبت K^+/Na^+ در برگ، ساقه و ریشه می‌گردد (اپستاین[4]، ۱۹٦٦). این افزایش جذب پتاسیم می‌تواند سبب یک رقابت مستقیم بین پتاسیم و سدیم در محل‌های جذب در غشای پلاسمایی شود (اپستاین، ۱۹٦٦)، یکی از اثرات پتاسیم بر سدیم، انتقال درون آوند چوبی و یا

[1]- Marshner
[2]- Shabala
[3]- Maser
[4]- Epsteine

القای خروج از ریشه‌ها است (جی‌شک و ناصری[1]، ۱۹۸۱؛ مانز و همکاران، ۱۹۸۳). همچنین شواهد نشان می‌دهد که پتاسیم در گیاهان می‌تواند تا حد زیادی تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر را با کاهش فعالیت NADPH اکسیداز کاهش داده و انتقال الکترون فتوسنتزی را حفظ کند.

۱-۵- کودهای نانو

کودهای شیمیایی نقش اساسی در افزایش تولید محصولات دانه‌ای در کشورهای در حال توسعه جهان خصوصاً پس از معرفی ارقام زراعی پر محصول و کودپذیر طی وقوع انقلاب سبز بر عهده داشته‌اند (شاویو و همکاران، ۲۰۰۰). اگرچه عملکرد دانه‌ای یک سری از محصولات زراعی در اثر مصرف مقادیر بسیار زیاد کودهای شیمیایی افزایش یافته است، اما عملکرد بسیاری از محصولات دیگر به دلیل عدم تعادل در حاصلخیزی و مقدار ماده آلی با رکود مواجه گردیده است. از طرف دیگر مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره منابع آبی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این رو رشد بخش کشاورزی تنها از طریق افزایش راندمان استفاده از منابع با حداقل خسارت به بستر تولید به واسطه‌ی استفاده‌ی مؤثر از تکنولوژی‌های پیشرفته از جمله فن‌آوری نانو امکانپذیر است. گذار از کودهای معمول به سمت کودهای نانو منشاء امیدواری‌های بسیاری در جهت عبور از محدودیت‌های تکنیکی بر سر آزادسازی آرام و کنترل شده‌ی عناصر موجود در کودها شده است، نانو کودها راندمان مصرف بالایی دارند و می‌توانند به صورت مطلوب در نقطهٔ مناسبی از ریشه عناصر خود را آزاد کنند. از ویژگی‌های این کودها می‌توان به بهبود کارایی جذب، افزایش راندمان به واسطهٔ سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها به واسطهٔ آبشویی و جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد اشاره کرد. در این راستا به نظر می‌رسد نانو پتاس به دلیل جذب سریع‌تر

[1]- Jeschke & Nassery