بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد

مطالعه سطوح مختلف کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

انیسه رستم زاده

اساتید راهنما

دکتر حمید عباس دخت

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی

دکتر منوچهر قلی‌پور

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به

آنکه علم او محیط به آنچه در پیش رو و آنچه در پشت سر است ؛

مادر فداکارم، او که دعای خیرش را بدرقه راهم کرد ؛

پدر بزرگوارم، که در همه حال همراهی ام نمود ؛

اساتید ارجمندم که اندیشیدن را به من آموختند نه اندیشه‌ها ؛

و آنهایی که معتقدند بن بستی وجود ندارد و بر این باورند که یا راهی خواهند یافت، یا راهی خواهند ساخت.

نخست،حمد و سپاس خدای را که به من سعادت گذر از مرحله دیگری از دوران آموختن و توفیق کسب دانش و معرفت را عطا فرمود.

دوم سخن،سپاس از **پدر و مادر عزیزم** که هر چه هستم از آنهاست، عشق و محبتشان امید و اشتیاقم به ادامه راه است و حمایت بی‌دریغشان استوار کننده قدم‌هایم؛ سر خضوع، در برابرشان خم می‌کنم، و دست‌های همیشه گرم و پر مهرشان را می‌بوسم.

و حال سپاس از مقام مقدس معلم و تشکر فراوان از اساتید ارجمندم جناب آقای **دکتر عباس دخت و** جناب آقای **دکتر عامریان** که در تهیه این تحقیق هدایت و راهنمایی اینجانب را بر عهده داشتند و همواره با نظرات سازنده خود گره از کارهای فروبسته این پژوهش گشودند.

در اینجا بر من فرض است، از اساتید ارجمند، جناب آقای **دکتر غلامی و**جناب آقای **دکتر قلی‌پور**، به‌خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان و انتقال تجارب گرانقدرشان به اینجانب در طول انجام این پایان‌نامه که در سمت مشاور از هیچ گونه همیاری و همکاری فروگذار نکردند، تشکر می‌نمایم.

و در آخر تشکر می‌کنم، از تمامی دوستان و همکلاسی‌هایم ، که در این دوران، در شادیها و غم‌هایش پیوسته همچون خواهران و برادرانم دست مهربانی و یاری را از من دریغ نکرده اند، از ایشان سپاس‌گذارم، از حضور گرمشان در شادی‌ها و تلخی‌هایی که با هم گذراندیم.

انیسه رستم زاده

بهمن ۱۳۹۰

چکیده

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و مورد نیاز گیاهان به خصوص ذرت می‌باشد و با توجه به نقشی که در حفظ آب گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب دارد، در شرایطی که گیاه با کمبود آب مواجه است، وجود پتاسیم کافی سبب حفظ فعالیت فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود. همچنین پتاسیم سبب افزایش مقاومت گیاهان به سایر تنش‌ها گردیده و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی موجب افزایش عملکرد گیاهان نیز می‌گردد. این پژوهش به منظور بررسی سطوح مختلف کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت انجام شد. بدین منظور آزمایشی در سال ۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سه سطح: A_1، A_2 و A_3 به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور اول، تنش خشکی در دو سطح : آبیاری کامل (B_1) و قطع آبیاری از آغاز زرد شدن پوشش بلال تا انتهای دوره رشد (B_2) به عنوان فاکتور دوم و برگ‌زدایی و حذف تاسل در دو سطح : عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل (C_1) و برگ‌زدایی و حذف تاسل یک هفته بعد از گرده افشانی(C_2) به عنوان فاکتور سوم بودند. طبق نتایج بدست آمده اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر صفات تعداد کل دانه، عملکرد دانه، وزن صد دانه و پروتئین دانه معنی‌دار بود و در تمامی صفات بجز صفت پروتئین دانه بیشترین میزان از ترکیب تیماری کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم × عدم تنش خشکی حاصل شد. صفات ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، تعداد کل دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود پتاسیم × عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل افزایش یافت. اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر صفات ارتفاع ساقه، عملکرد دانه و وزن صد دانه معنی‌دار بود و در تمامی این صفات ترکیب تیماری عدم تنش خشکی × عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل (شاهد) دارای بیشترین میزان بود. همچنین وزن خشک برگ، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت

تاثیر اثر سه گانه کود پتاسیم × تنش خشکی × برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت. در یک جمع بندی کلی براساس نتایج بدست آمده بیشترین عملکرد دانه از سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نداشت و بیشترین عملکرد بیولوژیک از سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد.

کلمات کلیدی: کود پتاسیم، تنش خشکی ، برگ‌زدایی و حذف تاسل، عملکرد و ذرت

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **اثر تنش خشکی، سطوح مختلف کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر خصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ذرت**. دومین همایش ملی فیزیولوژی گیاهی ایران، دانشگاه یزد، ۸ الی ۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۰.

۲- **اثر سطوح مختلف تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر برخی از صفات زراعی ذرت دانه‌ای رقم دابل کراس ۳۷۰**. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی، ۲۴ و ۲۵ آذر ماه ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱
۱-۱-تاریخچه ذرت در جهان و در ایران ۵
۱-۲-گیاهشناسی ذرت ۶
۱-۳-ارقام ذرت ۸
۱-۴-اهمیت اقتصادی و غذایی ذرت ۱۰
۱-۵-شرایط آب و هوایی و فاکتورهای موثر بر رشد ذرت ۱۰
۱-۶-تأثیر عناصر مختلف بر ذرت و علائم کمبود آن ۱۲
۱-۷- تناوب زراعی ۱۳
۱-۸- تاریخ کاشت ذرت ۱۴
۱-۹- شرایط کاشت و داشت ذرت ۱۴
۱-۱۰- برداشت ذرت دانه‌ای ۱۶
۱-۱۱- تنش خشکی ۱۷
۱-۱۲- مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت و نیازگیاه به آب ۱۸
۱-۱۲-۱- مراحل رشد رویشی(جوانه زنی تا ظهور گل تاجی) ۱۸
۱-۱۲-۲- مراحل رشد زایشی (ظهور ریشک‌های بلال تا رسیدن فیزیولوژیکی دانه) ۱۸
۱-۱۳- برخی از مراحل مهم فنولوژیکی و نیاز آبیاری در ذرت ۱۹
۱-۱۴- پتاسیم ۲۲
۱-۱۵- پتاسیم در خاک ۲۳
۱-۱۶- اشکال مختلف پتاسیم در خاک ۲۳
۱-۱۶-۱- پتاسیم محلول ۲۴
۱-۱۶-۲- پتاسیم تبادلی ۲۵
۱-۱۶-۳- پتاسیم غیر تبادلی ۲۵
۱-۱۷- تثبیت پتاسیم ۲۶
۱-۱۸- اثر کشت و کار مداوم بر اشکال مختلف پتاسیم در خاک ۲۷
۱-۱۹- تغییرات پتاسیم قابل جذب خاک در طول فصل رشد گیاه ۲۷
۱-۲۰- کود پتاسیم ۲۸
فصل دوم: بررسی منابع ۳۰
۲-۱- تنش خشکی در ذرت ۳۱
۲-۲- اثرات فیزیولوژیکی تنش خشکی ۳۳
۲-۲-۱- برگ ۳۳
۲-۲-۲- ریشه ۳۳
۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر عملکرد ذرت ۳۵

۲-۴- پتاسیم در گیاه ۳۶
۲-۴-۱- فعالیت آنزیمی ۳۶
۲-۴-۲- فتوسنتز ۳۶
۲-۴-۳- ترابری قندی ۳۷
۲-۴-۴- ترابری آب و مواد غذایی ۳۷
۲-۴-۵- سنتز پروتئین ۳۷
۲-۴-۶- سنتز نشاسته ۳۸
۲-۵- علائم کمبود پتاسیم در گیاهان ۳۸
۲-۶- پتاسیم در ذرت ۳۹
۲-۷- پتاسیم و تنش خشکی ۴۰
۲-۸-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر گیاهان زراعی ۴۲
۲-۹- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل در ذرت ۴۳
۲-۱۰- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد ذرت ۴۵
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۴۷
۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و اقلیمی محل اجرای آزمایش ۴۸
۳-۲- مشخصات خاک مورد آزمایش ۴۸
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۵۰
۳-۴- مشخصات مواد آزمایشی ۵۱
۳-۵- عملیات اجرایی ۵۱
۳-۵-۱- آماده سازی بستر ۵۱
۳-۵-۲- کاشت بذر ۵۱
۳-۵-۳- عملیات داشت ۵۱
۳-۵-۴- نمونه‌برداری و برداشت نهایی ۵۲
۳-۶- اندازه گیری درصد پتاسیم ۵۳
۳-۶-۱-آماده سازی نمونه گیاهی با روش خاکستر خشک ۵۳
۳-۶-۲-اندازه گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای ۵۳
۳-۷- اندازه گیری درصد پروتئین ۵۳
۳-۷-۱-مرحله اول : هضم ماده غذایی ۵۴
۳-۷-۲-مرحله دوم : مرحله تقطیر ۵۴
۳-۷-۳-مرحله سوم : مرحله تیتراسیون ۵۵
۳-۸- برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ۵۶
۳-۸-۱- شاخص سطح برگ (LAI) ۵۶
۳-۸-۲- سرعت رشد گیاه (CGR) ۵۶
۳-۸-۳- سرعت رشد نسبی (RGR) ۵۷
۳-۸-۴- سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) ۵۷

۳-۸-۵- کل ماده خشک(TDM) ۵۷
۳-۹- محاسبات آماری ۵۸
فصل چهارم:نتایج و بحث ۵۹
۴-۱- ارتفاع گیاه ۶۰
۴-۲- ارتفاع ساقه ۶۱
۴-۳- وزن خشک برگ ۶۴
۴-۴-وزن خشک ساقه ۶۷
۴-۵- وزن خشک بلال ۶۹
۴-۶- تعداد ردیف در بلال ۷۱
۴-۷- تعداد دانه در ردیف ۷۲
۴-۸- تعداد کل دانه ۷۴
۴-۹- وزن چوب بلال ۷۹
۴-۱۰- عملکرد دانه ۸۰
۴-۱۱- وزن صد دانه ۸۶
۴-۱۲-عملکرد بیولوژیک ۸۹
۴-۱۳- شاخص برداشت ۹۱
۴-۱۴- پتاسیم دانه ۹۳
۴-۱۵- پروتئین دانه ۹۶
۴-۱۶- شاخص‌های رشد ۹۹
۴-۱۶-۱- شاخص سطح برگ ۹۹
۴-۱۶-۲- تجمع ماده خشک (TDM) ۱۰۴
۴-۱۶-۳- سرعت رشد محصول (CGR) ۱۰۸
۴-۱۶-۴- سرعت رشد نسبی (RGR) ۱۱۱
۴-۱۶-۵- سرعت جذب خالص(NAR) ۱۱۴
۴-۱۷- نتیجه گیری ۱۱۸
۴-۱۸- پیشنهادات ۱۱۹
منابع مورد استفاده ۱۲۴

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱- اثر خشکی بر عملکرد دانه ذرت در مراحل مختلف رشد (۴ روز مشاهده پژمردگی متوالی در هر مرحله رشد) ۲۲
جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۴۹
جدول ضمیمه ۱-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش ۱۲۰
جدول ضمیمه ۲-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش ۱۲۱
جدول ضمیمه ۳-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش ۱۲۲
جدول ضمیمه ۴-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش ۱۲۲
جدول ضمیمه ۵ - مقایسه میانگین اثرات کود پتاسیم، تنش خشکی و برگزدایی و حذف تاسل بر برخی صفات ۱۲۳

فهرست اشکال

شکل۱-۱- میزان مصرف روزانه آب در ذرت (روز / میلیمتر)..... ۲۱
شکل۳-۱- نقشه کشت ۵۰
شکل ۴-۱- تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع گیاه ۶۱
شکل۴-۲- اثر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع گیاه ۶۱
شکل ۴-۳- تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع ساقه..... ۶۲
شکل۴-۴-تأثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه..... ۶۳
شکل ۴-۵- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه ۶۳
شکل ۴-۶- اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه..... ۶۴
شکل ۴-۷- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک برگ ۶۶
شکل ۴-۸- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک برگ ۶۶
شکل ۴-۹- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک برگ..... ۶۷
شکل ۴-۱۰- تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک ساقه..... ۶۸
شکل ۴-۱۱- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک ساقه ۶۹
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک ساقه..... ۶۹
شکل۴-۱۳- تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک بلال ۷۱
شکل ۴-۱۴- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک بلال..... ۷۱
شکل۴-۱۵- تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در ردیف ۷۴
شکل ۴-۱۶- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد دانه در ردیف ۷۴
شکل۴-۱۷- تاثیر کود پتاسیم بر تعداد کل دانه ۷۷
شکل ۴-۱۸- تاثیر تنش خشکی بر تعداد کل دانه..... ۷۷
شکل۴-۱۹- اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر تعداد کل دانه ۷۸
شکل ۴-۲۰- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه..... ۷۸
شکل ۴-۲۱- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه ۷۹
شکل۴-۲۲- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک چوب بلال ۸۰
شکل ۴-۲۳ -تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد دانه ۸۴
شکل ۴-۲۴ - اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر عملکرد دانه ۸۴
شکل ۴-۲۵ - تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه ۸۵
شکل ۴-۲۶ -اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه..... ۸۵
شکل ۴-۲۷ -اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه ۸۶
شکل۴-۲۸-اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر وزن صد دانه ۸۸
شکل ۴-۲۹-اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن صد دانه ۸۸

شکل ۴-۳۰- تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک ۹۰
شکل۴-۳۱- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد بیولوژیک ۹۰
شکل۴-۳۲- اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد بیولوژیک ۹۱
شکل ۴-۳۴-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص برداشت ۹۳
شکل ۴-۳۶-تاثیر تنش خشکی بر درصد پتاسیم دانه ۹۵
شکل ۴-۳۷-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پتاسیم دانه ۹۶
شکل ۴-۳۸- اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه ۹۸
شکل۴-۳۹- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پروتئین دانه ۹۸
شکل۴-۴۰- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پروتئین دانه ۹۹
شکل ۴-۴۲- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص سطح برگ ۱۰۳
شکل ۴-۴۳- تاثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ ۱۰۴
شکل ۴-۴۴- تاتثر کود پتاسیم بر تجمع ماده خشک ۱۰۷
شکل ۴-۴۵- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تجمع ماده خشک ۱۰۷
شکل ۴-۴۶-تاثیر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک ۱۰۸
شکل ۴-۴۷- تاثیر کود پتاسیم بر سرعت رشد محصول ۱۱۰
شکل ۴-۴۸- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت رشد محصول ۱۱۰
شکل ۴-۴۹- تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد محصول ۱۱۱
شکل ۴-۵۱- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت رشد نسبی ۱۱۳
شکل ۴-۵۲- تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی ۱۱۴
شکل ۴-۵۴- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت جذب خالص ۱۱۷
شکل ۴-۵۵- تاثیر تنش خشکی بر سرعت جذب خالص ۱۱۷

فصل اول

مقدمه و کلیات

کشاورزی اصلی‌ترین و مهمترین منبع تأمین مواد غذایی دنیا به شمار می‌رود، از این رو نقش بسزایی در ایجاد تعادل در امنیت غذایی، اجتماعی و حتی سیاسی کشورهای جهان داشته و خواهد داشت.

کشاورزی در طی دهه‌های گذشته با نوسانات زیادی در میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات روبرو بوده است. از اوایل دهه ۶۰ میلادی، اراضی کشاورزی سطح جهان با افزایش ۱۲ درصدی به ۱/۵ میلیارد هکتار در حال حاضر رسیده است که ۱۱ درصد از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد. در طول همین مدت جمعیت جهان نیز به دلیل افزایش سریع، بیش از دو برابر شده است. به همین دلیل و در طول فاصله زمانی مذکور، سرانه اراضی کشاورزی بیش از ۴۰ درصد کاهش یافته بطوریکه سرانه آن از ۰/۴۳ هکتار در سال ۱۹۶۲ به ۰/۲۳ هکتار در سال ۲۰۰۳ رسیده است. البته در طول همین مدت با افزایش عملکرد در واحد سطح، کمبود حاصل از کاهش سرانه سطح زیرکشت جبران گردیده ولی تهدیدهای زیاد دیگری علاوه بر افزایش سریع جمعیت همچنان پایداری کشاورزی و امنیت غذایی را به مخاطره می‌اندازد که در صورت عدم مهار آنها ممکن است انسان‌ها، آینده‌ای سخت و طاقت فرسا را تجربه کنند. کمبود آب، شوری، مدیریت ضعیف، نداشتن دانش کافی، رقابت شدید استفاده از منابع آب بین بخش‌های صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، فرسودگی تأسیسات و غیره موجب تأثیرگذاری در کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

تردیدی نیست که تغذیه مردم در آینده با توجه به عوامل محدود کننده ذکر شده با دشواری هایی مواجه خواهد شد. اگرچه واردات مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش است اما بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران می‌توانند با تکیه بر امکانات و توانمندی‌های موجود به افزایش تولیدات کشاورزی با پیروی از سه راهکار عمومی زیر دست یابند (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲):

۱- افزایش عملکرد اراضی کشاورزی (تولید در واحد سطح)

۲- افزایش سطح زیر کشت

۳- افزایش تراکم کشت (تعداد محصولات در هر سال)

هم چنین افزایش روزافزون جمعیت انسان و محدودتر شدن تدریجی منابع طبیعی در اثر گسترش شهرها و مشکلات موجود در زمینه افزایش تولید محصولات کشاورزی از طریق افزایش سطح زیر کشت، مساعی دانشمندان و متخصصین علوم کشاورزی را به افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف داشته است (فرزانه و همکاران، ۱۳۸۹).

در میان محصولات کشاورزی، غلات از نظر تأمین انرژی، مهمترین منبع غذایی به شمار می‌رود. کندی توسعه اراضی زیر کشت غلات و همچنین تغییر کاربری آنها، باعث گردیده که سرانه زیر کشت غلات و سرانه تولید غلات در طول زمان کاهش یابد. براساس آمار سطح زیر کشت غلات از حدود ۰/۲۲ در سال ۱۹۶۰ به حدود ۰/۱۳ هکتار به ازای هر نفر در سال ۲۰۰۰ میلادی کاهش یافته و با ادامه همین روند به ۰/۰۸ هکتار به ازای هر نفر در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). غلات تامین کننده ۷۰ درصد غذای مردم کره زمین می‌باشد. از بین گیاهان این تیره گندم، برنج، ذرت و جو مهم‌ترین منابع غذایی هستند. بیش از سه چهارم انرژی و یک دوم پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تامین می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۷) و غلات پایه اساسی تغذیه و حیات انسان به شمار می‌رود. از ۱۵۰ گونه غذایی، فقط ۱۵ گونه در سطح تجاری تولید و نیمی از ۱۵ گونه را غلات تشکیل می‌دهند. به نظر می‌رسد که با وجود ویژگی‌های بارز این گیاهان، غلات در آینده جایگزینی نداشته و در آینده اهمیت آن‌ها بیشتر خواهد شد (امام و ثقه الاسلامی، ۱۳۸۴).

از این رو نیاز به بهبود وضعیت محیط کشت از طریق به کارگیری صحیح نهاده‌های کشاورزی نظیر آب، کود، ماشین آلات، سموم دفع آفات و بذور اصلاح شده می‌باشد. در بخش کشاورزی مهمترین نهاده‌ها، کودهای شیمیایی می‌باشند که به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و ارتقاء سطح سلامت جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرند و در این زمینه استفاده بهینه و متعادل از کودهای شیمیایی، از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو آگاهی از مدیریت تغذیه گیاهان زراعی بسیار حائز اهمیت است. افزایش مصرف کود، باعث رشد تولیدات مواد

غذایی شده است و منابع علمی نشان داده‌اند که با افزایش یک یا چند عنصر از شانزده عنصر غذایی، عملکرد نیز افزایش یافته است. شانزده عنصر شیمیایی که عمدتاً جهت رشد گیاه ضروری تشخیص داده شده شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس، منگنز، مولیبدن، بر و کلر می‌باشند (معتمد و سیف‌زاده،۱۳۸۳). از میان این عناصر پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است که در فرآیندهای زیستی متعددی از قبیل فعالیت آنزیم‌ها، کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها، پایداری pH سلول، سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، تعادل آنیون ها و کاتیون‌ها، فرآیند انتقال الکترون در غشای سیتوپلاسمی سلول شرکت می‌کند (مارسچنر، ۱۹۹۵).

پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد. مصرف پتاسیم به طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب یا به وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به خشکی میشود. آثار غیرمستقیم وقتی اتفاق میافتد که مصرف پتاسیم هیچگونه ارزشی در روابط آب و گیاه ندارد ولی به دلایل تغذیه‌ای، باعث افزایش رشد میشود (سالاردینی، ۱۳۸۴).

خشکسالی‌های متوالی در چند سال اخیر موجب شده کشاورزان با مشکل کمبود آب روبرو شوند. در ایران بهره‌وری آب پایین است و براساس ارزیابی‌های موجود حدود ۰/۷ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب می‌باشد. بنابراین، موضوع حفاظت و استفاده بهینه از آب که از طریق مدیریت صحیح آب، افزایش بازده مصرف آب، تغییر در نوع الگوی کشت، اعمال تراکم بوته مناسب و روش‌های نوین امری ضروری می‌باشد (حیدری شریف‌اباد، ۱۳۸۳). در مواقعی که گیاه دچار تنش خشکی می‌شود گیاهانی که دارای پتاسیم کافی هستند به سرعت اقدام به بستن روزنه‌ها می‌نمایند که این عمل مانع خروج مقدار زیادی آب از گیاه می‌گردد. در مقابل گیاهانی که پتاسیم کمی استفاده کرده‌اند، حالت بی نظمی در حرکت روزنه‌های آنها دیده می‌شود و زمان بیشتری لازم است که در تحت شرایط تنش رطوبتی یا درجه حرارت بالا روزنه‌ها بسته شود در نتیجه گیاهان شروع به پژمرده شدن می‌کنند و عمل فتوسنتز متوقف می‌گردد (هیدر و برینگر، ۱۹۸۱).

هر گونه کاهش یا عدم کارآیی برگ‌ها توسط عواملی نظیر آفات، بیماری‌ها، آسیب‌های مکانیکی ناشی از حوادث نامساعد از جمله باد، ریزش تگرگ، در سایه قرار گرفتن و تنش خشکی معمولا کاهش عملکرد را در پی دارد، آزمایشات حذف برگ برای شبیه‌سازی خسارت ناشی از عوامل فوق‌الذکر اجرا می شود (عباسپور،۱۳۸۱).

ضمنا انتظار می‌رود با حذف تعدادی از برگهای گیاه، از میزان تعرق و هدر روی آب کاسته شود و گیاه احتمالا روابط آبی خود را در بقیه قسمتها بهتر حفظ کرده و دوام آنها را در شرایط محدودیت رطوبتی بیشتر تضمین کند (موریوندو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین با کاهش تعدادی از منابع فتوسنتزی احتمال می‌رود بعلت تقاضای مخزن مواد فتوسنتزی که قبل از دوره گلدهی بصورت کربوهیدراتهای غیر ساختمانی در ساقه‌ها ذخیره شده بودند (منابع ثانوی) به دانه‌ها منتقل شده و بدین ترتیب کاهش سطح فتوسنتزی را جبران کند (نوشین و همکاران، ۱۹۹۶). در هر حال کاهش سطح برگ امکان کاهش منابع نیتروژن قابل انتقال، تغییرات هورمونی و در نتیجه سایر اثرات منفی را بر عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت (رابرت و همکاران، ۱۹۹۴).

بر این اساس، کاربرد پتاسیم در شرایط کمبود آب که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد میتواند مفید و سودمند واقع شود و هم چنین انتظار می‌رود که برگ‌زدایی و حذف تاسل نیز بعد از مرحله گره افشانی تا حدودی از هدر روی آب بکاهد. هدف از این بررسی، ارزیابی اثر مصرف سطوح مختلف پتاسیم در شرایط محدودیت آب و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ذرت دانه‌ای بود.

۱-۱-تاریخچه ذرت در جهان و در ایران

ذرت گیاهی از گروه غلات می‌باشد که امروزه نقش مهمی را در تولیدات کشاورزی دنیا داشته و رتبه بالایی را دارد. رشد سریع جمعیت در کشورها و نیاز روز افزون به مواد غذایی، ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی را مشخص می‌سازد. ذرت از گیاهان بومی امریکای مرکزی و جنوبی است و سابقه کشت آن در دیگر نقاط چندان طولانی نیست. در واقع در زمانی که کریستف کلمب قاره امریکا را

کشف کرد با این گیاه مواجه شد و آنرا mais نامید زیرا ذرت توسط سرخ پوستان قبیله ماهیز (mahis) کشت می‌گردید. سال‌ها بعد لینه نیز این اسم را تایید نمود و آن را ثبت کرد (فائو، ۲۰۰۰). از این گیاه در گذشته نیز برای تغذیه انسان، پرندگان و دام‌ها استفاده می‌شده است. بر طبق برخی از گزارشات باستان شناسی، مشخص شده است که در حدود ۴۵۰۰ سال پیش این گیاه در کشورهای امریکای جنوبی کشت می‌شده است (خدابنده، ۱۳۷۵).

تاریخچه دقیق ورود این گیاه به ایران نیز دقیقاً مشخص نمی‌باشد. برخی معتقدند که ذرت توسط پرتغالی ها از جنوب ایران وارد شده است و ابتدا در همان جا کشت می‌شده است. برخی دیگر نیز ورود ذرت را به دوران شاه اسماعیل صفوی نسبت می‌دهند. با توجه به این که در قدیم نام این گیاه در ایران گندم مکه بوده است و در حال حاضر در آذربایجان نیز این گیاه را گندم مکه می‌نامند، عده‌ای عقیده دارند که ذرت توسط حجاج ایرانی از عربستان به ایران آورده شده است (خدابنده، ۱۳۸۲).

فائو در آخرین گزارش خود با عنوان چشم انداز غذایی جهان در سال ۲۰۱۱ اعلام کرد تولید ذرت در ایران طی سال ۲۰۱۱ با افزایش قابل ملاحظه ۳۰ درصدی مواجه شده است. ایران در سال ۲۰۱۰ تنها یک میلیون تن ذرت تولید کرده بود که این رقم در سال جاری به ۱/۳ میلیون تن افزایش یافته است. به دلیل افزایش تولید داخلی واردات ایران طی این سال ۴۰۰ هزار تن کاهش یافته و حجم کل ذرت وارداتی به ایران از ۳/۴ میلیون تن در سال گذشته به ۳ میلیون تن در سال جاری رسیده است. تولید سایر غلات ایران نیز از ۴/۷میلیون تن به ۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است (فائو، ۲۰۱۱).

۱-۲-گیاهشناسی ذرت

ذرت با نام انگلیسی (corn) و آمریکایی (maize) و نام علمی (*Zea mays L.*) متعلق به خانواده غلات (Poaceae) می‌باشد. گیاهی است یک ساله، روز کوتاه، تک پایه و دگرگشن است. تک پایه (

Monoecious) بدین معنی که گل‌های نر و ماده جدا از هم ولی بر روی یک پایه قرار دارند. گل‌های ماده ذرت از جوانه‌ای که در قاعده غلاف برگ وجود دارد تولید می‌شود. اندام نر ذرت در انتهای ساقه اصلی به صورت خوشه و خوشه‌های فرعی قرار دارد که در روی این خوشه یا خوشه‌های فرعی دو سنبلچه یکی بلند و دیگری کوتاه به طور منظم قرار گرفته است یک پایه و در نتیجه به علت جدا بودن اعضای زایشی گرده افشانی آن به طور غیر مستقیم بوده و گرده‌های گل به طرق مختلف بر روی اندام ماده انتقال پیدا می‌کنند. گرده‌های ذرت تقریباً در تمام ارقام یک تا پنج روز قبل از ظهور اعضای مذکور می‌رسند. گرده افشانی غیر مستقیم ذرت بیشتر توسط باد صورت می گیرد و باد می‌تواند تا چندین کیلومتر گرده‌ها را منتقل نماید. گرده‌های منتقل شده در روی کلاله بلافاصله شروع به جوانه زدن نموده ولی فقط یک میله گرده بعد از ۲۰ دقیقه به تخمدان می‌رسد. تحت شرایط عادی مدت ۲۴ ساعت زمان لازم است تا عمل باروری یک بلال به صورت کامل صورت گیرد (خدابنده، ۱۳۸۲).

دانه ذرت میوه ایست گندمه (Caryopsis) و پوسته آن فقط شامل پوسته میوه (Pericarp) است. ذرت دارای ساقه‌های راست و مستقیم می‌باشد. رنگ دانه ذرت بسته به واریته‌های مختلف متفاوت است و از سفید، زرد، قرمز، ارغوانی تا سیاه تغییر می‌کند. بعضی از دانه‌های ذرت دارای اندوسپرم سخت بوده که مشخص کننده پروتئین زیادتر است. بعضی از دانه‌ها دارای اندوسپرم نشاسته‌ای هستند که نرم و آردی می‌باشند (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹). برگ‌های ذرت شبیه سایر غلات شامل پهنک برگ و غلاف است. غلاف برگ ذرت ساقه را در آغوش می‌گیرد و طول برگ به ۸۰-۳۰ و حتی ۱۵۰ سانتی‌متر و عرض آن در حدود ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت آن در حدود ۲ میلیمتر است. ذرت قدرت پنجه زدن ندارد و دارای ریشه‌های قوی و انبوه ولی سطحی است که اختلاف عمق ریشه می‌تواند به استقامت یا خوابیدگی آن کمک نماید. باید ارتفاع بوته‌های ذرت را به گونه یا زودرسی آن نسبت داد مثلاً ارقام زودرس ۹۰ سانتی‌متر و پاپ کورن ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد. ضخامت ساقه ذرت در حدود ۳ سانتی‌متر بوده و حدود ۸ تا ۱۲ و گاهی ۱۴ میان گره دارد (امام، ۱۳۸۶). تعداد برگ‌های ذرت بین ۸ تا ۴۸ بوده که به طور متوسط ۱۲ تا ۱۸ عدد است. ریشه اولیه ذرت

(Seminal Root) که بعد از جوانه زدن تولید می‌شود ۵-۳ عدد است و ریشه ثانوی که از گره‌هایی در عمق ۵-۳ سانتی‌متری زیر خاک خارج می‌شوند ۱۵ تا ۲۰ برابر بیشتر از ریشه‌های اولیه ذرت است. ریشه‌های دیگری از ساقه ذرت که خارج از خاک است تولید می‌گردد و وارد خاک می‌گردند (تولنار و ادویر، ۱۹۹۹).

۱-۳-ارقام ذرت

ذرت دارای یک گونه می‌باشد ولی ارقام و واریته‌های بیشماری از آن وجود دارد به همین لحاظ واریته‌ها را برحسب ساختمان دانه به گروههای مختلف طبقه بندی می‌نمایند.

ذرت بو داده(*Zea mays var*. everta)

نوعی ذرت است که احتمالا بر اثر موتاسیون بوجود آمده است. پریکارپ آن نازک است که این صفت برای تولید ذرت شیرین با پوست لطیف مناسب است. این ذرت معمولا برای تهیه پاپ کورن یا ذرت بو داده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بهترین میزان رطوبت دانه برای حداکثر پف کردن، ۱۴ درصد می‌باشد (فائو، ۲۰۰۰).

ذرت بلوری(*Zea may var. indurata)*

دارای دانه‌های کوچکتر، ارتفاع کمتر و دوره رشد کوتاه‌تری نسبت به ذرت دندان اسبی است. آندوسپرم نشاسته ای به مقدار خیلی کم تنها در اطراف جنین وجود دارد. این ذرت بیشتر در آرژانتین و هندوستان کشت می‌شود و به عنوان بلغور ذرت در مرغداری به کار می‌رود (خدابنده، ۱۳۷۵).

ذرت دندان اسبی(*Zea mays var. indentata*)

این نوع ذرت دارای مخلوطی از نشاسته نرم و سخت می‌باشد. ذرت دندان اسبی معمولا در نواحی ذرت خیز ایالات متحده آمریکا به عمل می‌آید. بلال ذرت دندان اسبی نسبتا بزرگ بوده و ۱۶ تا ۳۰ ردیف دانه دارد (خدابنده، ۱۳۷۵).

ذرت نرم یا آردی(*Zea mays var. amylacea*)

بخش عمده آندوسپرم این نوع ذرت، نشاسته است. تنها لایه نازکی از آندوسپرم سخت این نشاسته را دربر می‌گیرد. این ذرت تنها به دلیل این که به رنگهای مختلف یافت می‌شود، برای تزئیین غذاها از آن استفاده می‌شود. همچنین در تغذیه دام نیز بکار برده می‌شود (پورصالح، ۱۳۷۳).

ذرت شیرین(*Zea mays var. rugosa*)

آندوسپرم این نوع ذرت شیرین، قندی و براق بوده و برخلاف آندوسپرم ذرت‌های دیگر، حالت نشاسته‌ای ندارد. ذرت شیرین انواع مختلفی دارد که به صورت تازه، کنسرو شده و منجمد مورد مصرف قرار می‌گیرد (فائو، ۲۰۰۰).

ذرت مومی(*Zea mays var. ceratina*)

آندوسپرم ذرت مومی ظاهرا به شکل موم می‌باشد. آندوسپرم ذرت مومی تماما از آمیلوپکتین تشکیل شده است. ذرت مومی جدا از مصرف خوراکی، در صنایع چسب‌سازی هم استفاده می‌شود (خدابنده، ۱۳۷۵).

۱-۴-اهمیت اقتصادی و غذایی ذرت

سطح زیر کشت، میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت، در طی سال‌های اخیر در اغلب کشور های جهان افزایش شدیدی یافته به نحوی که در بین غلات مقام سوم را پس از گندم و برنج کسب نموده است. ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار میرود که در ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی ایران کشت میشود و ۲/۸ درصد از کل تولید غلات را به خود اختصاص می‌دهد (فائو، ۲۰۰۵). مهم‌ترین کشورهای تولید کننده ذرت شامل امریکا، آرژانتین، برزیل، کلمبیا، مکزیک، رومانی، فرانسه و ... می‌باشند.

با توجه به این که ذرت دارای مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد بوده و مقدار تولید محصول آن نیز بالا است، یکی از بهترین نباتات علوفه‌ای برای مصرف به صورت تازه یا سیلویی می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۲). در بین غلات، ذرت بیشترین تنوع مصرف کننده را داراست، زیرا ذرت افزون بر مصرف به عنوان غذای انسانی و به عنوان علوفه برای دام‌ها، در صنایع تخمیر و تهیه فرآوردهای متنوع صنعتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (فائو، ۲۰۰۰).

۱-۵-شرایط آب و هوایی و فاکتورهای موثر بر رشد ذرت

ذرت در عرض‌های جغرافیایی مختلف به جز در مناطقی که زیاد سرد بوده و یا دوره‌ی رشد و نمو در آن‌ها کوتاه است به عمل می‌آید. ذرت در عرض جغرافیایی ۵۶ و ۵۸ درجه شمالی در کشورهای اسکاندیناوی و ۴۲ درجه جنوبی در کشور نیوزیلند به خوبی عمل میاید (کریمی، ۱۳۷۵).

یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم برای رشد ذرت، نور می‌باشد. بنابراین در مناطقی که در دوره رشد ذرت نور کافی وجود نداشته باشد رشد کند شده، گیاه دیررس می‌شود و در ارقامی که برای تولید دانه یا بذر گیری کشت شده‌اند، به علت کاهش فتوسنتز کمیت و کیفیت دانه‌ها و بذور نیز کاهش می‌یابد. ذرت برخلاف غلات (گندم و جو) احتیاج به گرما و حرارت زیاد خورشید دارد به همین

دلیل حرارت عامل محدود کننده رشد و نمو این گیاه محسوب می‌شود جوانه زنی در ذرت از دمای ۱۰-۸ درجه سانتی‌گراد در عمق کاشت شروع می‌شود.

مناسب‌ترین درجه حرارت در طول دوره رشد بین ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد در صورتیکه گرما بیش از ۴۰ درجه تجاوز نماید جذب آب مشکل خواهد گردید حتی در شرایط آبیاری (بدلیل تبخیر خیلی شدید) و حاشیه برگها سوخته و چنانچه این زیادی درجه حرارت در زمان گل دهی اتفاق افتد میزان تلقیح کاهش مییابد و با افت عملکرد مواجه می‌گردند (خدابنده، ۱۳۷۵).

رطوبت و نیاز آبی از فاکتورهای مهم در زراعت ذرت می‌باشد. ذرت برای تولید یک واحد ماده خشک بسته به شرایط آب و هوایی بطور متوسط به ۳۴۲ واحد آب نیاز دارد. نیاز ذرت برای ساختن یک واحد ماده خشک کمتر از سایر گیاهان زراعی (گندم، جو، یونجه) است. نیاز آبی ذرت در کشت اول در حدود ۸۰۰۰ متر مکعب و در کشت دوم ۶۵۰۰ متر مکعب گزارش شده است. نوبت آبیاری با توجه به نوع خاک و شرایط آب و هوا از ۷ تا ۱۲ روز یکبار متغیر می‌باشد. کمبود آب در مرحله ظهور سنبله‌ها باعث می‌گردد که تلقیح بطور کامل در ذرت انجام نگیرد. مرحله بین ظهور سنبله‌ها تا پایان پرشدن دانه‌ها از مواد غذایی (مرحله مومی) حساس‌ترین مرحله زندگی ذرت نسبت به آب می‌باشد (مرحله بحرانی ذرت نسبت به آب) و مدت آن ۵۰ روز می‌باشد (کریمی، ۱۳۷۵).

ذرت در خاکهایی با بافت لومی، عمیق، نفوذ پذیری مناسب، مواد آلی کافی و با عناصر غذایی متعادل، بیشترین عملکرد را دارد. ذرت نسبت به شوری خاک حساس و باید از کاشت آن در این نوع اراضی جلوگیری کرد. در خاکهایی با شرایط مساوی از نظر حاصلخیزی و تأمین رطوبت ذرت اراضی متوسط و یا سبک را ترجیح می‌دهد زیرا این گونه اراضی در بهار خیلی زود گرم و شرایط رشد ریشه ها را فراهم می‌کند. با وجود اینکه ذرت در اراضی با pH (۸-۵) کشت می‌گردد ولی حداکثر عملکرد اراضی با pH (۷-۶) بدست می‌آید. در اراضی با pH کمتر از ۵ جذب (ازت، فسفر، پتاس، سولفور، کلسیم و منیزیم) مشکل می‌شود و در خاک‌هایی که pH آنها بیش از ۸ باشد جذب آهن، آلومینیوم، بر، فسفر، روی به سختی صورت خواهد گرفت (امام، ۱۳۸۶).

۱-۶-تأثیر عناصر مختلف بر ذرت و علائم کمبود آن

ازت (N): نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی پر مصرف می‌باشد که در ساختمان مولکول‌های پروتئینی گوناگون، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم‌ها نقش دارد. نیتروژن علاوه بر ایفاء نقش در تشکیل پروتئین‌ها، یک جزء لازم مولکول کلروفیل هم هست. عرضه کافی نیتروژن با رشد رویشی زیاد و رنگ سبز تیره ارتباط دارد. در شرایط کمبود نیتروژن، رشد بوته در ذرت متوقف و رنگ برگ‌ها زرد می‌شود کمبود نیتروژن عملکرد دانه ذرت را نیز از طریق کاهش تعداد و وزن دانه‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد. اولین نشانه کمبود نیتروژن به صورت زرد شدن برگ‌ها یا رنگ پریدگی (کلروز)، به ویژه در برگ‌های پیر پایین گیاه مشاهده می‌شود. در شرایط کمبود شدید نیتروژن، این گونه برگ‌ها به طور کامل زرد و سپس از گیاه جدا می‌شوند. برگ‌های جوان تر در ابتدا علائم کمبود نشان نداده، زیرا نیتروژن از برگ‌های پیرتر به طرف آن‌ها منتقل می‌شود. کمبود نیتروژن در گیاه می‌تواند منجر به باریک شدن و اغلب چوبی شدن ساقه شود. این چوبی شدن ممکن است ناشی از ساخت بیش از حد کربوهیدرات‌ها باشد. زیرا این مواد دیگر نمی‌توانند در ساخت اسیدهای آمینه یا سایر ترکیبات نیتروژن مورد استفاده قرار گیرند (کافی و همکاران، ۲۰۰۲).

فسفر (P) : فسفر در ساختمان سلولی نقش قابل توجهی دارد و به منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلولهای زنده نقش مهمی را ایفا می‌کند. فسفر کافی عمق نفوذ ریشه را افزایش داده و بدین طریق جذب آب از اعماق پایین‌تر خاک را آسان‌تر می‌سازد. قسمت عمده فسفر معدنی در گیاه به صورت غیر حیاتی در واکوئل‌ها ذخیره میشود. علایم کمبود فسفر هنگامی ظاهر میشود که سرعت انتقال فسفر از واکوئل به سیتوپلاسم فوق العاده کم شود. با کمبود فسفر رشد قسمت هوایی و ریشه کند میشود و برگها کوتاه، نازک و باریک میشوند (زرین کفش، ۱۹۹۲).

پتاسیم (K) : پتاسیم به عنوان یک عنصر پر مصرف در گیاهان نقش اساسی دارد و به عنوان سومین عنصر مهم کودی از اهمیت بالایی برخوردار است. پتاسیم علاوه بر دخالت در افزایش عملکرد

بر کیفیت دانه ذرت نیز موثر بوده و در جذب عناصر دیگر، مخصوصا نیتروژن نقش موثری را ایفا می کند. پتاسیم نقش‌های متعددی در گیاهان دارد که از آن جمله می‌توان به شرکت در ساخته شدن پروتئین، متابولیسم چربی‌ها، تثبیت بیولوژیک نیتروژن از طریق همزیستی، کاهش شدت بیماری‌های گیاهی، فعالیت آنزیم‌ها، نقل و انتقال مواد و افزایش راندمان مصرف آب در گیاه اشاره کرد. در صورت کمبود پتاسیم گیاه لاغر، میان گره کوتاه، برگ‌ها نسبتا دراز و چروکیده و روی آنها خطوط زرد طولی که در زیر برگ بهتر دیده می‌شود وجود دارد. حاشیه و نوک برگ ممکن است سوخته یا قهوه‌ای شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

روی (Zn) : روی عنصر کم مصرف بسیار مهمی است که وجود آن برای فعالیت‌های متابولیکی در گیاهان ضروری است عنصر روی نقش مهمی در تنظیم میزان باز بودن روزنه‌ها دارد، به این دلیل که این عنصر در نگهداری عنصر پتاسیم در سلول‌های محافظ روزنه نقش دارد. به افزایش ماده خشک گیاه کمک نموده و اگر گیاه دچار کمبود روی شود نوارهای کلروز روی برگ ایجاد شده و برگ‌ها پیچ خورده می‌شوند (هاسگاوا و همکاران، ۲۰۰۸).

مس (Cu) : عنصر مس در بسیاری از آنزیم‌های اکسایش و فرایندهای فتوسنتز و تبادل هیدروکربن ها و پروتئین‌ها شرکت دارد و مقاومت گیاه را در مقابل پژمردگی افزایش می‌دهد. در صورت کمبود مس، رشد گیاه کاهش یافته، برگ‌ها زرد و پژمرده می‌شوند (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۷).

۱-۷- تناوب زراعی

اصولا کشت متوالی یک گیاه موجب کاهش محصول می‌گردد. ذرت نیز از این شرایط مستثنی نیست و برای دستیابی به عملکرد مطلوب نیاز به برنامه ریزی صحیح و اصولی در امر تناوب می‌باشد. گیاهانی که در تناوب با ذرت قرار می‌گیرند باید ضمن تامین نمودن حاصلخیزی خاک، در کنترل و یا حداقل جلوگیری از افزایش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز موثر باشند. گردش‌های زراعی زیر برای تولید ذرت مناسب هستند:

۱. چغندر قند، ذرت، غلات (گندم یا جو)

۲. پنبه، ذرت، غلات (گندم یا جو) در مناطقی که کشت پنبه معمول است

۳. یونجه ۳ تا ۵ ساله ، ذرت ، گندم یا جو در مناطقی که دامپروری وجود داشته باشد (امام، ۱۳۸۶).

۱-۸- تاریخ کاشت ذرت

کاشت ذرت در مناطق مختلف تابع شرایط آب و هوای منطقه می‌باشد. در فصل بهار هنگامی که خطر یخبندان‌های بهاره مرتفع گردید (در مناطق معتدل و سرد) و زمین به اندازه کافی گرم شد، می‌توان بذرکاری را شروع کرد. در موقع کشت بذر لازم است نسبت به درجه حرارت محیط توجه شود، به طوری که میانگین درجه حرارت روز کمتر از ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد نباشد. زیرا هر گاه در زمان کاشت بذر درجه حرارت کم‌تر از ۱۰ درجه باشد، تولید جوانه به کندی انجام شده و در صورتی که درجه حرارت به ۶ درجه کاهش یابد جوانه زدن متوقف می‌شود در هر دو صورت کشت زودهنگام و کشت دیر هنگام ذرت دارای معایب متعددی است. در فصل بهار می‌باید دقت لازم به عمل آید تا بذر در زمان مناسب کاشته شود، زیرا علاوه بر آن که برای رشد و نمو اولیه خود از هوای معتدل بهار استفاده خواهد نمود. در ماه‌های گرم تابستان نیز محصول در معرض گرما و بادهای گرم قرار نگرفته و زودرس نیز خواهد شد (خواجه‌پور، ۱۳۷۴).

۱-۹- شرایط کاشت و داشت ذرت

مرحله کاشت مزرعه ذرت از مهمترین فعالیتهای زراعی برای دستیابی به حداکثر محصول است. به همین دلیل باید دستگاه ردیفکار برای قرار دادن تعداد بذر مورد نظر در عمق مناسب و با فواصل منظم بر روی ردیف با دقت زیاد کالیبره شود. عمق کاشت بذور ذرت بسته به بافت خاک و رطوبت خاک متغیر است. عمق کاشت در اراضی با بافت متوسط که خیلی زود خشک می‌گردد ۸-۶

سانتی‌متر و در نواحی مرطوب با بافت سنگین ۶-۵ سانتی‌متر می‌باشد (فائو، ۲۰۰۰). کاشت به دو صورت هیرم کاری یا خشک کاری صورت می‌گیرد. در کشت بصورت هیرم کاری بهتر است ۱۰-۷ روز پیش از کشت زمین را آبیاری کرد تا علفهای هرز سبز شده را بتوان از بین برد، همچنین رطوبت در همه بخش‌های زمین برای سبز شدن بذر یکسان باشد. ولی در خشکه کاری بعد از کاشت بذر بلافاصله آبیاری می‌شود. فاصله پشته‌ها یا خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر است. شایان ذکر است که در خاک‌های سنگین و مرطوب کمترین عمق و در خاکهای سبک بیشترین عمق را باید در نظر گرفت بهتر است عملیات کاشت بوسیله دستگاه پنوماتیک انجام شود زیرا با این دستگاه تراکم بوته در هکتار و عمق کاشت را بهتر می توان کنترل نمود (خدابنده، ۱۳۸۲).

آبیاری در کشت بطریق هیرم بعد از سبز شدن مزرعه و زمانیکه ارتفاع بوته‌ها به ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر رسید شروع می‌شود و در این حالت ریشه گیاه بدنبال جذب رطوبت در اثر تنش آبی توسعه یافته در حالیکه در کشت بطریق خشکه کاری آبیاری بلافاصله بعد از عملیات کاشت آغاز می شود. آبیاری اول مزرعه از نظر خیس خوردن کامل پشته‌ها و بصورت نشستی بسیار ضروری است و دومین آبیاری باید قبل از خشک شدن سطح پشته‌ها با فاصله زمانی کوتاهی نسبت به آبیاری نوبت اول انجام گیرد.

میزان بذر برای ذرت دانه‌ای ۲۵-۲۰ کیلوگرم و برای ذرت سیلوئی ۳۵-۳۰ کیلوگرم و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف برای ذرت دانه‌ای ۲۰-۱۵ سانتی‌متر و برای ذرت سیلویی و علوفه‌ای ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته میشود.

برای دستیابی به حداکثر محصول در واحد سطح انجام به موقع عملیات داشت مزرعه اهمیت زیادی دارد. عملیات داشت یک مزرعه ذرت عبارتست از آبیاری، کود سرک، مبارزه با علفهای هرز، خاکدهی پای بوته و سایر مواظبت‌های زراعی می‌باشد (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

ذرت از جمله محصولات زراعی است که به عناصر غذایی موجود در خاک سریعاً عکس العمل نشان می‌دهد. سرعت رشد نسبی این نبات موجب جذب شدید عناصر غذایی و عکس العمل سریع به

کمبود کود است. ازت بعنوان یکی از عناصر اصلی متابولیسم از ضروری‌ترین نیازهای ذرت محسوب می‌شود لذا این عنصر (ازت) را باید در مراحل حساس رشد گیاه که بیشترین مقدار جذب را دارا است تأمین کرد. کود سرک (اوره) در دو مرحله آغاز رشد سریع رویشی (مرحله ۶-۴ برگی) و قبل از شروع گل‌دهی و آستانه ظهور اندام‌های زایشی در هر مرحله ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره یا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص می‌باشد.

عملیات کولتیواتور از عملیات مهم مرحله داشت محسوب می‌شود که با اهداف خاکدهی پای بوته، مبارزه مکانیکی با علفهای هرز و افزایش تهویه بکار برده می‌شود.

ساقه ذرت در نزدیک سطح خاک چند گره نزدیک به هم دارد ریشه‌های هوایی از این گره‌ها خارج شده و چنانچه به خاک مرطوب اطراف ساقه برخورد نماید به داخل خاک توسعه می‌یابند این ریشه‌ها نقش مهمی در استحکام و نگهداری بوته ذرت و همینطور جذب عناصر غذایی دارند. از اهداف مهم کولتیواتور انتقال خاک از داخل فارو به اطراف ساقه بمنظور تسهیل شرایط توسعه ریشه‌های هوایی می باشد. روش انجام عملیات باید این هدف را تأمین نماید. علاوه بر این در عملیات کولتیواتور مبارزه مکانیکی با علفهای هرز بین ردیف‌ها و افزایش تهویه خاک اطراف ریشه نیز مورد نظر می‌باشد. بمنظور دستیابی به اهداف مورد نظر عملیات کولتیواتور باید در زمانی که رطوبت خاک در مرحله ظرفیت مزرعه [1]باشد انجام گیرد از نظر مرحله رشد ذرت نیز زمانی که بوته‌ها ۶ برگی باشند مناسب ترین فرصت برای انجام این عملیات است (پور صالح، ۱۳۷۳).

۱-۱۰- برداشت ذرت دانه‌ای

زمان برداشت ذرت دانه‌ای بر اساس میزان آب دانه‌ها تعیین می‌گردد و این زمان موقعی است که پوسته براحتی از بلال جدا می‌گردد و چنانچه بلال را در دست تاب بدهند دانه‌ها از بلال جدا خواهند شد. در صورتیکه برداشت بوسیله کمباین صورت گیرد (برداشت بصورت دانه) رطوبت دانه‌ها

[1] Field capacity

بین ۲۴-۲۰ درصد می‌باشد. در حالیکه نگهداری ذرت بصورت دانه دررطوبت ۱۴ درصد انجام می‌گیرد (راشل محصل و همکاران، ۱۳۷۶).

۱-۱۱- تنش خشکی

آب یک عامل کلیدی در تولید محصولات زراعی است. عملکرد محصولات زراعی در بسیاری از مناطق توسط تنش‌های محیطی زنده یاغیر زنده محدود شده و به همین دلیل اختلاف قابل توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی مشاهده می‌شود. باتوجه به محدودیت آب، ضرورت استفاده بیشتر از واحد حجم آب در تولید بیشتر محصولات کشاورزی آشکار می‌شود (کوچکی، ۱۳۷۲). رطوبت کم در هر یک از مراحل مختلف رشد موجب کاهش جذب آب، عناصرغذایی، کاهش نقل و انتقال عناصر در داخل گیاه و نهایتا کاهش عملکرد دانه یا محصول نهایی می‌شود. تحمل به آفات و امراض نیز در بوته‌های تنش دیده کاهش می‌یابد. لذا در نواحی خشک ونیمه خشک جهان دسترسی به عملکرد بالا تنها از طریق آبیاری امکانپذیر است و به خاطر نیاز شدید به آب در این مناطق اگر مدیریت مصرف آب در هر دو حالت زمان مصرف و مقدار آب مصرفی مناسب نباشد، عملکرد محصول کاهش یافته و موجب تلف شدن آب خواهد شد (باصفا و طاهریان، ۱۳۸۸).

کمبود آب زمانی در گیاه اتفاق می‌افتد که میزان تعرق بیشتر از جذب آب باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب، کاهش جذب آب و یا هر دو باشد (حکمت شعار، ۱۳۷۲). بسته به مقدار کمبود آب درونی گیاه و مدت زمان آن، می‌توان فرق بین پژمردگی ابتدایی، موقتی و دایمی را تشخیص داد. کاهش جزئی آماس سلولی که منجر به پژمردگی ابتدایی می‌شود تقریبا همه روزه در هوای گرم و خشک حتی در شرایطی که خاک مرطوب است، روی می‌دهد. در این حالت علائم پژمردگی قابل رویت به وجود نمی‌آید. تقلیل بیشتر آماس سلولی منجر به آویزان شدن برگها می‌شود. این پدیده که بعدا در تمام گیاه انتشار می‌یابد موجب کاهش رشد می‌شود. ادامه این وضعیت، پژمردگی

موقت و با پیشرفت آن پژمردگی دائم را بوجود می‌آورد. در پژمردگی دائم، گیاه حتی در هوای اشباع از رطوبت قادر به باز یافتن آماس خود نیست (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

۱-۱۲- مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت و نیازگیاه به آب

تنظیم برنامه آبیاری هر گیاه زراعی میبایست براساس مراحل مهم رشد و نمو گیاه که فعالیت های خاص فیزیولوژیکی را بدنبال دارد انجام شود تا حداکثر راندمان آبیاری حاصل گردد. دوره رشد و نمو ذرت شامل دو مرحله کلی رشد رویشی و زایشی با زیر مرحله‌های مهم زیر در یک رقم متوسط رس با طول دوره رشد و نمو ۱۲۵- ۱۱۵روز از کاشت تا رسیدن فیزیولوژیکی دانه می‌باشد (ریتچی و همکاران، ۱۹۹۲):

۱-۱۲-۱- مراحل رشد رویشی(جوانه زنی تا ظهور گل تاجی)

۱- جوانه زدن و خروج گیاهچه از خاک (V_E)

۲- ۵ تا ۷ برگه شدن حقیقی گیاه (V_5-V_7)

۳- ۸ تا ۱۰ برگی (V_8-V_{10})

۴- ۱۰ تا ۱۲ برگی (V_{10}-V_{12})

۵- ادامه مراحل برگی (V_{12}-V_n)

۶- خروج گل تاجی(V_T) و گلدهی (آزاد شدن گرده)

۱-۱۲-۲- مراحل رشد زایشی (ظهور ریشک‌های بلال تا رسیدن فیزیولوژیکی دانه)

۱- خروج ریشک‌ها یاکاکل‌های بلال (R_1)

۲- تلقیح و تورم تخمدانها (R_2)

۳- شیری شدن محتویات دانه (R_3)

۴- خمیری شدن محتویات دانه (R_4)

۵- دندانی شدن دانه (R_5)

۶- رسیدن فیزیولوژیکی دانه (R_6)

۱-۱۳- برخی از مراحل مهم فنولوژیکی و نیاز آبیاری در ذرت

الف : مراحل رشد رویشی

۱- ۱۰ تا ۱۲ برگی (۶ تا ۷ هفته پس از سبز شدن)

در این زمان ارتفاع بوته‌ها در حد ارتفاع ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و بوته ۱۰ تا ۱۲ برگ گسترش یافته دارد. رشد رویشی بوته‌ها و جذب آب و مواد غذایی نیز افزایش سریعی دارد. جوانه‌های گل تاجی و بلال کاملا متمایز شده و پتانسیل آینده آنها از نظر تعداد گل‌هایی که تولید خواهند کرد در این زمان مشخص می‌گردد. لذا بخاطر تشکیل عوامل تولید کننده عملکرد دانه، کمبود آب و مواد غذایی بخصوص عنصر نیتروژن، می‌تواند پتانسیل محصول نهایی را شدیدا کاهش دهد.

۲- ۱۶ تا ۱۸ برگی (۷ تا ۸ هفته پس از سبز شدن و حدود ۱ تا ۲ هفته قبل از گلدهی)

ارتفاع بوته‌ها حدود یک متر بوده و گل تاجی در داخل تاج برگ قابل مشاهده است. از این زمان که حدود ۱۰ روز قبل از گرده‌افشانی است تا حدود ۴ هفته بعد که تلقیح تخمدانها به اتمام می‌رسد، جذب آب و مواد غذایی در بیشترین میزان در مقایسه نسبت به کل دوره رشد و نمو می‌باشد (ریتچی و همکاران، ۱۹۹۲).

بطور کلی در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی کامل ($V_{10} - V_{12}$)، پتانسیل تعداد ردیف در بلال در گیاه ذرت مشخص میگردد. ازمرحله ۱۲ برگی تامرحله ۱۸ برگی، پتانسیل تعداد دانه در روی ردیف بلال مشخص می‌گردد. کمبود رطوبت در طی این مراحل رویشی موجب کاهش طول بلال و تعداد دانه بالقوه در بلال می‌شود. کاهش طول بلال در طی این مراحل حتی در صورت تامین آب کافی در مراحل بعدی نیز قابل جبران نخواهد بود (باصفا و طاهریان، ۱۳۸۸).

ب:مراحل رشد زایشی

۱- ظهور کاکل‌های بلال (ریشک‌ها)

در شرایط محیطی متعادل معمولا ۲ تا ۳ روز پس از شروع گرده‌افشانی ریشک‌های بلال ظاهر می‌شوند. اما درصورت کمبود شدید آب، تراکم بوته زیاد، کمبود نیتروژن و یا افزایش دمای محیط به بیش از ۳۵ درجه، ظهور ریشک‌ها با تاخیر ۱۰ تا ۱۴ روزه و حتی بیشتر همراه خواهند بود. لذا در نتیجه کاهش تعداد دانه گرده، تلقیح دانه‌ها کامل انجام نشده و بدنبال آن پوکی بلال افزایش و درنتیجه وزن و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (اسکوپر و همکاران، ۱۹۸۶).

۲- تورم تخمدانها (۱۰ تا ۱۴ روز پس از تلقیح)

در طی دو هفته اول پس از تلقیح، دانه‌ها در اثر تجمع مواد خشک متورم شده و حاوی یک ماده شفاف سفید رنگ با جنین قابل مشاهده می‌باشند. ریشک‌های بلال در خاتمه این مرحله تغییر رنگ داده و شروع به خشک شدن می‌کنند.

۳- مرحله شیری دانه (۱۸ تا ۲۲ روز پس از تلقیح)

با شروع این مرحله ریشک‌ها کاملا قهوه ای و خشک شده‌اند. محتویات آنها رنگ شیری دارند. رشد جنین بذر تکمیل شده و روند تجمع مواد غذایی در دانه بسیار سریع می‌باشد.

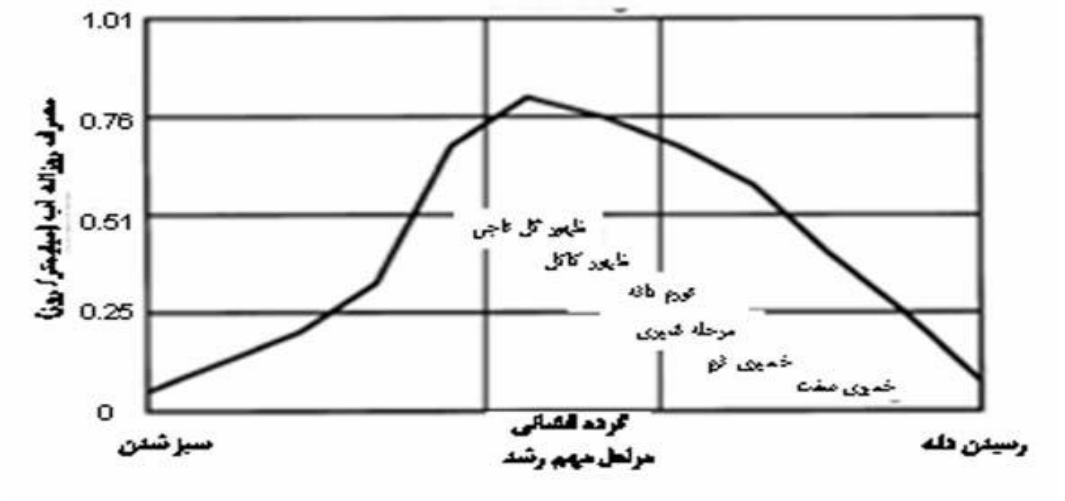
۴- مرحله خمیری دانه (۲۴ تا ۲۸ روز پس از تلقیح)

تنش جزئی خشکی در مراحل حساس رشد می‌تواند عملکرد دانه را به طور جدی کاهش دهد. تداوم شرایط پژمردگی به مدت چهار روز قبل از رسیدن به مرحله ظهور گل‌تاجی می‌تواند محصول دانه را به میزان ۱۰ تا ۲۵ درصد کاهش دهد (جدول ۱) به طور دقیق‌تر می‌توان گفت که اگر در بین مرحله تورم برگ پرچمی (یک هفته مانده به خروج گل تاجی) تا مرحله تورم دانه، چهار روز پژمردگی قابل مشاهده رخ دهد، عملکرد دانه تا ۵۰ درصد و یا بیشتر کاهش می‌یابد (جدول ۱) اثرات منفی وقوع خشکی در بعد از مرحله گرده افشانی، تا حدودی تقلیل می یابد، اما چهار روز پژمردگی در مرحله خمیری نرم نیز محصول دانه را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. طی مراحل دیرتر زایشی با نزدیک شدن به

زمان رسیدن فیزیولوژیکی میزان خسارت ناشی از خشکی نیز شدت کمتری خواهد داشت (باصفا و طاهریان، ۱۳۸۸).

بطور کلی می‌توان گفت ذرت به جزء در ۴ تا ۶ هفته اول رشد نسبت به کاهش مقدار آب خاک شدیدا حساس می‌باشد. براساس مطالعات ذرت برای تولید هر کیلوگرم ماده خشک به ۳۷۲ لیتر و تولید هرکیلو دانه ذرت بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر آب نیاز دارد. در یک خاک فقیر راندمان مصرف آب کاهش یافته و میزان آب مصرفی برای تولید هر کیلوگرم ماده خشک تا ۹۶۰ لیتر ممکن است افزایش یابد (شاو، ۱۹۸۸).

نیاز روزانه ذرت به آب خاک براساس سن گیاه و مرحله رشد متغیر است (شکل ۱و جدول ۱) هر هکتار ذرت به طور معمول از زمانی که آخرین کولتیواتور قابل اجراء است تا زمان گرده افشانی روزانه ازحدود ۰/۲۵ تا ۰/۹ میلیمتر آب نیاز دارد و پس از آن میزان نیاز تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی دانه (تشکیل لایه سیاه) به حدود ۰/۱۴ میلیمتر در روزکاهش می‌یابد. بطوریکه در شکل ۱ مشاهده می گردد زمان بیشترین خسارت دانه در تطابق با زمان بیشترین نیاز آبی گیاه است که از مرحله تورم گل تاجی شروع و تا اواسط مرحله تورم دانه (R_2) ادامه می‌یابد (کلاسن و شاو، ۱۹۷۰).



شکل۱-۱- میزان مصرف روزانه آب در ذرت (روز / میلیمتر).

(Source: Claassen, M. M. and R. H. Shaw. 1970)

جدول۲-۱- اثر خشکی بر عملکرد دانه ذرت در مراحل مختلف رشد (۴ روز مشاهده پژمردگی متوالی در هر مرحله رشد)

مرحله رشد	سن گیاه ذرت (روز)	درصدکاهش عملکرد
مراحل اولیه رشد رویشی (جوانه زنی تا۱۰برگی)	۱ تا ۳۳ روز	۵-۱۰
ظهور گل تاجی	۲۲ تا ۳۲ روز بعد	۱۰-۲۵
گرده افشانی، ظهور کاکل و تورم دانه	۵ تا ۱۵ روز بعد	۴۰-۵۰
خمیری شدن دانه	۲۰ تا ۳۰ روز بعد	۲۰-۳۰
رسیدن فیزیولوژیکی	۱۵ تا ۲۰ روز بعد	۵-۱۰

۱-۱۴- پتاسیم

پتاسیم یکی از عناصر شیمیایی جدول تناوبی است که نماد آن K و عدد اتمی آن ۱۹ می‌باشد. پتاسیم، فلز قلیایی سفید مایل به نقره‌ای است که به طور طبیعی به صورت ترکیبی با عناصر دیگر در آب دریا و دیگر کانیها یافت می‌شود. این عنصر به سرعت در هوا اکسید شده، بسیار واکنش‌پذیر است (مخصوصا در آب) و از نظر شیمیایی همانند سدیم است.

پتاسیم (انگلیسی، Potash و لاتین، Kalium) در سال ۱۸۰۷ توسط "Sir Huphry Davy" که آن را از پتاس سوزآور (KOH) بدست آورد، کشف شد. این فلز قلیایی تنها فلزی بود که توسط عمل الکترولیز از هم جدا شده بود. پتاسیم که دومین فلز سبک می‌باشد، در میان فلزات، واکنش پذیرترین و الکتروپوزیتیوترین است. این فلز، بسیار نرم بوده، با چاقو به راحتی برش می‌خورد و در سطوح صاف به رنگ نقره‌ای می‌باشد. از آنجا که در هوا به سرعت اکسید می‌شود، باید زیر روغن معدنی یا نفت نگهداری شود. پتاسیم مانند دیگر فلزات قلیایی در آب تجزیه شده و هیدروژن آزاد می‌کند. در آب فورا آتش می گیرد و نمک آن هنگامی که درمعرض یک شعله قرار بگیرد، رنگ بنفش از خود ساطع می‌کند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). این عنصر حدودا ۲/۴٪ از وزن پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و از نظر فراوانی هفتمین عنصر در آن می‌باشد. علاوه بر بستر دریاها، اقیانوسها نیز منابع دیگری برای پتاسیم می‌باشند، اما در مقایسه با سدیم مقدار پتاسیم موجود در یک حجم معین از آب دریا بسیار

کم است. پتاسیم در صورت عمل الکترولیز می‌تواند به اجزای هیدروکسیدش تجزیه شود. از روشهای حرارتی نیز برای تولید پتاسیم استفاده می‌شود. پتاسیم هرگز به صورت رها شده در طبیعت یافت نمی‌شود. با این وجود، یونهای K^+ در ارگانیسم‌های زنده برای فیزیولوژی سلولهای تحریکی بسیار مهم هستند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۱۵- پتاسیم در خاک

پتاسیم یکی از ترکیبات اصلی پوستهٔ زمین است. مقدار آن در لیتوسفر به طور متوسط ۲/۵۸ و در خاک حدود ۱/۲ درصد است. از نظر فراوانی عنصری، هفتمین و به عنوان عنصر غذایی برای گیاه نیز چهارمین عنصر معدنی در لیتوسفر به حساب می‌آید. پتاسیم به طور معمول فراوان‌ترین عنصر غذایی پر نیاز در ۱۵ سانتی‌متری لایهٔ سطحی خاک است. متوسط مقدار پتاسیم سنگ‌های آذرین، شیل، ماسه سنگ و سنگ آهک در لیتوسفر به ترتیب ۲۶، ۲۷، ۱۱ و ۲/۷ گرم در کیلوگرم می‌باشد. بیشترین مقدار پتاسیم در کانیهای اولیه و کانیهای ثانویه رسی وجود دارد. مقدار پتاسیم در خاکهای معدنی از ۰/۴ تا ۳ درصد یا بیشتر تغییر می‌کند در حالیکه در خاکهای آلی این مقدار حدود ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ درصد است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۱۶- اشکال مختلف پتاسیم در خاک

چهار شکل مختلف پتاسیم در خاک به ترتیب سهل‌الوصول بودن برای گیاه شامل پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیر تبادلی (تثبیت شده) و پتاسیم ساختمانی می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). باوجود اینکه پتاسیم کل در خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی تنها قسمت کوچکی از آن برای گیاه قابل دسترس می‌باشد. به طور کلی ۹۰ تا ۹۸ درصد کل پتاسیم خاک به شکل غیر قابل دسترس، ۱ تا ۱۰ درصد به شکل پتاسیم به کندی قابل دسترس و ۰/۱ تا ۲ درصد آن به سرعت قابل دسترس می باشد. تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک باعث تداوم

تامین پتاسیم برای گیاهان می شود. پتاسیم محلول و تبادلی خیلی سریع با هم به تعادل می‌رسند در حالیکه تعادل بین پتاسیم ساختمانی و پتاسیم تثبیت شده با پتاسیم تبادلی و محلول به کندی حاصل می‌گردد (ملکوتی و کاوسی، ۱۳۸۳).

امیری و فلاح (۱۳۷۵) در یک بررسی دامنهٔ تغییرات میزان پتاسیم کل خاک در اراضی تحت کشت برنج در شرق گیلان را بین ۰/۲۵ تا ۱/۳ درصد، دامنهٔ تغییرات پتاسیم محلول خاک را بین ۲ تا ۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دامنهٔ تغییرات پتاسیم قابل تبادل را بین ۳۸ تا ۱۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دامنه تغییرات پتاسیم غیر قابل تبادل یا تثبیت شده را بین ۸۰ تا ۸۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند.

۱-۱۶-۱- پتاسیم محلول

پتاسیم محلول، پتاسیمی است که در محلول خاک به فرم یونی موجود بوده و تنها فرم عمده قابل جذب پتاسیم برای گیاهان است و کاهش ذخیره پتاسیمی خاک در اثر شستشوی عمقی نیز پس از تبدیل سایر شکل‌های پتاسیم به این فرم صورت می‌گیرد. حرکت این نوع پتاسیم به سوی ریشه گیاهان در اثر پخشیدگی یا حرکت توده‌ای است. پتاسیم موجود در محلول خاک با پتاسیم تبادلی در حال تعادل بوده و تمایز آن از این بخش دشوار است. در اغلب خاکها پتاسیم تبادلی در مدت یک ساعت با محلول خاک به تعادل می‌رسد و در برخی خاک‌ها این نوع تعادل تقریبا آنی است در حالی که برای برخی رسهای ورمیکولایتی ممکن است حتی مدت زمان ۲۴ ساعت برای برقراری حالت تعادل وقت لازم باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). مقدار پتاسیم موجود در محلول خاک به طور متوسط ۰/۱ تا ۰/۲ درصد پتاسیم کل خاک می‌باشد و بسته به طبیعت گیاه، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، مقدار کود مصرفی و میزان رطوبت خاک متفاوت است (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶).

۱-۱۶-۲- پتاسیم تبادلی

پتاسیم تبادلی یا پتاسیم جذب سطحی شده روی کلوییدها و قابل جایگزین با سایر کاتیون‌ها، همانند کاتیون‌های تبادلی دیگر به وسیله نیروهای الکترواستاتیک بارهای منفی کلوییدهای آلی و معدنی خاک نگهداری می‌شود و تحت شرایطی به آسانی توسط نمک‌های خنثی قابل استخراج می باشد. تنها بخش نسبتا کوچکی از پتاسیم کل خاک به صورت تبادلی بوده و مجموع پتاسیم تبادلی و محلول خاک شاید یک تا دو درصد از کل پتاسیم خاک را شامل شود. مقدار پتاسیم تبادلی از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک گزارش شده است. این بخش از پتاسیم به آسانی می تواند برای گیاه قابل استفاده باشد و هنوز اندازه‌گیری آن یکی از مهمترین راه‌های برآورد قابلیت جذب پتاسیم به وسیله گیاه است. پتاسیم تبادلی ممکن است با پیوندهای متفاوتی از نظر انرژی روی مکان های تبادلی جذب شده باشد که از این نظر می‌توان آن را به سه فرم زیر تقسیم بندی نمود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

- ✓ پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه‌ای کانیهای رسی که عموما به صورت غیر اختصاصی جذب شده است.
- ✓ پتاسیم جذب شده در لبه کانیهای رسی که تشخیص آن از پتاسیم جذب شده بر روی سطوح پایه‌ای رسها به آسانی امکان پذیر نیست و موقعیتی اختصاصی برای پتاسیم به شمار می‌رود.
- ✓ پتاسیم جذب شده در فضاهای بین لایه‌ای رسها که معمولا جذب پتاسیم در آنها اختصاصی‌تر است.

۱-۱۶-۳- پتاسیم غیر تبادلی

پتاسیم غیر تبادلی یا تثبیت شده پتاسیمی است که به آسانی قابل تبادل نبوده و در زمان‌های کوتاه نیز توسط محلول‌های نمکی آزاد نمی‌شود ولی بخشی از آن با اسید نیتریک مولار جوشان قابل

استخراج است. پتاسیم غیر تبادلی که تا حدودی برای گیاه قابل استفاده است شامل دو بخش می باشد (ملکوتی و کاوسی، ۱۳۸۳).

- پتاسیم بومی موجود بین لایه‌های کانیهای رسی دو به یک (۲:۱) که تحت شرایط خاصی می‌تواند برای گیاه قابل جذب باشد و به پتاسیم به سختی قابل تبادل معروف است این بخش از پتاسیم با اسیدهای معدنی سرد و رقیق قابل استخراج است.
- پتاسیم تثبیت شده در بین لایه‌های کانیهای رس که معمولا با اسیدهای معدنی سرد و غلیظ استخراج می‌شود.

۱-۱۷- تثبیت پتاسیم

قابلیت دسترسی پتاسیم برای گیاهان به وسیلهٔ فرآیندهای فیزیکوشیمیایی مختلف در خاک کنترل می شود. از میان فرآیندهای مختلف، تثبیت پتاسیم و به عبارت دیگر به تله افتادن یون پتاسیم در بین لایه‌های رسی از بیشترین اهمیت برخوردار است این پدیده در تمام رس‌ها به یک اندازه تحقق نیافته بلکه در رسهای یک به یک حداقل و در رسهای دو به یک و به خصوص ایلایت (نوعی کانی رسی ۲ به ۱) به حداکثر می‌رسد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

ملکوتی و کاوسی (۱۳۸۳) حرکت تدریجی پتاسیم از محلول خاک و مکان‌های جذب سطحی با نیروی پیوند کم به طرف مکان‌های با نیروی پیوند بیشتر و نیز به طرف مکان‌های بین لایه‌ای با جذب اختصاصی که نتیجهٔ آن کمتر شدن پتاسیم قابل دسترس نسبت به پتاسیم کل می‌باشد را به عنوان تعریفی از تثبیت پتاسیم ارائه داده اند. برخی از محققان عقیده دارند که در خاک‌های با قدرت تثبیت بالاتر از ۶۵ درصد باید میزان مصرف کودهای پتاسیمی نسبت به حالت عادی افزایش یابد. برخی نیز توصیه کرده‌اند که در خاک‌های با ظرفیت تثبیت پتاسیم خیلی زیاد، تعیین مقدار کود مصرفی سالیانه باید مستقل از مقدار پتاسیم قابل جذب خاک صورت گرفته و برای مقابله با قدرت تثبیت بالای پتاسیم کاربرد سالانه ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) را امری ضروری دانسته‌اند.

۱-۱۸- اثر کشت و کار مداوم بر اشکال مختلف پتاسیم در خاک

زارع فیض‌آبادی و کوچکی (۱۳۷۸) در یک مطالعه سه ساله تغییرات ازت، فسفر و پتاسیم باقیمانده خاک در واکنش به تناوب و نظام‌های زراعی متداول و اکولوژیک را مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش از سه تناوب زراعی مختلف شامل گندم – گندم، ذرت – گندم و چغندر – گندم به عنوان عوامل اصلی و پنج نظام زراعی مختلف شامل نظام متداول، نظام با مصرف نهاده متوسط، نظام با مصرف نهاده کم، نظام تلفیقی و نظام ارگانیک (بدون مصرف هر گونه کود شیمیایی) به عنوان فاکتور فرعی استفاده شده بود. در کلیه تیمارها قبل از کاشت و بعد از برداشت هر محصول نمونه خاک به صورت مرکب و جداگانه برداشت و تجزیه‌های لازم روی آن صورت گرفت. نتایج تجزیه خاک در پایان آزمایش نشان داده بود که مقدار ازت، فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک برای نظام‌های ارگانیک و تلفیقی نظیر سایر نظام های زراعی و در برخی موارد حتی بیشتر از سایر نظام‌های زراعی بوده است. این محققین همچنین گزارش نمودند که با وجود مصرف عناصر ازت، فسفر و پتاسیم و دیگر نهادها در نظام زراعی پر نهاده به میزان بیش از دو برابر نظام زراعی کم نهاده و ۱/۵ برابر نظام زراعی متوسط نهاده، مقدار ازت و پتاسیم باقیمانده در خاک برای هر سه نظام زراعی به طور تقریبی یکسان بوده است.

۱-۱۹- تغییرات پتاسیم قابل جذب خاک در طول فصل رشد گیاه

صفاری و ملکوتی (۱۳۸۲) توازن پتاسیم در تعدادی از مزارع گندم خیز استان فارس را مورد مطالعه قرار داده و گزارش نمودند که در ۸۳ درصد مزارع مورد مطالعه توازن پتاسیم منفی بوده است. این محققین چنین نتیجه گیری نمودند که با فرض وزن مخصوص ظاهری خاک معادل ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب، میانگین کاهش پتاسیم قابل جذب در مزارع مورد مطالعه معادل ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده و با فرض میانگین تثبیت معادل ۲۰ درصد، به منظور جبران نیاز پتاسیمی گندم با عملکرد متوسط ۵/۵ تن در هکتار بایستی هر ساله مقدار ۵۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم

سولفات پتاسیم) مصرف گردد و به ازاء هر تن افزایش عملکرد حدود ۲۰ کیلوگرم کود اضافی مصرف تا توازن پتاسیم خروجی و ورودی برقرار گردد.

۱-۲۰- کود پتاسیم

یکی از مهمترین راه‌ها برای حفظ و همچنین بهبود حاصلخیزی خاک، مصرف متعادل و متوازن کودهای شیمیایی است. متاسفانه آمار مصرف کودهای شیمیایی در سال‌های گذشته حکایت از مصرف ناچیز کود پتاسیم در مقابل کودهای فسفاته و ازته دارد. این در حالی است که مقدار جذب پتاسیم به وسیله ریشه گیاه از جذب هر عنصر کانی دیگری به غیر از نیتروژن بیشتر و در بعضی موارد برابر و یا حتی بیشتر از ازت است. عدم تعادل در مصرف کودهای شیمیایی، باعث افزایش تدریجی میزان فسفر خاکها در مقابل کاهش شدید و حتی تهی شدن خاک‌های بعضی مناطق از ذخیره پتاسیم شده که در نهایت، ایجاد اختلال در تغذیه گیاه و کاهش کمی و کیفی محصولات کشاورزی را در پی داشته و مهمتر اینکه در دراز مدت خصوصیات خاک را دستخوش تغییرات نامطلوب خواهد کرد. امیر مکری و همکاران (۱۳۷۹) معتقدند که مصرف نامتعادل کودها موجب بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک‌های زراعی می‌شود و این مسئله در مورد پتاسیم محسوس‌تر و تغییرات در توازن این عنصر برای اغلب سال‌ها منفی بوده است. براساس آمار F.A.O، تفاوت میان جذب پتاسیم در خاک از طریق کود و خروج آن از خاک از طریق محصول برداشت شده، در کشور ما دائم در حال افزایش بوده، به گونه‌ای که تعادل پتاسیم از ۲۶۷هزار تن در فاصله سال‌های ۷۹ تا ۸۱ به ۴۳۸ هزار تن در سال‌های بین ۸۹ تا ۹۱ خواهد رسید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

انواع کود های پتاسیمی:

۱- کود سولفات پتاسیم: یکی از مهم‌ترین کودهای پتاسیمی کود سولفات پتاسیم است. این کود از اثر اسید سولفوریک بر کلرور پتاسیم بدست می‌آید. سولفات پتاسیم محتوی ۴۰ درصد پتاسیم (۵۰ درصد اکسید پتاسیم) بوده و در دمای معمولی حدود ۱۲ درصد آن در آب حل می‌شود.

۲) کود کلرور پتاسیم: کود کلرور پتاسیم یا KCl محتوی ۵۰ درصد پتاسیم (۶۰ درصد اکسید پتاسیم) بوده و حلالیت آن در آب حدود ۳۵ درصد و مصرف آن به صورت سرک رایج است. با آن که حدود ۹۲ درصد کودهای پتاسیمی مصرفی را کلرور پتاسیم تشکیل می‌دهد، لیکن در برخی شرایط، حضور یون کلر مطلوب نمی‌باشد بدین دلیل که کلر یونی است که خیلی آسان توسط گیاه جذب شده و در اثر تجمع در گیاه ایجاد مسمومیت می‌کند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

۳) کود نیترات پتاسیم: نیترات پتاسیم دارای ۳۸ درصد پتاسیم و ۱۴ درصد ازت بوده و حلالیت آن در آب در دمای معمولی نزدیک به ۳۵ درصد است. مزیت عمده این کود در مقایسه با کلرور پتاسیم همراه نداشتن کلر و بالا بودن غلظت ماده غذایی آن است.

کودهای پتاسیمی همزمان با کشت یا قبل از کشت مورد استفاده قرار می‌گیرند و مصرف آن‌ها به صورت محلول پاشی معمول نیست (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

فصل دوم

بررسی منابع

بیشتر مناطق ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار گرفته و دارای منابع آب محدودی می باشند. همچنین پیش بینی می‌شودکه در آینده، تغییرات اقلیمی در جهت گرم شدن هوا بوده ودر نتیجه استفاده از منابع آب هرچه بیشتر محدود گردد. بنابراین آب یکی ازمهمترین عوامل محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. به همین جهت مدیریت بهینه مصرف آب بخصوص در بخش کشاورزی از ضروریات می‌باشد. لازم به ذکر است که مسئله مدیریت آب نه تنها در مناطق کم آب دارای اهمیت است، بلکه در نقاطی هم که به لحاظ جریان‌های سطحی مشکل کمبود آب ندارند، زیادی آب موجب بروز ضرر و زیان و در نهایت کاهش تولیدات کشاورزی میشود (مردانی بلداجی، ۱۳۸۲).

۲-۱- تنش خشکی در ذرت

یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک ونیمه خشک، تنش کمبود آب در مراحل رشد است. اثرات سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت بستگی به زمان وقوع تنش، مرحله نموی، ژنوتیپ گیاه، ارقام، روش کشت گیاه، کیفیت خاک، سطح کمبود و تغییرات شرایط محیطی در طول خشکی دارد (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۳).

تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مرفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارد که شدت خسارت خشکی بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه که تنش اتفاق می‌افتد، متفاوت است (دنمد و شاو، ۱۹۶۰). تنش شدید ممکن است منجر به تاخیر در ظهور کاکل بلال تا پایان گرده‌افشانی شود که این اتفاق می‌تواند به علت عدم دسترسی گیاه به آب کافی جهت رشد سلول‌های ابریشم بلال باشد (هال و همکاران، ۱۹۸۱). همچنین محققان دیگری نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث تاخیر در ظهور کاکل‌ها گردیده و بسیاری از دانه‌های گرده از دسترس کاکل‌ها خارج می‌شوند و در مواردی هم که تلقیح صورت می‌گیرد بدلیل کم بودن مواد فتوسنتزی برای رشد همه سلول‌های جنینی، نمو دانه اندکی

پس از آن متوقف می‌گردد، نتیجه این عمل تشکیل غیر یکنواخت و نامنظم دانه روی بلال می‌باشد. تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه نیز از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه را به خصوص در دانه‌های نزدیک به راس بلال کاهش می‌دهد. کمبود هیدارت‌های کربن و احتمالا عوامل هورمونی و افزایش طول دوره گلدهی - کاکلدهی باعث توقف پر شدن و مرگ تخمک‌های بارور شده بخصوص در نوک بلال می شوند (فدایی و همکاران، ۱۳۸۶).

گیاهان تحت تاثیر تنش خشکی بسته به شدت و مدت تنش دارای کاهش سطح برگ خواهند شد اما به نظر می‌رسد تعداد نهایی برگ کمتر تحت تاثیر تنش قرار گیرد (سوباردو، ۱۹۹۰). تاثیر تنش خشکی در زمان ظهور گل تاجی نه فقط مانع از توانایی گیاه برای گلدهی و پخش دانه گردیده است بلکه بر روی حیات دانه گرده به خصوص زمانی که همراه با دمای بالا باشد، موثر است (کوچکی و همکاران،۱۹۹۳). سایرعلائم تنش آبی در ذرت به صورت کاهش رشد، کاهش زیست توده و عملکرد دانه ظاهر می‌گردد. تنش آبی در ذرت باعث کاهش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و رشد ریشه میشود (فررز و سوریانو، ۲۰۰۶).

توانایی گیاهان در مقاومت به تنش‌های مختلف متفاوت است. این مقاومت می‌تواند به صورت اجتناب از تنش و تحمل به تنش طبقه‌بندی شود. یک گیاه می‌تواند از طریق ایجاد موانع فیزیکی و یا متابولیکی از بروز تنش اجتناب کند، مثلاً با توسعه بیشتر سیستم ریشه و یا بستن روزنه‌ها، گیاه می‌تواند از ایجاد تنش کمبود آب جلوگیری کند. در حالت تحمل، گیاه تغییرات و یا صدماتی که بر اثر تنش به وجود می‌آید را تحمل نموده و یا آن‌ها را به حداقل می‌رساند. در این حالت تنش به گیاه وارد می‌شود، لیکن خسارت وارده به گیاه کمتر از حد قابل انتظار است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱).

۲-۲- اثرات فیزیولوژیکی تنش خشکی

۲-۲-۱- برگ

برگ در ساز وکار اجتناب از خشکی غلات (ذرت و سورگم)، نقش مهمی را بر عهده دارد. آرایش برگ، زاویه و درجه پیچش آن از ساز و کارهای مهم اجتناب از خشکی است. کمبود آب اشباع برگ، عامل پیچش، برگ به ویژه در طول ظهر می‌باشد. لوله شدن برگ در پتانسیل حدود ۱۵ بار رخ می‌دهد (آلوری، ۱۹۷۶). که پیامد حاصل از کاهش فشار تورژسانس سلول‌های بالیفرم اطراف رگبرگ می‌باشد. ارقامی که دارای برگهای افقی (زاویه باز برگ نسبت به ساقه) می‌باشند به علت اینکه نمی‌توانند در برگهای خود پیچش ایجاد کنند قادر نیستند در شرایط تنش، آب کشیدگی را تحمل کنند. بنابراین، ارقامی که زاویه برگ آنها نسبت به ساقه کمتر است برای شرایط دیم و کم آبی مناسب‌ترند. پتانسیل آب برگ همبستگی مثبتی با پیچش برگ دارد لذا حفظ پتانسیل آب برگ عامل مهمی در عملکرد گیاه است (گوموستا و همکاران، ۱۹۸۱).

۲-۲-۲- ریشه

رشد جانبی و عمق نفوذ ریشه هر دو از خصوصیات مهم تحمل به تنش آب می‌باشند. ریشه‌ها ممکن است دارای یک سطح وسیع باشند که در تماس نزدیک با ذرات خاک قرار دارند. سیستم ریشه ای ذرت از ۳ تا ۵ ریشه جنینی، ریشه‌های ثانویه (که از اولین گره زیر سطح خاک منشعب شده) و ریشه‌های هوایی (که از گره های نزدیک سطح خاک منشاء گرفته) تشکیل شده است. ریشه‌ها در گیاه جوان توسعه سریعی داشته و در چهار هفته اول رشد تا عمق بیش از ۳۰ سانتی‌متری نفوذ می کنند. در زراعت ذرت تحت آبیاری، حدود ۹۲ درصد از کل ماده خشک ریشه‌ها تا عمق ۹۰ سانتی‌متری پراکنده می‌شوند و حدود ۶۴ درصد آن در لایه ۳۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک قرار دارند. در زراعت دیم ذرت حدود ۷۰ درصد از کل ماده خشک ریشه‌ها تا عمق ۹۰ سانتی‌متری پراکنده شده اما برخلاف زراعت آبی فقط ۳۹ درصد این مقدار در لایه ۳۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک بوده و بقیه در اعماق پائین‌تر

پراکنده می‌گردند. این موضوع دلالت بر این دارد که در طی دوره‌هایی که آب خاک کمتر از حد مطلوب است ذرت ریشه‌های خودر را در عمق گسترش داده و لذا از یک ساز و کار طبیعی برای مقابله با خشکی بر خوردار می‌باشد. بطور کلی نفوذ و گسترش ریشه تحت تاثیر عوامل متعددی از جمله دمای خاک، تهویه، رطوبت و مقاومت فیزیکی خاک قرار دارد (باصفا و طاهریان، ۱۳۸۸).

در شرایطی که درجه حرارت بالا، رطوبت نسبی کم، سرعت باد و شدت نور زیاد باشد، تعرق به شدت افزایش می‌یابد بطوریکه ممکن است شدت تعرق بیشتر از جذب آب شده و گیاهان در حد بالایی از رطوبت خاک علائم پژمردگی نشان دهند. بر خلاف تصور عمومی که راندمان آبیاری‌های اول را کم می‌دانند نتایج تحقیق نشان می دهد که به دلیل عدم رشد ریشه در آبیاری‌های ابتدای فصل رشد، بخش عمده‌ای از آب در لایه‌های تحتانی ذخیره شده که در طی دوره‌های تنش این ذخایر به مصرف رسیده و به همین دلیل گیاه با کمترین مشکل مواجه می‌شود (خاوری خراسانی و همکاران، ۱۳۸۵). خشکی خیلی شدید و دمای بالا در طی دوره پر شدن دانه می‌تواند فتوسنتز را به طور کامل متوقف کند. با وجود این ممکن است دانه با شدت و مقدار کمتری نسبت به شرایط عادی بدون تنش به افزایش وزن ادامه دهد. در یک گیاه زنده و تحت تنش مواد خشک ذخیره شده ممکن است تحت انتقال مجدد از ساقه، برگ و ریشه‌ها به بلال و دانه‌ها منتقل گردد. براساس این نتایج مشخص می‌گردد که چرا با توقف فتوسنتز در طی دوره پر شدن دانه، کاهش عملکرد دانه تحت تاثیر تنش خشکی ازحدود ۴۷ تا ۶۹ درصد بیشتر نخواهد شد. به خاطر اینکه ممکن است قسمت اعظم ذخایر، گیاه برای پر کردن دانه مصرف شود، ذخایر ساقه نیز به میزان زیاد برای تامین نیاز دانه استفاده خواهد شد. یکی از دلایل ورس شدید ساقه ذرت در زمان تنش خشکی این عامل می‌باشد. لذا به خاطر اجتناب از ورس زیاد، می‌بایست ذرت در سالهای تحت تنش خشکی زودتر از موقع برداشت شوند (مک ویلیامز، ۲۰۰۲).

۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر عملکرد ذرت

عملکرد ذرت به صورت بالقوه رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۳). تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه می گردد و این تاثیر در نتیجه کوتاه شدن دوره رشد موثر دانه صورت می‌گیرد و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد (نسمیت و ریچی، ۱۹۹۲).

جعفری (۱۳۸۳) طی آزمایشی اثرات تنش خشکی را بصورت قطع آبیاری در مراحل قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پر شدن دانه تا رسیدن رطوبت خاک به پتانسیل ۱۵- اتمسفر در ناحیه ریشه و آبیاری مجدد آنها بر عملکرد دانه ذرت را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که بیشترین کاهش عملکرد در زمان گلدهی (۴۲٪) و بعد از آن در مرحله پر شدن دانه با ۱۵/۸٪ و کمترین آن قبل از گلدهی با ۱۲/۵٪ کاهش اتفاق افتاد. کلانتر (۱۳۸۳) نشان داد که تنش خشکی در ذرت باعث کاهش تعداد ردیف در بلال می‌شود که این امر سبب کاهش عملکرد نیز می‌گردد.

یازار و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی تاثیر شش سطح مختلف آبیاری روی ذرت گزارش کردند گیاهانی که ۸۰ درصد از آب آبیاری را دریافت کرده بودند، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بودند. همچنین رضاوردی نژاد و همکاران (۲۰۰۶) با اعمال تیمارهای کم آبیاری در مراحل مختلف رشد ذرت علوفه‌ای در کرج گزارش کردند که تنش رطوبتی در مراحل رشد رویشی و گلدهی به ترتیب باعث کاهش ۲۸ و ۲۹ درصدی عملکرد نسبت به تیمار آبیاری متداول گردید.

جعفری و ایمانی (۲۰۰۴) در بررسی اثر تنش خشکی در سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پر شدن دانه‌های ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق سبب کاهش معنی‌دار عملکرد ذرت می‌شود. تنش در مرحله گل دهی بیشترین خسارت را بر عملکرد دانه داشت و سبب کاهش ۴۲ درصدی عملکرد گیاه شد تنش در مرحله پرشدن دانه ۱۵/۸ درصد و در مرحله قبل از گل دهی ۱۲/۵ درصد کاهش عملکرد را به همراه داشت. همچنین گلباشی و همکاران

(۲۰۱۰) نیز با مطالعه خود روی هیبریدهای ذرت دانه‌ای بیان نمودند که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد و اجزاء عملکرد دانه می‌شود.

۲-۴- پتاسیم در گیاه

پتاسیم، ماده بنیانی برای رشد گیاهان بوده و در انواع گوناگون خاک یافت می‌شود. بطور کلی پتاسیم در سلولهای گیاهی نقش‌های مهمی بر عهده دارد که مختصرا به آنها اشاره می‌کنیم:

۲-۴-۱- فعالیت آنزیمی

پتاسیم یکی از کوفاکتورهای مهم است که در هنگام فعالیت آنزیمی نیاز است. پتاسیم حداقل ۶۰ آنزیم متفاوت را که در رشد گیاه موثرند فعال می‌کند. به این ترتیب که ساختمان آنزیم را تغییر می‌دهد و آنرا وارد عمل می‌کند. همچنین آنیونهای معدنی و دیگر ترکیبات گیاه را از نظر تغذیه‌ای قابل مصرف می‌کند. پتاسیم کمک می‌کند تا pH بین ۷ و ۸ باقی بماند که اپتیمم عمل بسیاری از آنزیمهاست. میزان K در سلول مشخص می‌کند که چند آنزیم می‌تواند فعال شود و نسبت فعالیت شیمیایی در آنها چگونه است. بنابراین نسبت انجام واکنش در سلول بستگی به میزان ورود K در سلول دارد (ال دفان، ۱۹۹۹).

۲-۴-۲- فتوسنتز

نقش K در فتوسنتز پیچیده است. نقش پتاسیم در فعالیت آنزیمی و تولید ATP در تنظیم سرعت فتوسنتز مهمتر از نقش آن در فعالیت روزنه‌ای است. وقتی انرژی خورشیدی به ترکیب CO_2 و H_2O و در نتیجه تشکیل قند منجر می‌شود، اولین محصول پر انرژی ATP است که به عنوان منبع انرژی در بسیاری از واکنشهای شیمیایی مصرف می‌شود. بار الکتریکی لازم برای تولید ATP با یون K^+ تامین می‌شود. وقتی میزان K در گیاه کم باشد میزان فتوسنتز و تولید ATP نیز کم می‌شود و

همه‌ی فرایندهای وابسته به ATP کاهش می‌یابد. برعکس آن تنفس سلولی افزایش می‌یابد که باعث کاهش رشد و نمو در گیاه می‌شود (حسین، ۲۰۰۵).

۲-۴-۳- ترابری قندی

قندی که در فتوسنتز ساخته می‌شود باید در میان آوندها و قسمتهای دیگر گیاه برای مصرف و ذخیره شدن ترابری شود. سیستم ترابری مواد با استفاده از انرژی به فرم ATP کار می‌کند. اگر میزان K کم شود میزان ATP نیز کم می‌شود و سیستم انتقال مواد نیز از کار می‌افتد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۴-۴- ترابری آب و مواد غذایی

K همچنین نقش بزرگی در نقل و انتقال آب و مواد غذایی درون آوند آبکشی دارد. وقتی میزان K کاهش یابد جابجایی نیترات و فسفات و کلسیم و منیزیم و آمینواسیدها کاهش می یابد. نقش پتاسیم در انتقال شیره‌ی پرورده در آوند آبکشی اغلب با آنزیمهای مخصوص و هورمون‌های رشد گیاهی تداخل دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۴-۵- سنتز پروتئین

K در سنتز پروتئین ضروری است. خواندن رمزهای ژنتیکی در سلول گیاهی برای ساخت پروتئین و آنزیم که تمام فرایندهای رشد گیاه را تنظیم می‌کند بدون میزان کافی از پتاسیم غیر ممکن است. وقتی گیاه با کمبود این یون مواجه می‌شود با وجود مقدار زیاد نیتروژن قابل دسترس پروتئین نمی‌سازد. بجای آن تراکم مواد خام پروتئین مثل آمینواسیدها و آمیدها و نیترات‌ها زیاد می شود. آنزیم " نیترات ردو کتاز " ساختار پروتئین را می‌شکند و پتاسیم مسئول فعالیت و سنتز آن می باشد (ال دفان، ۱۹۹۹).

۲-۴-۶- سنتز نشاسته

آنزیم‌های دخیل در سنتز نشاسته با پتاسیم فعال می‌شوند. پس با کاهش میزان K نشاسته کاهش می‌یابد در حالیکه کربوهیدراتهای قابل حل و ترکیبات نیتروژن افزایش می‌یابد. همچنین پتاسیم در تنظیم فعالیت فتوسنتزی و تنظیم نسبت تبدیل قند به نشاسته موثر است. در حضور پتاسیم به اندازه‌ی کافی و سطوح بالای قند نشاسته به طرف اندامهای ذخیره‌ای حرکت می‌کند (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

پتاسیم با وجود اینکه در ساختمان بافت‌ها شرکت ندارد اما نقش‌های مهمی را در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک از قبیل حفظ آماس، هدایت روزنه‌ای، تنظیم اسمزی، فعالیت آنزیمی، توسعه سلولی، خنثی‌سازی یو نهای دارای بار منفی غیر قابل انتشار و قطبی نمودن غشاء، ایفاء می‌کند (منگل و کیکبری، ۲۰۰۰)

۲-۵- علائم کمبود پتاسیم در گیاهان

کمبود پتاسیم در گیاهان در ابتدا منجر به بروز علائم ظاهری و نشانه‌های قابل دیدن نمی‌شود. بلکه ابتدا فقط کاهش در میزان رشد و عملکرد وجود دارد که به آن اصطلاحا گرسنگی پنهان گفته می‌شود و تا زمانی که کمبود پتاسیم شدید نباشد، حتی تا پایان فصل رشد نیز علائم ظاهری همچنان بروز نکرده اما کاهش عملکرد در این شرایط قطعی خواهد بود. در بعضی شرایط کمبود پتاسیم به هر دلیلی شدت پیدا کرده و علائم ظاهری نیز بر روی گیاه دیده می‌شود. شروع این علائم به دلیل تحرک زیاد پتاسیم در برگها و امکان انتقال مجدد آن از برگهای پیرتر به برگهای جوان‌تر و نقاط مریستمی گیاه ابتدا در برگهای پیر ظاهر شده و شدیدتر شدن کمبود به برگهای جوان نیز سرایت می‌کند. نشانه‌های ظاهری کمبود پتاسیم ابتدا بر روی دومین و سومین برگهای پیرتر ظاهر می‌شود. در پیرترین برگ‌ها اغلب زردی و سوختگی از نوک و حاشیه برگها شروع شده و به سمت پهنک توسعه می‌یابد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶).

۲-۶- پتاسیم در ذرت

ذرت از جمله گیاهان پتاسیم دوست با دوره رشد کوتاه و عملکرد بالا و در عین حال از محصولات راهبردی کشور است. تغذیه مناسب و کافی با این عنصر باعث افزایش کمیت و کیفیت آن می‌شود. نیاز ذرت به پتاسیم با ازت برابری می‌کند به طوری که گفته شده است ذرت برای تولید ۹ تن دانه در هکتار میزان ۲۷۰ کیلوگرم ازت، ۷۵ کیلوگرم فسفر، ۲۸۰ کیلوگرم پتاسیم، ۳۰ کیلوگرم منیزیم و ۳۵ کیلوگرم گوگرد از یک هکتار خاک برداشت می‌کند (ملکوتی و غیبی، ۱۳۸۲). در بسیاری از موارد به دلیل انجام کشت متراکم، عدم رعایت تناوب زراعی و کوتاهی نسبی دوره رشد گیاه ذرت و توقع بالای آن نسبت به پتاسیم و پایین بودن نسبی حجم خاک در اختیار ریشه علی رغم کافی بودن پتاسیم قابل جذب اولیه در خاک این گیاه در اواسط دورهٔ رشد به بعد ممکن است دچار کمبود پتاسیم گردد. در شرایط کمبود پتاسیم برگها به رنگ سبز کمرنگ متمایل به زرد با حاشیه سوخته درآمده که این علائم ممکن است با علائم ناشی از شوری خاک، سرمازدگی و بادزدگی اشتباه گرفته شود. در اثر کمبود پتاسیم رشد گیاه متوقف، ساقه‌ها عمدتا ضعیف و در برابر عوامل بیماریزا آسیب‌پذیر می‌باشند و بلالهای به وجود آمده در قسمت انتهایی فاقد دانه بوده و یا دانه‌ها بسیار ریز و چروکیده به نظر می رسند. به طور کلی کچلی بلالهای ذرت بر اثر عوامل تغذیه‌ای پس از ازت عمدتا با کمبود پتاسیم، روی و بور در ارتباط است. پتانسیل خاک برای تامین پتاسیم مورد نیاز ذرت و میزان نیاز به مصرف کودهای پتاسیمی در خاک بسته به شرایط مختلف از جمله عملکرد مورد انتظار، مقدار رس، نوع رس، مقدار ماده آلی، ظرفیت تثبیت و آزادسازی پتاسیم متفاوت است (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۸۲).

ضیائیان (۱۳۸۲) نقش پتاسیم و روی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد پتاسیم و روی در شرایط آزمایش موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و سایر شاخص‌های رشد گردیده است. این محقق چنین نتیجه‌گیری نمودکه براساس منابع مورد مطالعه با توجه به اینکه ذرت در زمان بالاترین نیاز خود روزانه ۱۲

کیلوگرم در هکتار پتاسیم نیازمند است و از طرفی تامین این مقدار پتاسیم در هر روز از عهده کمتر خاک زراعی بویژه خاک‌های زراعی تخلیه شده برمی‌آید، بنابراین در چنین شرایطی در صورت عدم مصرف کودهای پتاسیمی عملکرد پایین خواهد بود. در این رابطه بایستی توجه شود که در توصیه‌های کودی تنها در نظر گرفتن مقدار عنصر غذایی موجود در خاک کافی نبوده و فاکتورهای دیگری نظیر نوع گیاه، طول دورهء رشد، عملکرد مورد انتظار، درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

۲-۷- پتاسیم و تنش خشکی

پتاسیم نقش ویژه‌ای در حیات و بقاء گیاهان تحت شرایط تنش محیطی بازی می‌کند. در شرایط کمبود پتاسیم، حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (کک مک، ۲۰۰۲). بطوریکه در شرایط تنش، تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاهان به شدت تحریک می‌شود (کک مک، ۲۰۰۵)، وی نیاز به پتاسیم بالا را در شرایط تنش به نقش بازدارندگی پتاسیم در مقابل تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در طی فتوسنتز و اکسیده شدن NADPH نسبت داد.

در موقعی که گیاه دچار تنش خشکی می‌شود گیاهانی که دارای پتاسیم کافی هستند به سرعت اقدام به بستن روزنه‌ها می‌نمایند که این عمل مانع خروج مقدار زیادی آب از گیاه می‌گردد. در مقابل گیاهانی که پتاسیم کمی استفاده کرده‌اند، حالت بی نظمی در حرکت روزنه‌های آنها دیده می‌شود و زمان بیشتری لازم است که در تحت شرایط تنش رطوبتی یا درجه حرارت بالا روزنه‌ها بسته شود در نتیجه گیاهان شروع به پژمرده شدن می‌کنند و عمل فتوسنتز متوقف می‌گردد (هیدر و برینگر، ۱۹۸۱). پژمردگی زودرس در شروع تنش رطوبتی آب، شاخص بسیار مهمی در شناخت گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم می‌باشد. اثر مثبت پتاسیم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی توسط محققین مختلف گزارش شده است (امیری و دارودی، ۱۹۹۴).

گزارش شده است که مصرف پتاسیم عملکرد کلزا را تحت شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی ۱۵- ۲۵ درصد افزایش داد (شرما، ۲۰۰۲). افزایش و بهبود عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت را با مصرف مقادیر بالاتر پتاسیم تحت شرایط تنش رطوبتی در خردل و سورگوم گزارش نمود (شهید،۲۰۰۶). آزمایشات مزرعه‌ای در مصر نیز نشان داد که از کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب، با مصرف پتاسیم می‌توان جلوگیری کرد (الهادی، ۱۹۹۷).

اندرسن و همکاران (۱۹۹۲) تعدیل اثرات منفی خشکی را بر رشد گیاه از طریق حفظ فشار آماس، کاهش تعرق و افزایش کارایی مصرف آب بواسطه مصرف پتاسیم گزارش کردند. مندل و همکاران (۲۰۰۶) برهمکنش قوی را بین آبیاری وکاربرد عناصر غذایی بر عملکرد دانه و ماده خشک گزارش کردند.

مصرف مقادیر بالایی ازکود پتاس (۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) باعث می‌شود تا در خاک خشک غلظت محلول خاک در اطراف ریشه بالا باقی بماند و ضریب انتشاری کمتر آن در خاک خشک با کاهش بیشتر غلظت یون پتاسیم در سطح ریشه جبران شود. بنابراین یک شیب غلظتی بزرگتر برقرار شده و انتقال یون پتاسیم به سمت ریشه بدون تاثیر خشکی خاک تداوم می‌یابد (سیفرت و همکاران، ۱۹۹۵). علاوه براین با کاهش مقدار رطوبت خاک تهویه آن افزایش یافته و اکسیژن بیشتری نیز در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. محققان فراهمی اکسیژن در خاک دارای غلظت بالای یون پتاسیم را دلیل دیگری بر جذب بهتر یون پتاسیم در این خاک‌ها می دانند (عزیزی و همکاران، ۱۹۹۹).

محمدیان و همکاران (۲۰۰۴) اثرات تنش آبی و کود پتاسیم را بر عملکرد ارقام ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که کاربرد پتاسیم تاثیرات مثبتی بر روی میزان محصول و کارآیی مصرف آب داشت، در حالتی که تنش خشکی در شرایط نرمال یا متوسط بوده است و همچنین بیان کردند که اگر میزان پتاسیم کاهش یابد، روزنه‌ها به طور مطلوب به وظایف خود عمل نمی‌کنند و فرآیند فتوسنتز را مختل کرده و میزان نسبی آب بافت را بر هم می‌زند.

۲-۸-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر گیاهان زراعی

استفاده کارآمد از انرژی نور خورشید توسط گیاه مستلزم جذب حداکثر تابش توسط بافت‌های سبز است. کارایی برگها از نظر استفاده از نور خورشید و مدت زمانی که گیاه می‌تواند این کارایی را حفظ نماید، ازجمله عواملی هستند که بر تجمع ماده خشک نهایی گیاه اثرمی‌گذارند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۲). بوگارد و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که برگ‌زدایی گل کلم ۴۳روز بعد از کاشت به میزان ۶۵ تا ۷۰ درصد، سبب کاهش جزئی سطح برگ نهایی و وزن خشک گیاه شد به صورتی که وزن خشک گیاهان برگ‌زدایی شده بین ۷۵ تا ۹۰ درصد گیاهان شاهد بود. دراین آزمایش نسبت سطح برگ بعد از برگ‌زدایی بطور چشمگیری کاهش یافت اما در مراحل بعد و در طی فصل رشد نسبت سطح برگ در گیاهان برگ‌زدایی شده بیشتر از گیاهان شاهد شد. افزایش نسبت سطح برگ به دلیل بالاتر بودن سطح ویژه برگ و نسبت بالاتر اختصاص مواد به برگها می‌باشد. استرهلد (۱۹۹۲) نیز نشان داد در گل کلم پس از برگ‌زدایی تعادل مجددی بین سطح برگ و وزن گیاه ایجاد شد که دلیل متعادل شدن این نسبت پس از برگ‌زدایی را به تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به برگها و افزایش سطح ویژه برگ مربوط دانست. بورد (۲۰۰۴) در مطالعه برگ‌زدایی بر روی سویا دریافتند، شاخص سطح برگ در تیمار حذف یک سوم برگ‌ها در مرحله میانی پر شدن دانه، ۴۱ درصد و در تیمار دو سوم حذف برگ ۵۶ درصد کاهش یافت. کاهش سطح برگ به میزان ۴۱ درصد موجب ۷ درصد کاهش ۹۲/۱ درصدی جذب نور شد و عملکرد ۷/۶ کاهش یافت. زو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که برگ‌زدایی گندم در اواسط مرحله پنجه‌زنی بطور معنی‌داری نسبت سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش داد.

خان و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای بر روی خردل نشان دادند که برگ‌زدایی بخش نیمه فوقانی و یا نیمه تحتانی گیاه در ۴۰ روز بعد از کشت، تعداد، سطح، ماده خشک برگ و نیز وزن خشک گیاه را در گیاهان تحت تیمار برگ‌زدایی نسبت به شاهد کاهش داد. برگ‌زدایی سبب ظهور برگهای جدید در گیاه شد، با این وجود بعلت کوچکی برگهای جدید، این برگها قادر به جبران سطح برگ

کاهش یافته نبودند. کاهش سطح برگ با کاهش جذب نور باعث کاهش فتوسنتز کانوپی و مواد ذخیره ای برگ می‌شود.

مورو و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه‌ای بر روی چغندرقند گزارش کردند ۱۰۰ درصد برگ‌زدایی در مراحل مختلف رشد عملکرد غده را نسبت به تیمار شاهد بین ۲۲ تا ۳۴ درصد کاهش داد. یلشتی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند در آفتابگردان با افزایش سطح حذف برگ و نزدیک‌تر شدن برگ‌زدایی به مراحل گلدهی کاهش عملکرد دانه به دلیل کاهش سطح فتوسنتزی گیاه بیشتر خواهد شد.

پاسخ به حذف برگ در نخود بستگی به شدت و زمان حذف دارد. حذف برگ در زمان گلدهی و غلاف بندی در طول دورهٔ زایشی منجر به کاهش ۴۰ تا ۶۰ درصد عملکرد دانه شد. ولی حذف برگ در زمان غنچه دهی ۲۵ درصد عملکرد را کاهش داد. حذف کامل برگ منجر به کاهش ۹۰ درصد عملکرد گردید (پاندی، ۱۹۸۴).

۲-۹- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل در ذرت

به منظور دستیابی به بیشترین عملکرد دانه ذرت وجود سطح برگ کافی برای دریافت انرژی خورشید ضروری است (روی و بیسواز، ۱۹۹۲). به همین دلیل توجه به ویژگی‌های ساختار سایه انداز گیاهی به منظور ایجاد سایه اندازی که بتواند حداکثر نور لازم برای انجام فتوسنتز را دریافت و جذب کند یکی از اهداف عمده محققین به‌نژادی می‌باشد. به عنوان مثال، در پوشش‌های متراکم که رقابت برای آب، عناصر غذایی و مهمتر از همه نور وجود دارد، محققین به‌نژادی تلاش کرده‌اند ذرت‌هایی با برگ‌های افراشته ایجاد کنند (سینگ و نایر، ۱۹۷۵). برخی مطالعات نیز نشان داده است که دگرگونی مکانیکی ساختار گل‌تاجی پس از گرده‌افشانی به منظور نفوذ بهتر نور، منجر به افزایش عملکرد می شود (روی و بیسواز، ۱۹۹۲). شیوه‌های مختلف برگ‌چینی اثرات متفاوتی بر تجمع ماده خشک و عملکرد ذرت دارد. برگ چینی ممکن است باعث کاهش آهنگ تجمع ماده خشک در گیاه شود (فری، ۱۹۸۱). بدلیل ظرفیت فتوسنتزی زیاد در ذرت، ساقه میتواند منبع ذخیره مازاد تولید و منبع انتقال

کربوهیدارت‌های غیر ساختمانی در دوره پس از گلدهی باشد و نقش مهمی در پر کردن دانه-ها ایفا کند (روی و بیسواز، ۱۹۹۲). این ذخایر آهنگ روزانه پر شدن دانه را در برابر نوسانات کوتاه مدت فتوسنتز ثابت نگه می‌دارد (دانکن و هاتفیلد، ۱۹۶۵). تغییر در نسبت مبدا – مقصد فیزیولوژی در ذرت بارور نیز می‌تواند بشدت روی ذخایر ساقه پس از گلدهی تاثیر بگذارد (ادمیتز و لافیت، ۱۹۹۳).

کاهش سطح برگ گیاه در اثر برگ‌زدایی، از طریق کاهش ظرفیت فتوسنتزی بر رشد و تولید گیاه تاثیر می گذارد (مورو و همکاران، ۲۰۰۰). محصولات زراعی در معرض انواع گوناگونی از برگ زدایی قرار می‌گیرند. تگرگ، باد، خسارت آفات و بیماری‌ها، چرای دام، مدیریت نامناسب، علف کش‌ها و ماشین آلات کشاورزی از جمله مهمترین عواملی هستند که دراین امر موثر هستند (مورو و همکاران، ۱۹۹۸). جهت شبیه سازی خسارات وارده به برگ‌ها در اثر عوامل مختلف از روش برگ‌زدایی مصنوعی استفاده می‌شود (هیل و همکاران، ۱۹۹۸). اگرچه برگ‌زدایی طبیعی خسارت واقعی‌تری نسبت به برگ‌زدایی شبیه سازی شده ایجاد می‌کند، ولی تعیین سطح واقعی این نوع خسارتها بندرت امکان پذیراست، زیرا سطح برگ از بین رفته بسادگی قابل برآورد نمی‌باشد (بوگارد و همکاران، ۲۰۰۱). برگ زدایی علاوه بر این که ازطریق کاهش سطح فتوسنتز کننده و تغییر ساختار کانوپی، منجر به کاهش دریافت نور می‌شود (هیل و همکاران، ۱۹۹۸) برسرعت رشد نسبی (کروکستون و هیکس، ۱۹۷۸)، راندمان مصرف آب (ژاو و همکاران، ۲۰۰۴)، زمان رسیدگی محصول (هیل و همکاران، ۱۹۹۸)، وضعیت هورمون های گیاهی (میلفورد، ۱۹۷۳) و در نهایت عملکرد محصول نیز تاثیر می‌گذارد. استفاده کارآمد از انرژی نور خورشید توسط گیاه مستلزم جذب حداکثر تابش توسط بافتهای سبز گیاه می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۹۹۳) دگرگونی مکانیکی ساختار گل‌تاجی پس از گرده‌افشانی به منظور نفوذ بهتر نور، منجر به افزایش عملکرد می‌شود (دانگن و هاتفیلد، ۱۹۶۵). شیوه‌های مختلف برگ‌چینی اثرات متفاوتی برتجمع ماده خشک و عملکرد ذرت دارد. برگ‌چینی ممکن است باعث کاهش تجمع ماده خشک شود (تومیتاکا، ۱۹۸۳).

۲-۱۰- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد ذرت

برگ‌زدایی از طریق کاهش فتوسنتز به صورت غیر مستقیم باعث کاهش عملکرد شده و در مواردی که عملکرد اقتصادی، اندامهای هوایی گیاه مد نظر باشد مستقیماً عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی برگ‌زدایی کلیه فرآیندهای رشد و نمو و در نتیجه اندامهای هوایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعات متعددی مشاهده شده است که ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، جذب نور، فتوسنتز، وزن خشک اندامهای هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر سوء برگ‌زدایی قرار گرفته اند (موریوندو و همکاران، ۲۰۰۳).

عملکرد دانه رابطهٔ مستقیم و منفی با تعداد برگ حذف شده دارد. حداکثر کاهش عملکرد از قطع تمام برگ‌ها در ضمن چند روز بعد از گلدهی به دست می‌آید. قطع سه برگ بالای گیاه بر کل مادهٔ خشک دانه اثر دارد (امام، ۱۳۷۶). قطع نصف برگ بلال ۱۵ روز بعد از کاکل دهی اختلافی در وزن تک دانه بوجود نمی‌آورد و در مدت ۵ تا ۱۵ روز بعد از کاکل دهی باعث کاهش وزن تک دانه می‌شود (کینیری، ۱۹۹۰)

قطع برگ و تاسل، عملکرد و تعداد دانه را کاهش می‌دهد. گل تاجی ذرت که بعد از گرده افشانی اندامی زاید است، ۲۰ تا ۴۰ درصد تابش برخورد کرده به پوشش گیاهی در تراکم‌های بالا را جذب کرده و باعث کاهش تابش موجود در برگ‌ها می‌شود (دانگن و هاتفیلد، ۱۹۶۵).

قطع گل تاجی دو روز بعد از کاکل دهی عملکرد دانه ۷/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که ناشی از افزایش وزن دانه بود. هنگامی که قطع برگ ابتدای رشد دانه انجام شود کاهش عملکرد ناشی از تعداد دانه است (تومیتاکا،۱۹۸۳).

حذف گل آذین نر و برگ‌زدایی در تراکم و تاریخ‌های مختلف بر عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ نشان داد که حذف مقادیری از برگ‌ها، تأثیری بر عملکرد دانه در زمان برداشت ندارد. تعداد بلال و تعداد ردیف روی بلال تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت، ولی زمان قطع برگ بر تعداد دانه روی ردیف مؤثر بود (آلیسون، ۱۹۹۵). ساقه و برگ‌ها منبع مواد پرورده برای مخازن بالغ،

رشد چوب بلال و گل تاجی است. در طی دورهٔ پر شدن دانه، مبدأ اصلی مواد غذایی، برگ‌ها و ساقه هستند. پوست و چوب بلال، تاسل و دانه‌ها مخازن اصلی به حساب می‌آیند. همچنین قطع برگ‌های حذف شده، علوفه‌ای به میزان ۲ تن در هکتار تولید کرد (ویدالو، ۱۹۸۷).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان، موقعیت جغرافیایی و اقلیمی محل اجرای آزمایش

این آزمایش به منظور مطالعه سطوح مختلف کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در محل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در منطقه بسطام اجرا شد.

شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا حدودا ۱۳۴۹ متر است و در شمال استان سمنان قرار دارد.

براساس تقسیم بندی‌های اقلیمی این منطقه دارای اقلیم سرد و خشک است. متوسط بارندگی سالانه تقریبا بین ۱۵۰-۱۶۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتا در فصل بهار و پاییز رخ می‌دهد. میانگین دمای سالانه توسط ایستگاه هواشناسی شاهرود ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. میانگین درجه حرارت در سال آزمایش ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی ۱۳۰-۱۲۸ میلی‌متر گزارش شد.

۳-۲- مشخصات خاک مورد آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتا پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در برگیرنده کل نمونه‌ها بود به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر های اندازه گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی($Ec\times 10^3$)	۸/۰۹	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع(pH of pasta)	۷/۸۹	-
درصد مواد خنثی شونده(T.N.V.)	۲۷	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۷۹	درصد
ازت کل(Total N)	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب(P (ava	۱۴	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب (K (ava	۱۴۳	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	۲۲	درصد
لای (Silt)	۴۴	درصد
شن (Sand)	۳۲	درصد
درصد رطوبت	۱/۵	درصد
نسبت جذب سدیم[1] (SAR)	۴/۱	-
مجموعه کاتیون‌ها	۸۱/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na^+	۲۲/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Mg^{2+}	۲۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Ca^{2+}	۳۳	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۸۰/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
So_4^{2-}	۲۸/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl^-	۴۷/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Hco^{3-}	۴/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Co^{3-}	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر

[1]Sodium Absorption Ratio

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت بود و در مجموع تعداد کرت‌ها ۴۸ عدد بود. هر کرت آزمایشی از ۴ ردیف ۶ متری به فواصل ۷۰ سانتیمتر از یکدیگر تشکیل گردید و فاصله بذور ۲۰سانتیمتر در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی شامل:

تیمار کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در سه سطح : A_1، A_2 و A_3 به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کشت، تنش خشکی در دو سطح : آبیاری کامل (B_1) و قطع آبیاری از آغاز زرد شدن پوشش بلال تا انتهای دوره رشد (B_2) و برگ‌زدایی و حذف تاسل در دو سطح : عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل (C_1) و برگ‌زدایی و حذف تاسل یک هفته بعد از گرده افشانی(C_2). نقشه کشت در شکل (۳-۱) مشاهده می گردد.

A1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3
B1	B1	B2	B2	B1	B1	B2	B2	B1	B1	B2	B2
C0	C1	C0	C1	C0	C1	C0	C1	C0	C1	C0	C1

A1	A2	A1	A1	A2	A2	A1	A3	A3	A2	A3	A3
B2	B2	B2	B1	B1	B1	B1	B2	B1	B2	B1	B2
C0	C0	C1	C0	C1	C0	C1	C0	C1	C1	C0	C1

A1	A3	A3	A1	A3	A1	A2	A2	A2	A2	A1	A3
B2	B1	B1	B1	B2	B1	B1	B2	B2	B1	B2	B2
C0	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1	C0	C0	C1	C0

A1	A1	A2	A1	A3	A2	A2	A3	A2	A3	A3	A1
B2	B1	B2	B2	B2	B2	B1	B1	B1	B1	B2	B1
C1	C0	C0	C0	C0	C1	C0	C1	C1	C0	C1	C1

شکل۳-۱- نقشه کشت

۳-۴- مشخصات مواد آزمایشی

بذر مورد استفاده در این آزمایش از رقم دابل کراس ۳۷۰ بود که از بخش تحقیقات ذرت مرکز تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. کود پتاسیم مورد استفاده در این آزمایش از جهاد کشاورزی شاهرود تهیه شد.

۳-۵- عملیات اجرایی

۳-۵-۱- آماده سازی بستر

مزرعه مورد مطالعه در پاییز سال قبل شخم عمیق زده شد و انجام عملیات تهیه بستر تکمیلی در اواخر فروردین به وسیله دیسک و ماله انجام گرفت. پشته‌هایی به فواصل ۷۰ سانتی‌متر توسط فاروئر ایجاد گردید و سپس اندازه کرت‌ها در آن مشخص شد. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری تیمارها با یکدیگر بین دو تیمار یک خط نکاشت در نظر گرفته شد و تیمارها به صورت تصادفی اعمال گردید.

۳-۵-۲- کاشت بذر

کاشت در تاریخ ۸۹/۳/۵ انجام شد. کاشت به صورت ردیفی و به صورت دستی در عمق ۵ سانتی‌متری انجام گرفت. در هر محل کاشت ۳ بذر ذرت قرار داده شد و در مرحله ۴ برگی عملیات تنک صورت گرفت.

۳-۵-۳- عملیات داشت

الف- آبیاری: اولین آبیاری در تاریخ ۸۹/۳/۶ به صورت نشتی انجام شد به نحوی که پشته‌ها کاملا نم کشیده و تیره شد. در طول فصل زراعی آبیاری به طور منظم هر ۷ روز یکبار انجام شد.

ب- وجین علف‌های هرز : در طول فصل زراعی عملیات وجین سه بار به صورت دستی انجام گرفت.

ج- کودهای سرک : کودهای سرک شامل کودهای اوره و سوپر فسفات تریپل بود. اولین بار در مرحله ۷ برگی ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریبل مصرف شد و دومین بار میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت به گیاه داده شد.

۳-۵-۴- نمونه‌برداری و برداشت نهایی

اولین نمونه‌برداری در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۲۶ و هر ۱۰ روز یکبار تا پایان فصل رشد گیاه صورت گرفت. نمونه برداری بدین صورت بود که از ۴ ردیف کاشت در هر کرت، دو ردیف کناری و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف و سپس ۲ بوته که معرف خصوصیات کرت مورد نظر باشد انتخاب شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه قسمت‌های مختلف گیاه شامل، برگ، ساقه، تاسل و بلال جدا شده و به مدت سه روز در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و پس از اعمال زمان لازم، کیسه‌ها به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در هوای آزاد آزمایشگاه قرار گرفتند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و وزن خشک آنها تعیین شد. اندازه‌گیری سطح برگ با توجه به ارتباط سطح و وزن برگ محاسبه گردید. برداشت نهایی در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۳۰ صورت گرفت. در زمان برداشت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دو ردیف میانی ۶ بوته جهت تعیین عملکرد برداشت شد. صفات زراعی شامل ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک بلال، عملکرد و اجزای عملکرد و.... اندازه‌گیری شد.

۳-۶- اندازه گیری درصد پتاسیم

۳-۶-۱-آماده سازی نمونه گیاهی با روش خاکستر خشک

نمونه‌ها ابتدا با آب معمولی سپس بااسید هیدرو کلریک ۰/۱ مول و مجددا با آب مقطر شستشو گردید. نمونه گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد سپس ۲ گرم از نمونه گیاهی خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در بوته چینی ریخته و در کوره تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت حرارت داده و خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس کرده و ۱۰میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مول اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات محتویات بوته از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه ۱۰۰میلی لیتری صاف شد. عصاره نهایی با آب مقطر به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانده شد (غازانشاهی، ۱۳۷۶).

۳-۶-۲-اندازه گیری پتاسیم به روش نشر شعله‌ای

محلول حاصل از عصاره گیری را به نسبت ۹+۱ با کلرور سدیم رقیق کرده و جذب را با دستگاه فلیم فوتومتر مدل ترمو الکترون ساخت کشور امریکا و در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر قرائت گردید (غازانشاهی، ۱۳۷۶).

۳-۷- اندازه گیری درصد پروتئین

آزمایش اندازه گیری پروتئین شامل ۳ مرحله است. مرحله هضم، مرحله تقطیر و مرحله تیتراسیون:

۳-۷-۱-مرحله اول : هضم ماده غذایی

در این مرحله ابتدا یک گرم از نمونه گیاهی را وزن کرده و داخل بالن کجلدال ریخته شد. سپس ۷ گرم از سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس بعنوان کاتالیزور وزن شد و به نمونه داخل بالن اضافه گردید. سپس با اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ کامل گردید. بعد از آن درب بالن را بوسیله حباب جمع آوری گاز و قیف مخصوص آن که محتوی مقدار معینی سود ۵۰٪ بود پوشانده شد. ترکیب حاصله برای حرارت دادن آماده شد. مجموعه را روی هیتر قرار داده و حرارت داده شد تا نمونه بطور کامل هضم گردید. محتویات داخل بالن در گوشه‌ای قرار گرفت تا سرد شود. در این هنگام حدود ۳۰۰ سی سی آب مقطر به محلول حاصل از هضم داخل بالن اضافه شد. در این حالت رنگ محلول حاصل تقریباً سبز کمرنگ بود.

۳-۷-۲-مرحله دوم : مرحله تقطیر

در این مرحله از دستگاه نیمه اتوماتیک کجلدال مدل Gerhard شش کاناله ساخت شرکت WPI20S برای مرحله تقطیر استفاده شد. حداقل ۷۵ سی سی سود ۵٪ از طریق قیف به محتویات داخل بالن به آرامی اضافه شد. رنگ محلول بعد از اضافه شدن سود از آبی تا سیاه متغیر شد. در طرف دیگر دستگاه داخل ارلن ۳۰۰ میلی لیتری ۵۰ سی سی اسید بوریک ۲٪ تهیه گردید و چند قطره متیل رد بعنوان نشانگر به آن اضافه شد و زیر قطره چکان قرار گرفت بطوری که نوک قطره چکان داخل محلول قرار گرفت. شیر آب مبرد را باز نموده و شعله هیتر را روشن و محلول به مرحله جوش رسید در این مرحله رنگ محلول کاملاً سیاه شد. در این مرحله باید شعله را طوری تنظیم کرد که محلول به آرامی بجوشد در غیر این صورت اگر سرعت جوشیده محلول بیشتر باشد سرعت تولید گاز آمونیاک از سرعت میعان شدن آن بیشتر می‌شود در نتیجه فشار گاز در دستگاه بالا می رود و این باعث انفجار در دستگاه می‌شود.

تقطیر را تا زمانی که حجم محلول داخل ارلن به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر برسد ادامه داده شد. بعد از آن بطور یقین تمام آمونیاک موجود در نمونه استخراج شده و بصورت مایع وارد اسید بوریک موجود در ارلن شد و با آن ترکیب شده و بورات آمونیوم بوجود آمد.

در اتمام کار نکته‌ای که باید حتماً مد نظر قرار می‌گرفت طریقه جداسازی دستگاه بود. با توجه به اینکه موقع حرارت دادن در سیستم خلاء بوجود می‌آید و فشار منفی در دستگاه حاکم است در نتیجه موقع جداسازی دستگاه هیچگاه ابتدا شعله قطع نشد درغیر اینصورت در اثر فشار منفی موجود در دستگاه تمامی محلول تقطیر شده داخل بالن به یکباره مکش شده و دوباره وارد بالن می‌شود. برای جداسازی دستگاه ابتدا باید بالن را از طرف دیگر دستگاه جدا کرده و سپس شعله خاموش شود.

۳-۷-۳-مرحله سوم : مرحله تیتراسیون

در این مرحله بورات آمونیوم موجود در ارلن با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. بدین صورت که بالن روی هات پلیت و یک عدد مگنت داخل آن نیز قرار داده شد سپس محلول را که برنگ زرد بود تا بوجود آمدن رنگ ارغوانی با اسید یاد شده تیتر شد (قورچی، ۱۳۷۴). حجم اسید مصرف شده را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار گرفت سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین در گیاه ذرت که ۵/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین بدست آمد (وست و همکاران، ۱۹۹۱).

درصد نیتروژن =(A × ۰/۱۴) / وزن نمونه (گرم) (۲-۳)

A= حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

درصد پروتئین = درصد نیتروژن × فاکتور پروتئینی (۳-۳)

۳-۸- برآورد شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد

۳-۸-۱- شاخص سطح برگ (LAI[1])

مجموع سطح برگ یک بوته به ازای واحد سطح زمین اشغال شده توسط آن بوته را شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) گویند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۱). LAI در تعیین درصد تابش خورشیدی جذب شده به وسیله هر گیاه مهم است و بنابراین رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸). اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در طول رشد گیاه به صورت تقریبی انجام شد و سطح برگ ۲ بوته از هر کرت آزمایش در دو ردیف وسط در مراحل رشد اندازه‌گیری شد.

$$LAI = LA / GA \qquad (۴-۳)$$

LA : سطح برگ گیاه

GA : سطح زمین

۳-۸-۲- سرعت رشد گیاه (CGR[2])

با معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی سرعت رشد گیاه (CGR)، است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح خاک می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸). در هر ۱۰ روز یکبار نمونه‌برداری، ۲ بوته ذرت به صورت تصادفی و با حذف حاشیه‌ها، از خطوط میانی واحدهای آزمایشی برداشت شد و در آون قرار داده شد و با داشتن وزن خشک آنها با استفاده از رابطه ذکر شده سرعت رشد گیاه محاسبه گردید.

$$CGR= (W_2- W_1) / GA (t_2 – t_1) \qquad (۵-۳)$$

W_1: وزن خشک در نمونه‌برداری اول

W_2:وزن خشک گیاه در نمونه‌برداری دوم

[1]Leaf Area Index
[2]Crop Growth Rate

t_2-t_1: فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری

GA :مساحت زمین

۳-۸-۳- سرعت رشد نسبی (RGR[1])

سرعت رشد نسبی بیان کنندهٔ وزن خشک اضافه شده به وزن اولیه در یک فاصلهٔ زمانی معین است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۸). گزارشات متعددی نشان داده است که سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد در اثر سایه اندازی و افزایش سن برگ‌ها کاهش می‌یابد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷).

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / t_2 - t_1 \qquad (۶-۳)$$

۳-۸-۴- سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR[2])

سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را سرعت جذب خالص نامند، که معمولاً به‌صورت گرم در مترمربع (سطح برگ) در روز بیان می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۸).

$$NAR = CGR / LAI \qquad (۷-۳)$$

CGR : سرعت رشد محصول

LAI : شاخص سطح برگ

۳-۸-۵- کل ماده خشک(TDM[3])

وزن خشک کل بیانگر بیوماس گیاه به صورت خشک می‌باشد. تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی از روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند. به طوریکه در مراحل اولیه رشد تجمع ماده خشک به صورت بطئی و کند و پس از ورود گیاه به مرحله زایشی به صورت خطی افزایش یافته و نهایتا با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایشی تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (دیپنبروک، ۲۰۰۰).

[1]Relative Growth Rate
[2]Net Assimilation Rate
[3]Total dry matter

۳-۹- محاسبات آماری

در پایان فصل رشد کلیه داده‌های به دست آمده از آزمایش توسط نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سپس مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شدند.

فصل چهارم

نتایج و بحث

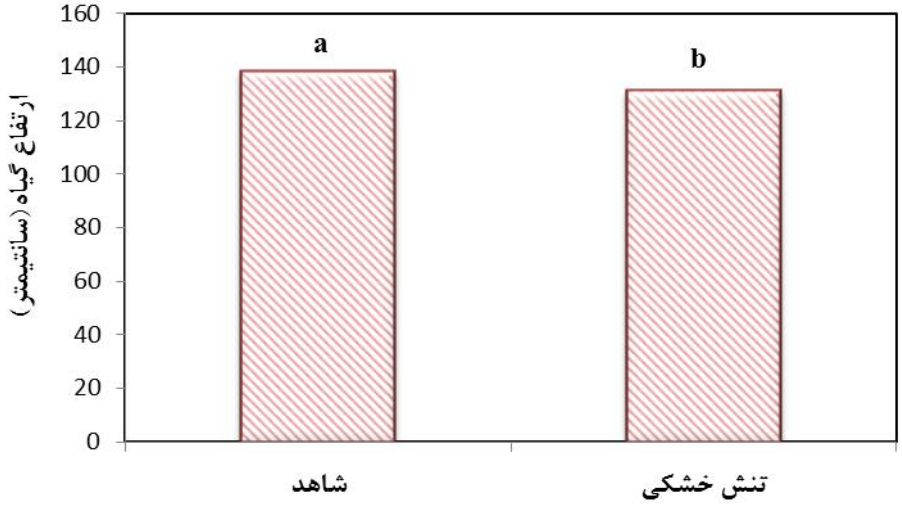
۴-۱- ارتفاع گیاه

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۱) تیمار کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت. اثر تنش خشکی بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دار شد. ارتفاع بوته نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است که به طور قابل توجهی در اثر تنش کم‌آبی در مراحل طویل شدن کاهش می‌یابد (گومز و همکاران، ۲۰۰۰). به طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد و به میزان ۱۳۸/۳۹ سانتی متر بود و با اعمال تیمار تنش ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۴-۱). این نکته بیانگر آن است که در تیمار شاهد گیاه در شرایط مطلوب رطوبتی قرار داشته و ایجاد فشار تورگر مطلوب در سلول زمینه لازم برای افزایش تعداد و اندازه‌ی سلول و در نتیجه رشد فراهم شده است.

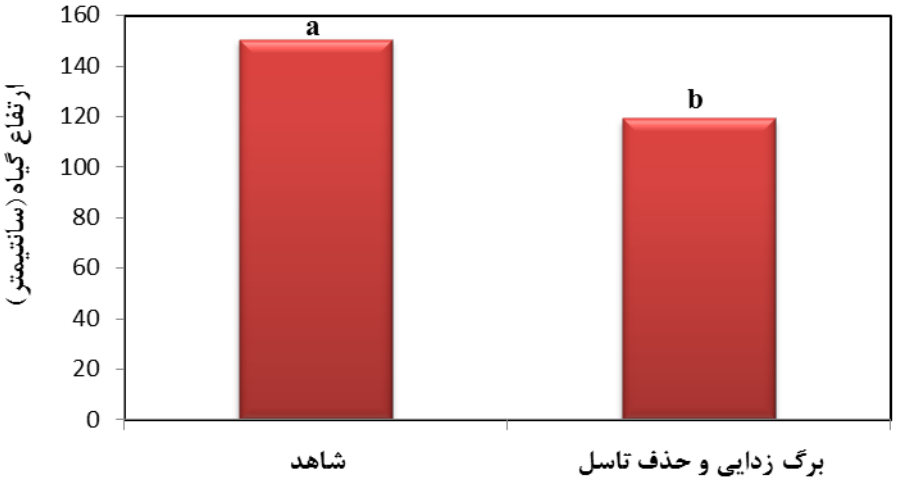
کرناک و جنکوگان (۲۰۰۳) گزارش کردند که تنش رطوبتی و کاهش مصرف آب در ذرت باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ و وزن ماده خشک می‌شود.

برادران (۱۳۸۵) در بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا به این نتیجه رسید که تنش خشکی موجب کاهش شدید ارتفاع بوته شد. همچنین دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که، اعمال تنش خشکی در دوره رشد زایشی (ساقه‌دهی به بعد) کلزا موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد.

ارتفاع بوته تحت تاثیر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت. در مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که گیاه شاهد نسبت به گیاه برگ‌زدایی شده از ارتفاع بیشتری برخوردار است. در گیاهانی که تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل اعمال شده است عملا قسمتی از اندام هوایی گیاه (۳ برگ فوقانی و تاسل) حذف شده و این دلیل کاهش ارتفاع در این گیاهان نسبت به تیمار شاهد بود.کاهش ارتفاع در اثر قطع برگ احتمالا به علت کاهش سطح فتوسنتزی گیاه می‌باشد که باعث کاهش رشد گیاه شد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۱- تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع گیاه



شکل۴-۲- اثر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع گیاه

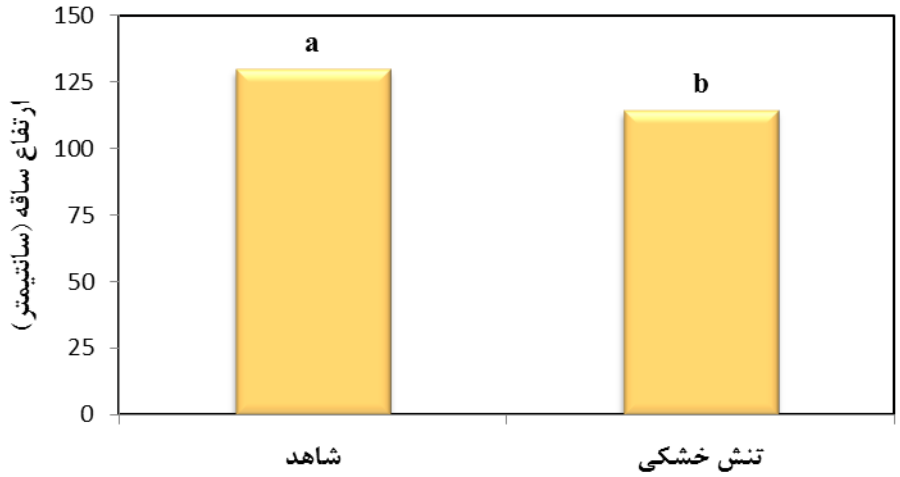
۴-۲- ارتفاع ساقه

کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه ذرت نداشت (جدول ضمیمه ۱). ارتفاع ساقه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت به طوری که گیاهانی که تحت شرایط تنش خشکی بودند ارتفاع ساقه آنها ۱۱ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش یافت (شکل ۴-۳). تغییرات ارتفاع گیاه، معمولاً بارزترین تغییر ناشی از شرایط رشد در اغلب گیاهان زراعی می‌باشد. ارتفاع گیاه تحت تاثیر رطوبت موجود در محیط قرار می‌گیرد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷).

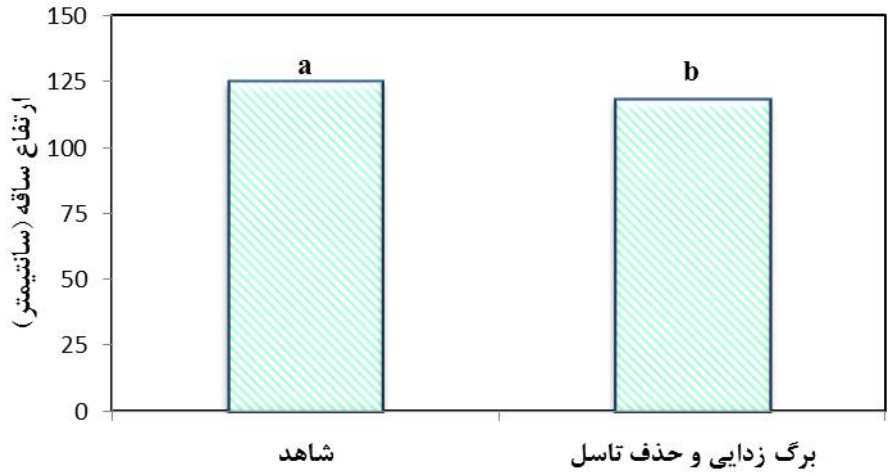
یکی از اثرات سوء کمبود آب، کاهش توسعه سلول از طریق نقصان در آماس سلول است که این امر سبب کاهش طویل شدن ساقه، برگ و کاهش فتوسنتز میگردد و بنابراین تنش کم‌آبی سبب کاهش ارتفاع ساقه اصلی می‌شود (موس و دانوی، ۱۹۷۱).

تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه ذرت معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۱). گیاهانی که تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل در آنها اعمال شده بود به دلیل حذف قسمتی از اندام هوایی خود از ارتفاع کمتری نسبت به گیاهان شاهد برخوردار بودند و در نتیجه برگ‌زدایی سطح فتوسنتزی گیاه کاهش پیدا کرده که به دنبال آن رشد نیز کاهش یافته است (شکل ۴-۴).

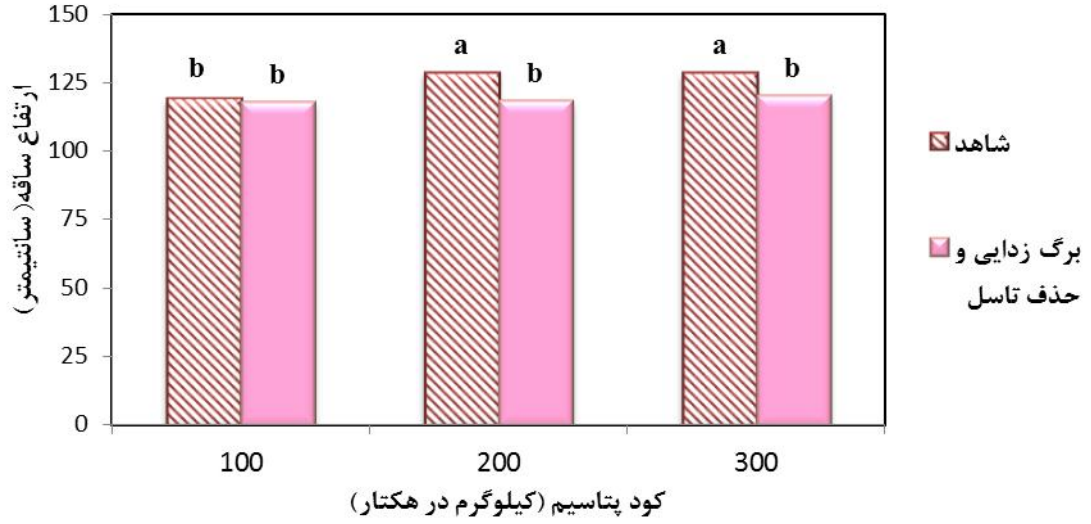
صفت ارتفاع ساقه تحت تاثیر اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت به طوری که بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و کمترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بود. این نتایج حاکی از رشد رویشی بیشتر در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بود (شکل ۴-۵). اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه معنی‌دار شد. در تیمار عدم برگ‌زدایی و عدم تنش خشکی بیشترین ارتفاع ساقه بدست آمد (شکل ۴-۶).



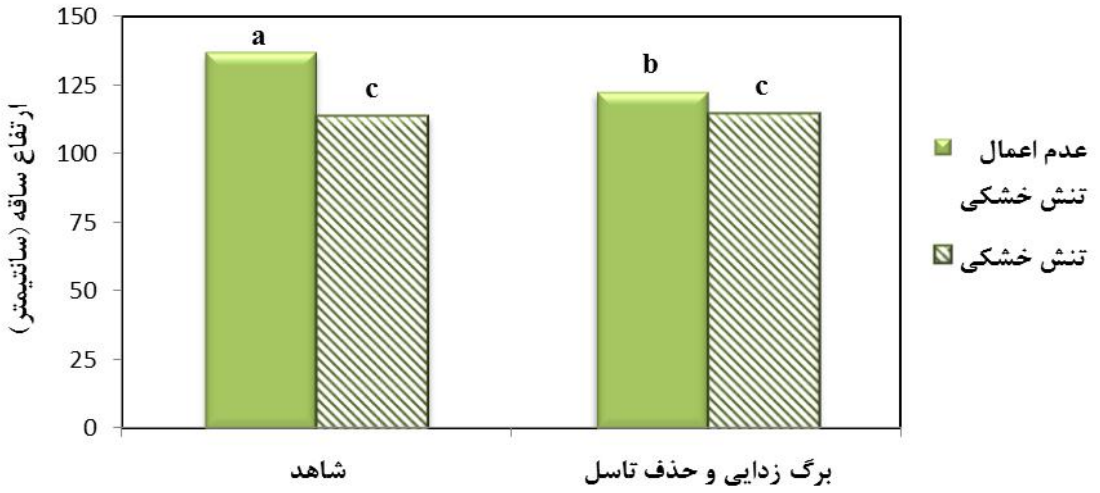
شکل ۴-۳- تاثیر تنش خشکی بر ارتفاع ساقه



شکل۴-۴-تأثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه



شکل ۴-۵- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه



شکل ۴-۶- اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر ارتفاع ساقه

۴-۳- وزن خشک برگ

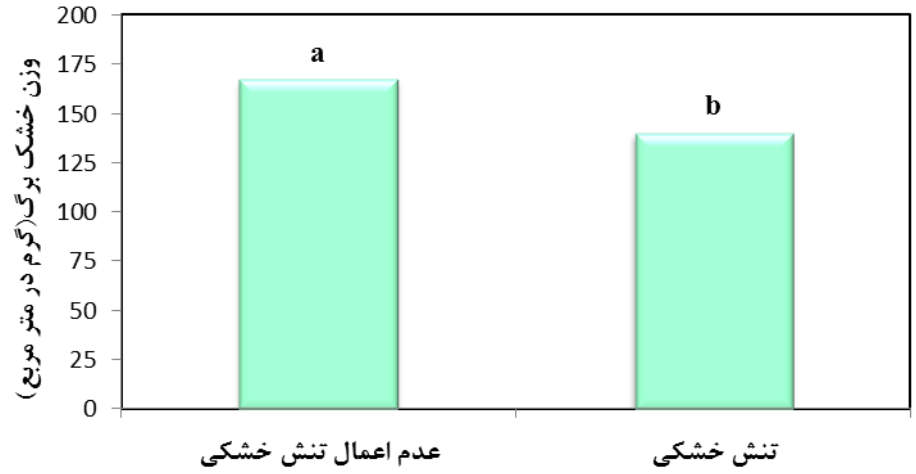
وزن خشک برگ شاخصی از میزان رشد رویشی است و این شاخص زودتر از دیگر قسمتهای گیاه تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود پتاسیم بر وزن خشک برگ معنی‌دار نمی‌باشد. البته نقش سولفات پتاسیم در افزایش وزن برگ در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی بهتر از شرایط کمبود آب بود.

وزن خشک برگ تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ضمیمه ۱) و اعمال تنش خشکی در گیاهان سبب کاهش ۱۶ درصدی وزن خشک برگ نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل۴-۷). تنش با هر شدتی که در مرحله‌ی رشد اتفاق بیافتد باعث کاهش سطح برگ می‌شود، لذا با کاهش سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی می‌توان کاهش در وزن خشک برگ را انتظار داشت. از طرف دیگر، کاهش وزن خشک برگ در شرایط تنش کم‌آبی را می توان به پیری زودرس برگها، ترشح هورمون پیری خصوصا ABA و خود تخریبی برگها نسبت داد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸). در کل می‌توان نتیجه گرفت که تنش با هر شدتی اتفاق بیافتد موجب کاهش وزن خشک خواهد شد.

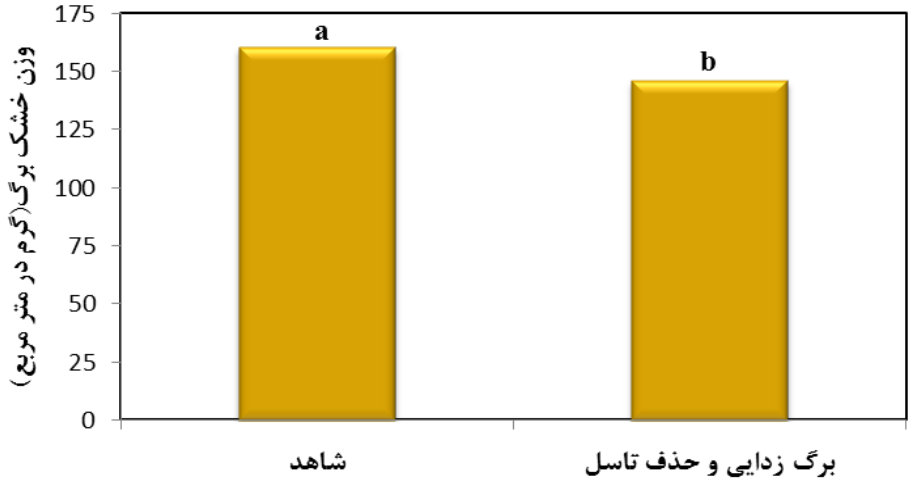
اثر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک برگ معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۱) به طوری که بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار شاهد و کمترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل بود (شکل ۴- ۸). اعمال تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل سبب حذف بخشی از اندام‌های هوایی که شامل ۳ برگ فوقانی و تاسل است، می‌شود که به طبع آن وزن خشک برگ کاهش می‌یابد. شیوه‌های مختلف برگ چینی اثرات متفاوتی بر تجمع ماده خشک و عملکرد ذرت دارد. برگ چینی ممکن است باعث کاهش تجمع ماده خشک شود (تومیتاکا، ۱۹۸۳). از آنجایی که پس از کامل شدن پوشش گیاهی، تولید ماده خشک ارتباط مستقیمی با میزان نور دریافتی دارد بنظر می‌رسد افزایش شدت برگ‌زدایی سبب کاهش میزان نور دریافتی و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک شده و بر توانایی گیاه در ترمیم اندامهای هوایی تاثیر منفی گذاشته بطوری که گیاه قادر به جبران سطح برگ کاهش یافته نبود. بوگارد و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند که برگ‌زدایی خردل ۴۰ روز بعد ازکاشت تعداد، سطح، ماده خشک برگ و زیست توده گیاه را در تیمار برگ‌زدایی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون برگ زدایی) کاهش داد.

اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل نیز بر وزن خشک برگ معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۱). بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و کمترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل حاصل شد (شکل ۴-۹).

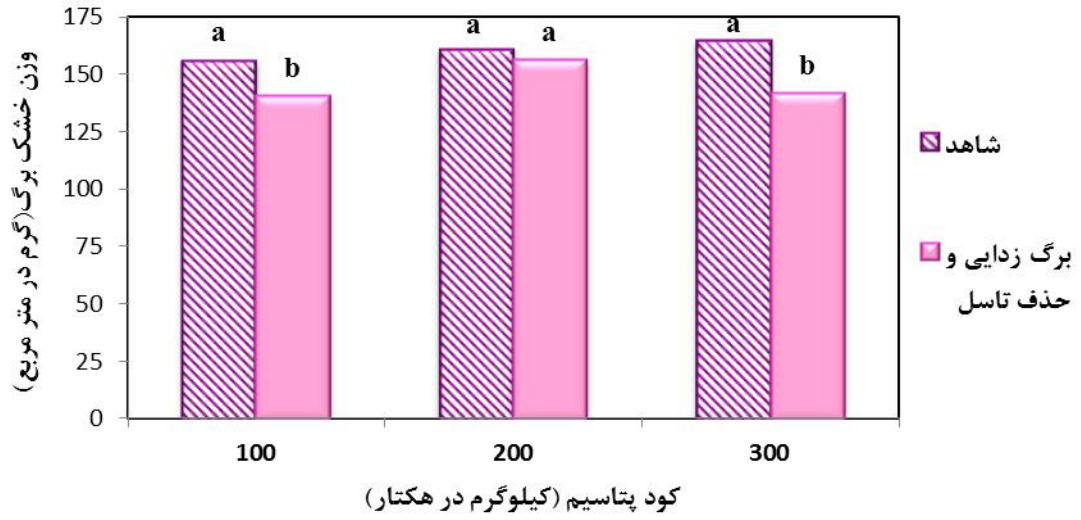
با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی اکسیدکربن به دلیل کارکرد مطلوب روزنه‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین ترتیب تولید کربوهیدرات در برگها افزایش می یابد و این امر باعث افزایش در وزن خشک برگ می‌شود (خلدبرین واسلام‌زاده، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۷- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک برگ



شکل ۴-۸- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک برگ



شکل ۴-۹- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک برگ

۴-۴-وزن خشک ساقه

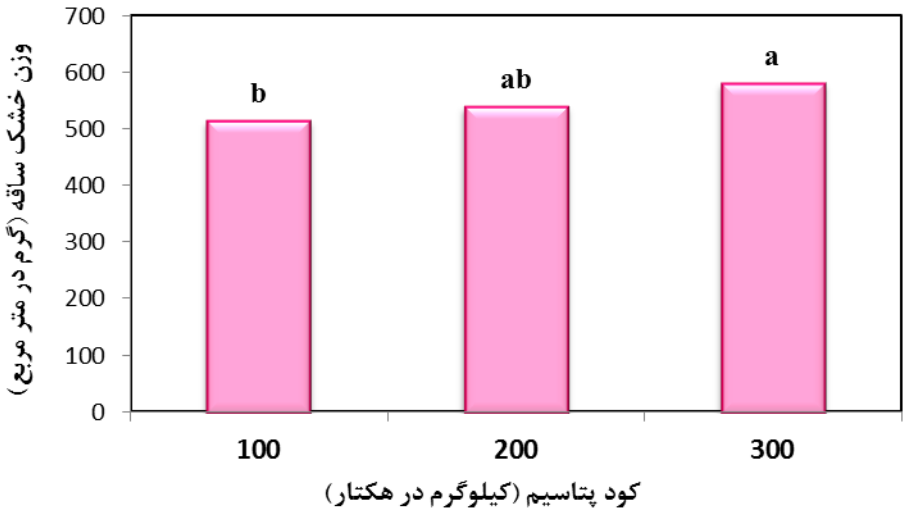
کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه داشت (جدول ضمیمه ۱) به طوری‌که بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴-۱۰). پتاسیم باعث بهبود کیفیت محصول می‌شود و برای تشکیل ساقه مقاوم در غلات ضروری می‌باشد (حق پرست،۱۳۷۱).

وزن خشک ساقه تحت تاثیر تیمار تنش خشکی قرار گرفت و وزن خشک ساقه در شرایط تنش خشکی کاهش ۲۱ درصدی نسبت به شاهد داشت (شکل ۴-۱۱). وزن خشک ساقه نیز با گذشت زمان و دریافت درجه روزهای رشد، افزایش یافت، بطوری که در هر دو تیمار تنش و بدون تنش، وزن خشک ساقه تا مرحله پر شدن دانه‌ها افزایش یافته و پس از آن احتمالاً به دلیل انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه به غلاف‌ها و دانه‌های در حال رشد، و اعمال تنش خشکی کاهش یافت.

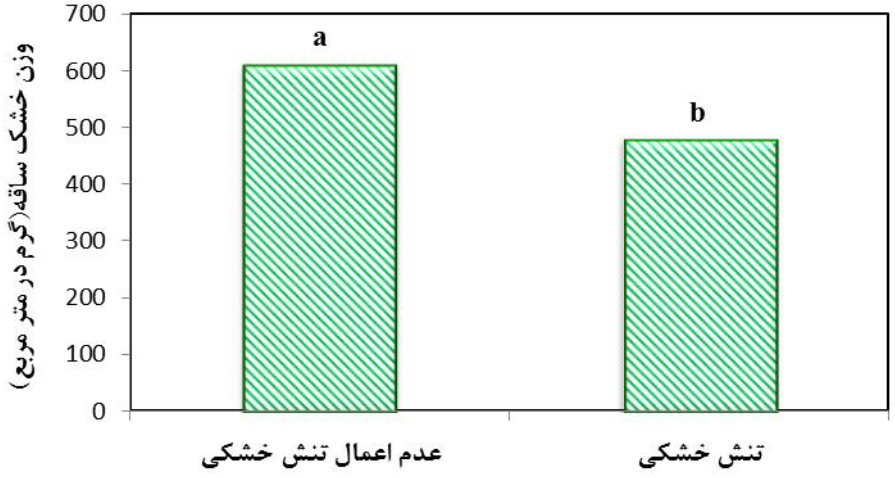
غفاری‌پور (۲۰۰۵) گزارش کرد که در آبیاری کامل وزن خشک ساقه و برگ به ترتیب ۲۴۸ و ۱۳۰ گرم بر متر مربع بوده در حالی که تیمارهای تحت تنش کمبود آب وزن خشک ساقه و برگ به ترتیب ۱۲۷ و ۸۶ گرم بر متر مربع بود. لاهلو و گواتار (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که تنش کمبود آب

باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک ساقه و برگ در گیاه سیب زمینی می‌شود. حلاجی (۲۰۰۵) بیشترین وزن خشک ساقه را در تیمار شاهد و کمترین آن را در تیمار اعمال تنش کمبود آب در مرحله ۱۰ برگی گزارش نمود.

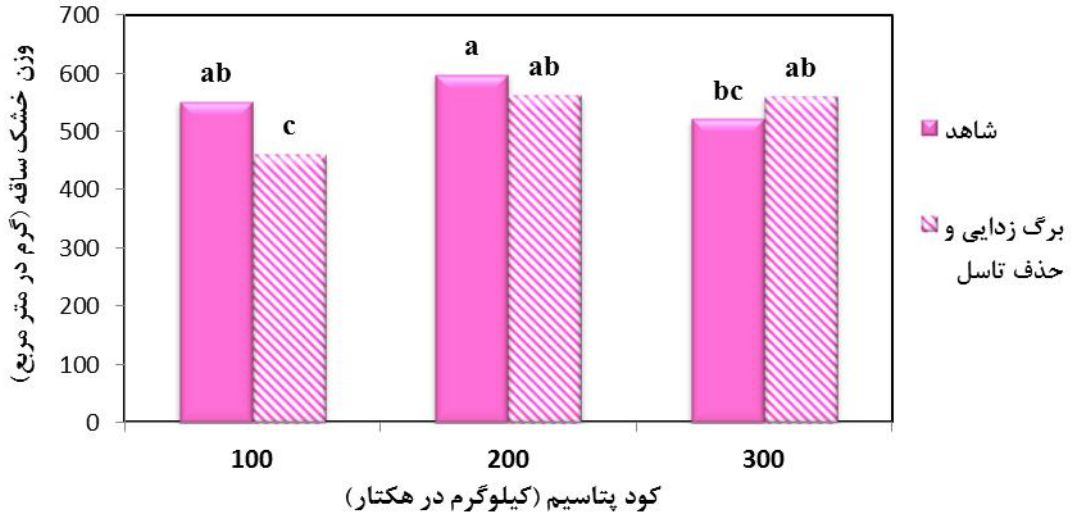
اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک ساقه معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۱). بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل بود (شکل ۴-۱۲). در تمامی مراحل رشد گیاه، بیشترین رشد رویشی مربوط به تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و زمانی که تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل اعمال شد بیشرین کاهش وزن خشک نیز مربوط به همین تیمار کودی بود.



شکل ۴-۱۰- تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک ساقه



شکل ۴-۱۱- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک ساقه



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک ساقه

۴-۵- وزن خشک بلال

وزن خشک بلال به طور معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱ درصد تحت تاثیر کود پتاسیم قرار گرفت (جدول ضمیمه ۱). به طوری که بیشترین وزن خشک بلال از تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۴-۱۳). با افزایش غلظت پتاسیم در محیط ریشهٔ گیاه از طریق مصرف

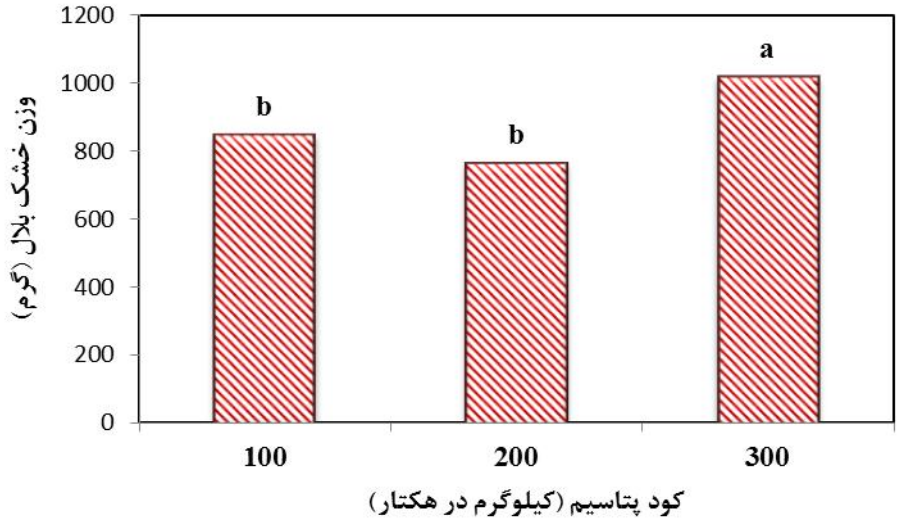
کودهای پتاسیمی، می‌توان تا اندازه‌ای میزان پتاسیم اندام‌های گوناگون به جزء دانه‌ها که میزان پتاسیم خود را نسبتا پایدار و در اندازهٔ حدود ۰/۳ درصد وزن خشک نگهداری می‌کنند را افزایش داد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

اثر تنش خشکی بر وزن خشک بلال معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۱). به گونه‌ای که بیشترین وزن خشک بلال در شرایط عدم تنش خشکی و کمترین آن در شرایط تنش خشکی حاصل شد (شکل ۴-۱۴). کاهش وزن بلال موید این نکته است که تنش خشکی بیشترین تاثیر را در زمان پر شدن دانه‌ها می‌گذارد. احتمالا در اثر اختلال در جذب آب و مواد غذایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال این مواد دانه‌ها چروکیده و وزن بلال کاهش یافته است.

شعرباف خجسته و احمدی (۱۳۷۴) و خاکپور (۱۳۷۵) در بررسی اثر تنش‌های رطوبتی بر صفات مختلف ذرت از جمله تغییرات وزن بلال به نتایج مشابهی در این خصوص اشاره کرده‌اند.

ماده خشک بلال بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد که بخشی از این کاهش مربوط به کاهش نمو دانه در قسمت‌های وسط و پایین بلال در تیمارهای تنش خشکی است که شاید بر اثر کاهش فتوسنتز جاری رخ دهد و به نظر می‌رسد تیمارهایی مانند تنش خشکی که باعث کاهش عرضه مواد فتوسنتزی می‌شوند ممکن است باعث کاهش نمو یا عدم نمو دانه در قسمت‌های بالایی بلال شوند (لافیت و ادمدز، ۱۹۹۵).

اثر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر وزن خشک بلال معنی‌دار نشد. هیچ یک از اثرات متقابل نیز بر وزن خشک بلال اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ضمیمه ۱).



شکل۴-۱۳- تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک بلال

شکل ۴-۱۴- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک بلال

۴-۶- تعداد ردیف در بلال

صفت تعداد ردیف در بلال تحت تاثیر تیمار کود پتاسیم قرار نگرفت. یافته‌های این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط دست بندان نژاد و ساکی‌نژاد (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر تعداد ردیف در بلال نداشت (جدول ضمیمه ۲). می‌توان گفت چون تنش خشکی در طول مدت پر شدن دانه بر گیاه اعمال می‌شود و وزن خشک بلال و اجزای آن پیش از تنش خشکی تعیین می‌شود، بنابراین تنش خشکی بر این صفت تاثیر چندانی ندارد، دلیل دیگر آن است که تنش خشکی اغلب در مزرعه آهسته‌تر از آزمایشات گلخانه‌ای صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، معنی‌دار نبودن تاثیر تنش خشکی بر تعداد ردیف در بلال نشان دهندهء ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است. از آن جا که تعداد نهایی ردیف در هر بلال پیش از بقیه اجزای عملکرد روی ناحیه نموی (shoot apex) بلال تعیین میشود (هانوی، ۱۹۹۲)، احتمالا″ در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته است.

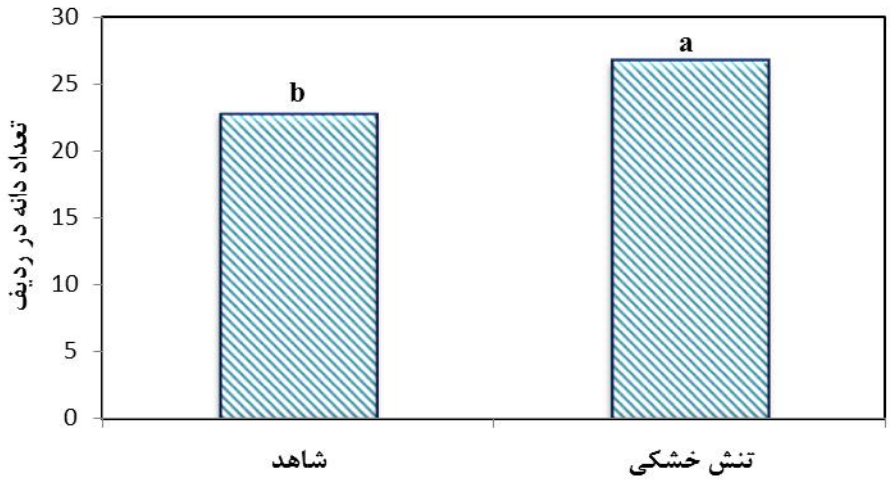
اثر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل روی تعداد ردیف در بلال از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ضمیمه ۲) و مطابق یافته‌های هیکسون و همکاران (۲۰۰۳) این صفت بیشتر تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی گیاه قرار می گیرد و به عوامل ژنتیکی و رقم بستگی دارد. به نظر می‌رسد این جزء از عملکرد به صورت ژنتیکی کنترل شده و قبل از گرده افشانی تعیین می‌گردد و عوامل محیطی بعد از گرده افشانی (نظیر برگ‌زدایی) تاثیر چندانی بر آن ندارد. صلاحی مقدم و رحیمیان مشهدی (۱۳۷۳) و حسین زاده مقدم (۱۳۷۵) نتایج مشابهی را گزارش کردند.

۴-۷- تعداد دانه در ردیف

کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در ردیف نداشت. تیمار تنش خشکی برصفت تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۲) و بیشترین تعداد دانه مربوط به تیمار تنش خشکی به میزان ۲۶/۷۱ عدد بود. به دلیل این که زمان اعمال تنش خشکی بعد از زمان تشکیل دانه بوده است این تنش تاثیری بر تعداد دانه نداشته و بیشترین میزان تعداد دانه را به خود اختصاص داده است (شکل ۴-۱۵).

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن بود که تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل بر صفت تعداد دانه در بلال معنی دار شد (جدول ضمیمه ۲). تیمار شاهد ۱۰/۵۱ درصد بیشتر از تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل تعداد دانه در بلال داشت (شکل ۴-۱۶). دلیل کاهش این جزء از عملکرد در گیاهان برگ‌زدایی شده را می‌توان با حذف تعدادی از برگ‌ها از مسیر تولید مواد فتوسنتزی، کاهش فتوسنتز جاری و بالطبع تحلیل دانه‌های بالایی بلال به هنگام پر شدن دانه‌ها به دلیل محدودیت مواد فتوسنتزی و تلقیح کمتر دانه‌های انتهایی تیمار و سربرداری بیان کرد. زیرا پر شدن دانه‌های ذرت ابتدا در وسط به دلیل لقاح جنین‌های پایینی و میانی بلال شروع و به تدریج به سمت نوک بلال ادامه می‌یابد به طوری که دانه‌های انتهایی از اندازه کافی برای شمارش برخوردار نیستند و کوشش در تلقیح این گونه کاکل‌ها به ندرت منتهی به تشکیل دانه می‌شود. صلاحی مقدم و رحیمیان مشهدی (۱۳۷۳) و حسین‌زاده مقدم (۱۳۷۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

اثر سه گانه کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زایی و حذف تاسل بر صفت تعداد دانه در ردیف معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۲). بیشترین تعداد دانه در ترکیب تیماری کود پتاسیم۳۰۰، عدم تنش خشکی و عدم برگ زدایی و حذف تاسل به میزان ۳۲/۳۰ عدد مشاهده شد و کمترین تعداد دانه در ردیف در ترکیب تیماری کود پتاسیم ۲۰۰، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل و به تعداد ۱۷/۹۷ عدد حاصل گردید (جدول ضمیمه ۵).



شکل۴-۱۵- تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در ردیف

شکل ۴-۱۶- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد دانه در ردیف

۴-۸- تعداد کل دانه

صفت تعداد کل دانه به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر کود پتاسیم قرار گرفت (جدول ضمیمه ۲). به طوری که بیشترین تعداد دانه مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و به میزان ۳۱۴ عدد و کمترین تعداد دانه مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و به تعداد ۲۴۹ عدد بود (شکل ۴-۱۷).

نتایج حبیب زاده طبری (۱۳۸۲) نشان داد که، اثر اصلی سطوح مختلف کود پتاسیم از نظر آماری بر عملکرد، تعداد غلاف در گیاه و وزن هزار دانه سویا معنی‌دار است. بیک نژاد (۱۳۸۶) مقادیر ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم را در سه ژنوتیپ سویا بکار برد و نتیجه گرفت با افزایش مصرف پتاسیم، عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف اصلی بطور معنی‌داری، افزایش یافت. در آزمایشی مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه سویا در اثر مصرف کود پتاس بدست آمد. مصرف پتاس، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخهٔ فرعی و وزن دانه را نیز افزایش داد (سروری، ۱۳۸۷).

اثر تیمار تنش خشکی بر صفت تعداد کل دانه معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی ۱۱/۴۳ درصد تعداد کل دانه را نسبت به شاهد افزایش داد و می‌توان گفت که در شرایط تنش خشکی گیاه مواد خود را صرف رشد زایشی می‌نماید (شکل۴-۱۸). کلارک و همکاران (۱۹۸۴) گزارش کردند که تنش های قبل از گرده‌افشانی بر تعداد دانه و تنش‌های بعد از گرده‌افشانی بر وزن دانه موثر می‌باشند چرا که تعداد دانه ها از قبل مشخص شده‌است.

اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر صفت تعداد کل دانه معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۲). نتایج حاکی از آن است که ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم تنش خشکی بیشترین تعداد دانه و ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم تنش خشکی کمترین تعداد دانه را تولید کردند (شکل ۴-۱۹).

افزایش تعداد دانه با مصرف پتاسیم را می‌توان به دلیل نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدراتها و انتقال سریع آنها به دانه توجیه کرد (مارسچنر،۱۹۹۵). با توجه به نقشی که پتاسیم در حفظ آب گیاه و جلوگیری از هدر رفتن آب دارد، در شرایط تنش که گیاه با کمبود آب مواجه است، وجود پتاسیم کافی سبب حفظ فعالیت فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی میشود و با افزایش شدت تنش، نقش پتاسیم در جلوگیری از کاهش دانه در ردیف واضح است. بدین ترتیب با توجه به نقش

پتاسیم در انتقال اسیمیلاتها و مواد غذایی، افزایش تعداد دانه با کاربرد پتاسیم قابل توجیه است (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۵).

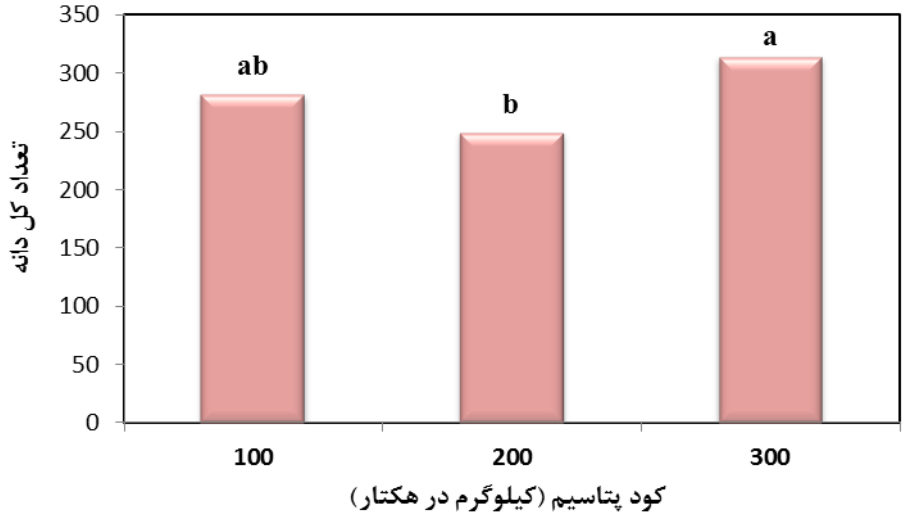
تعداد دانه تحت تاثیر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت و به طور کلی برگ‌زدایی و حذف تاسل در مقایسه با شاهد تعداد کل دانه را کاهش داد (شکل ۴-۲۰). دانکن و همکاران (۱۹۶۵) گزارش کردند که قطع برگ همراه با گل تاجی عملکرد دانه و تعداد دانه را کاهش می‌دهد.

ویلهم و اتیوران (۱۹۹۵) اثرات حذف برگ و گل آذین نر را به صورت سر برداری از هیبریدهای ذرت مورد آزمایش قرار دادند که تیمارها شامل حذف یک، دو، سه و چهار برگ همراه با حذف گل آذین نر و یک تیمار دست نخورده به عنوان شاهد بود. عملکرد دانه متناسب با تعداد برگ حذف شده کاهش یافت و این کاهش بیشتر به علت کاهش در تعداد دانه بود و وزن هزار دانه نقشی در کاهش عملکرد نداشت.

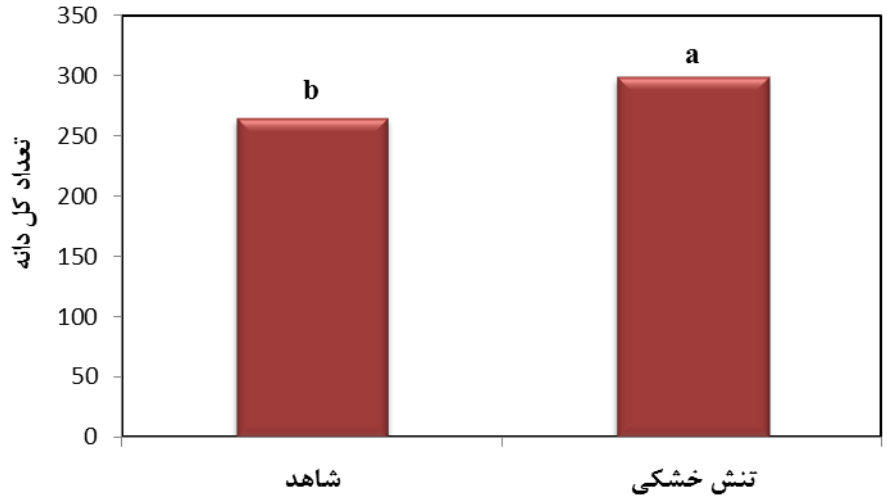
اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۲). در این زمان، بیشترین تعداد کل دانه از ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل حاصل شد که از نظر آماری با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ زدایی و حذف تاسل در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۴-۲۱).

پیرول و دیگو (۱۹۹۲) اظهار داشتند که قطع برگ باعث کاهش تعداد دانه‌های رشد یافته و افزایش قند محلول در برگ‌های بلال در حدود ۱۰ روز پس از گرده‌افشانی شد.

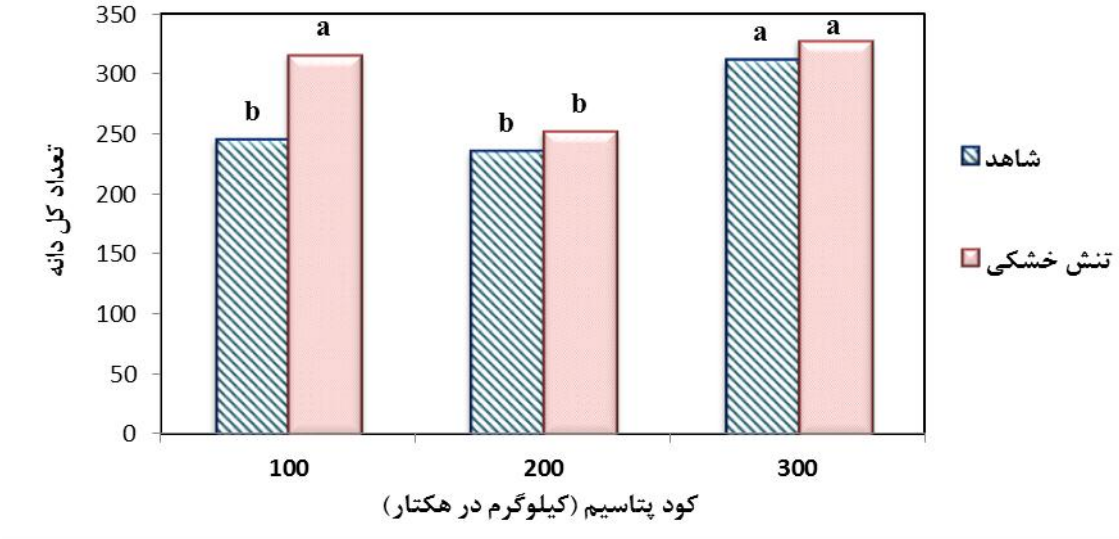
اثر سه گانه کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۲). بیشترین تعداد دانه مربوط به ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و به میزان ۴۲۳/۱ عدد حاصل شد (جدول ضمیمه ۵).



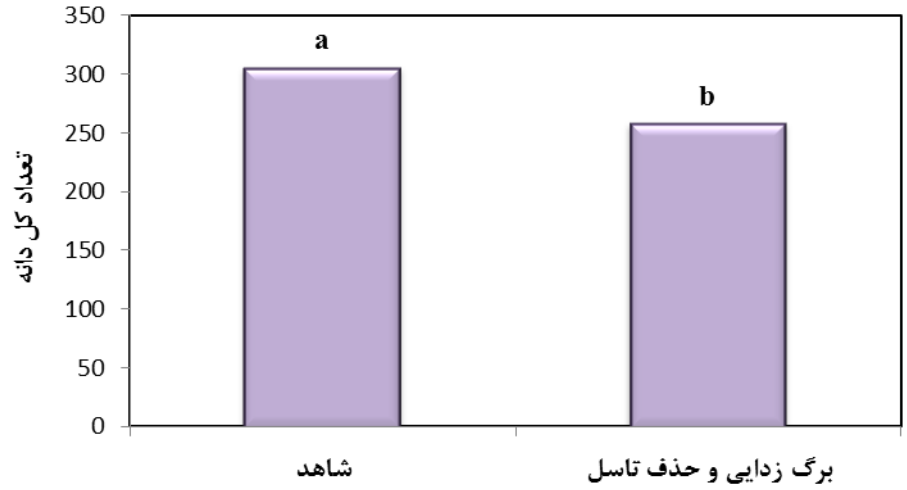
شکل۴-۱۷- تاثیر کود پتاسیم بر تعداد کل دانه



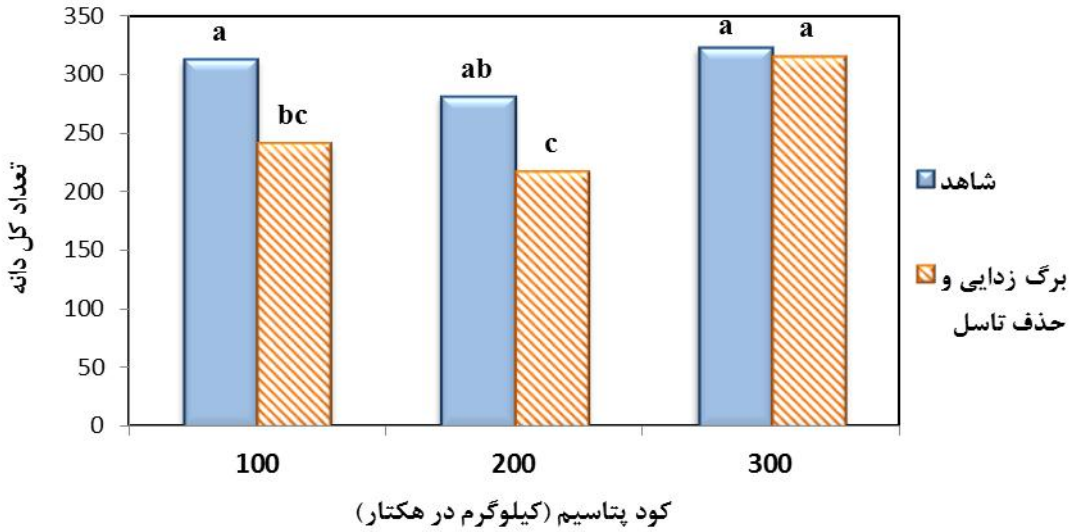
شکل ۴-۱۸- تاثیر تنش خشکی بر تعداد کل دانه



شکل۴-۱۹- اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر تعداد کل دانه



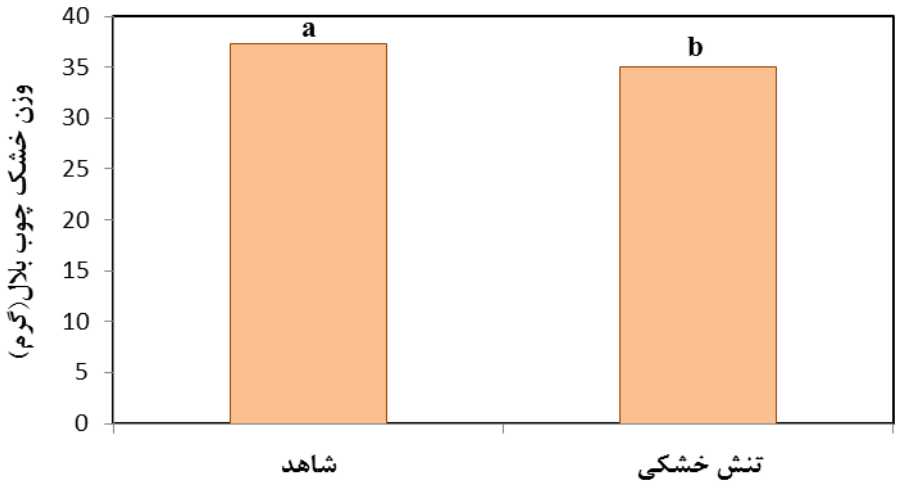
شکل ۴-۲۰- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه



شکل ۴-۲۱- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تعداد کل دانه

۴-۹- وزن چوب بلال

تیمار کود پتاسیم بر وزن خشک چوب بلال تاثیری نداشت (جدول ضمیمه ۲). وزن خشک چوب بلال تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت و بیشترین وزن خشک چوب بلال متعلق به تیمار شاهد (عدم قطع آبیاری) بود. هو و همکاران (۱۹۸۹) و مک ویلیامز (۲۰۰۲) طی بررسی‌های خود در مورد اثرات تنش‌های مختلف رطوبتی بر اجزای عملکرد ذرت تغییرات مشابهی را در وزن چوب بلال گزارش کردند. سایر تیمارها بر وزن خشک چوب بلال تاثیری نداشت (شکل ۴-۲۲).



شکل۴-۲۲- تاثیر تنش خشکی بر وزن خشک چوب بلال

۴-۱۰- عملکرد دانه

نتایج تجزیه‌ی واریانس عوامل مورد آزمایش بر عملکرد دانه در جدول ضمیمه ۳ گزارش شده است. نتایج حاکی از آن است که تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بیشترین رشد زایشی در تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و بیشترین رشد رویشی در تیمار۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (شکل۴-۲۳).

در آزمایش روشن ضمیر و همکاران (۱۳۹۰) نشان داده شده است که اثر سولفات پتاسیم بر عملکرد نهایی دانه گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد نهایی دانه مربوط به سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و کمترین عملکرد نهایی دانه مربوط به سطح کودی۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود. پتاسیم با تأثیر مهمی که بر فتوسنتز می‌گذارد سبب ساخته شدن بیشتر مواد فتوسنتزی شده و در نهایت بر روی عملکرد نهایی تاثیر مثبت گذاشته است.

بیک نژاد (۱۳۸۶) مقادیر ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم را در سه ژنوتیپ سویا بکار برد و نتیجه گرفت با افزایش مصرف پتاسیم، عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف اصلی بطور معنی‌داری افزایش یافت.

حبیبی و همکاران (۱۳۹۰) اعلام داشتند که با مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، عملکرد دانه برنج به میزان ۱۷ و ۱۴/۸ درصد افزایش یافت. همچنین چائودهری و مشتاق (۲۰۰۴) گزارش کردند که افزایش کاربرد کود پتاسیم از طریق افزایش در قطر طبق و تعداد دانه‌های پر در طبق باعث افزایش در عملکرد دانه آفتابگردان می‌شود.

عملکرد دانه تحت تاثیر اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی قرار گرفت (جدول ضمیمه ۳). به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم تنش خشکی و به میزان ۱۱۸۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و تنش خشکی و به میزان ۸۱۱۰ کیلوگرم در هکتار می باشد (شکل ۴-۲۴).

بانزیگر و همکاران (۱۹۹۹) اعلام نمودند که یکی از زیانبارترین اثرات تنش خشکی، اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است. زیرا باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد همچنین هدر روی کود را بدنبال دارد. مکانیسم‌های جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، نظیر؛ جریان توده ای، انتشار و یا جذب و انتقال بوسیلهٔ پدیدهٔ اسمز همگی، کم و بیش تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه می‌باشد و در صورت نقصان رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می گردد و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

تنش آب بیش از همه عوامل زیستی و محیطی موجب کاهش عملکرد میشود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸). حساسیت عملکرد نهایی به تنش رطوبتی و مرحله‌ی فیزیولوژی که تنش در آن رخ می دهد بستگی دارد (هاردر و همکاران، ۱۹۸۱). کمبود آب در طی دوره گلدهی و گرده‌افشانی به علت

اثرات آن بر اعضای زایشی میتواند کاهش قابل توجهی را در عملکرد گیاهان زراعی دارای رشد محدود ایجاد نماید (هال و همکاران، ۱۹۹۴).

عملکرد دانه تحت تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت (جدول ضمیمه ۳). تیمار برگ زدایی و حذف تاسل سبب کاهش ۲۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل۴-۲۵). در گیاهان برگ‌ها اصلی‌ترین منبع دریافت تابش خورشیدی و تولید مواد فتوسنتزی برای رشد گیاه و پر کردن دانه‌ها هستند. از این رو هر گونه کاهش سطح برگ‌ها یا عدم کارایی آنها در اثر عواملی نظیر آفات، بیماری‌ها، آسیب‌های مکانیکی و تگرگ، عامل اصلی تقلیل توانایی گیاه در جذب وتحلیل CO_2 است و موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و نقصان عملکرد می‌شود (اشلی و همکاران، ۲۰۰۲).

ویلیهام (۱۹۹۵) اثرات حذف برگ و گل آذین نر را به صورت سربرداری از هیبریدهای ذرت مورد آزمایش قرار داده و اظهار داشت که عملکرد دانه با تعداد برگ حذف شده کاهش یافته و این کاهش بیشتر به علت کاهش در تعداد دانه بوده است. همچنین نتایج بدست آمده از آزمایش جونز و سیمون (۱۹۸۳) بیان می‌دارد که انتقال مواد ذخیره‌ای به طرف دانه در درجه اول از برگ‌های اطراف بلال و بعد از برگ‌های بالاتر از محل ظهور بلال و در مراحل بعدی از مغز ساقه انجام گیرد. این امر موید اهمیت برگ‌های بالای بلال در انتقال مواد ذخیره‌ای از این برگ‌ها به دانه و تاثیر آن بر عملکرد دانه است.

عملکرد دانه تحت تاثیر اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت (جدول ضمیمه ۳). ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل بیشترین عملکرد دانه و ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل کمترین عملکرد دانه را دارا بود (شکل۴-۲۶).

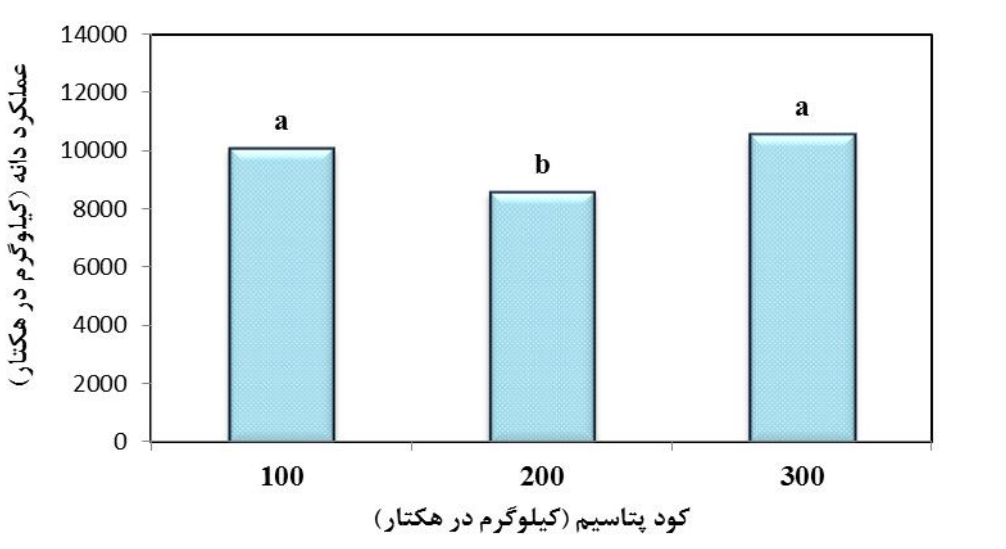
اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایطی که هیچ

تیماری اعمال نشده بود (عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل) گیاه بیشترین عملکرد دانه را به میزان ۱۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دارا بود و در زمانی که تیمار تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل اعمال گردید کمترین عملکرد دانه و به میزان ۸۱۹۳ کیلوگرم در هکتار تولید کرد (شکل۴-۲۷).

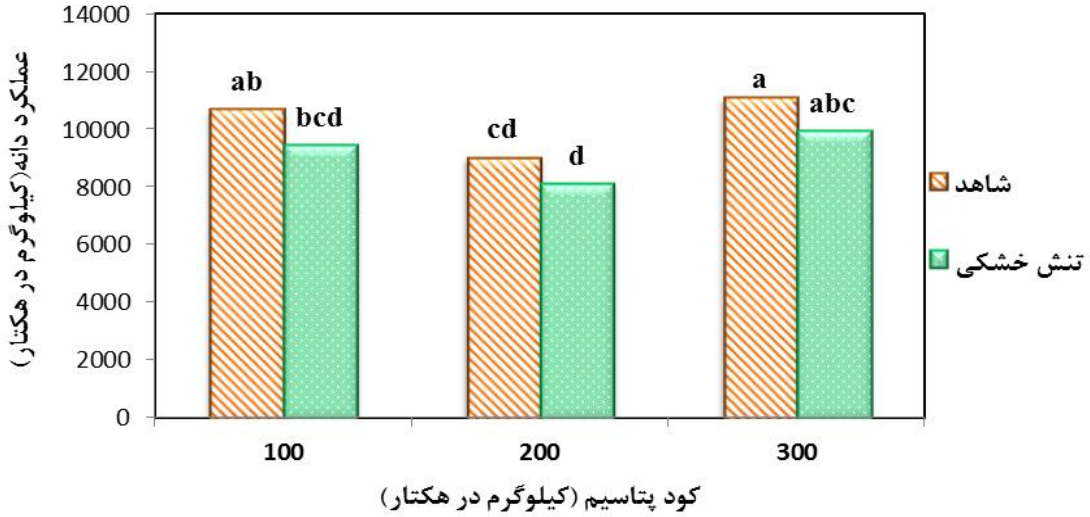
نتایج تحقیق رشدی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که اعمال تیمار حذف برگ باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه گردید، به طوری‌که حذف ۳۳ درصد برگ‌های پایینی ساقه و حذف کامل برگ‌ها به ترتیب سبب افت عملکرد دانه به میزان ۱۲ و ۸۳ درصد گردید. تنش خشکی در زمان پر شدن دانه‌ها باعث کاهش عملکرد دانه از طریق تقلیل فتوسنتز می‌گردد که معمولا مهم‌ترین منبع تشکیل دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

اثر سه گانه کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳). حداکثر عملکرد دانه از ترکیب تیماری کود پتاسیم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و حداقل عملکرد دانه از ترکیب تیماری کود پتاسیم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل حاصل شد (جدول ضمیمه ۵).

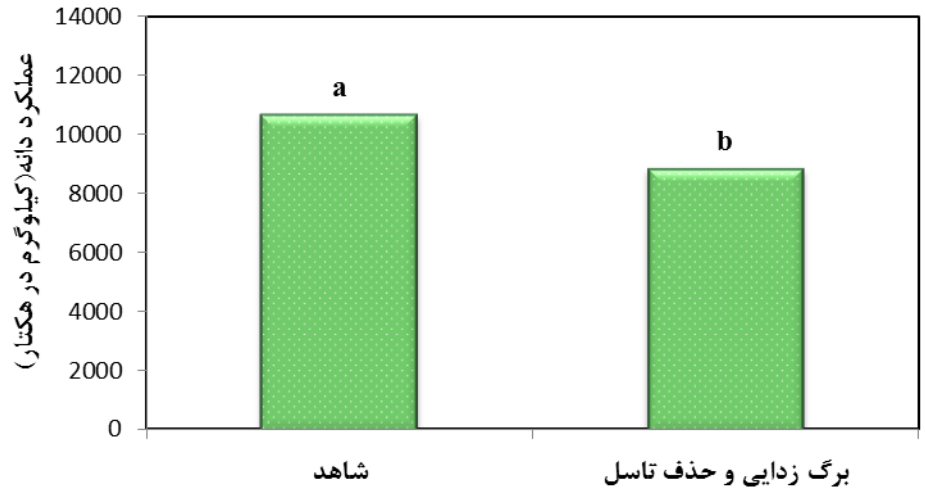
مظاهری لقب و همکاران (۱۳۸۰) در ارتباط با اثرات تنش خشکی اظهار داشتند که رژیم آبیاری نامطلوب با کاهش سطح برگ‌ها و پیری زودرس آن‌ها باعث افت عملکرد دانه می‌گردد. علت کاهش میزان عملکرد دانه در تیمار قطع برگ آن است که میزان وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال در این تیمار بیشتر از تیمار شاهد کاهش یافت که حاکی از ارزش بالای برگ‌های فوقانی است.



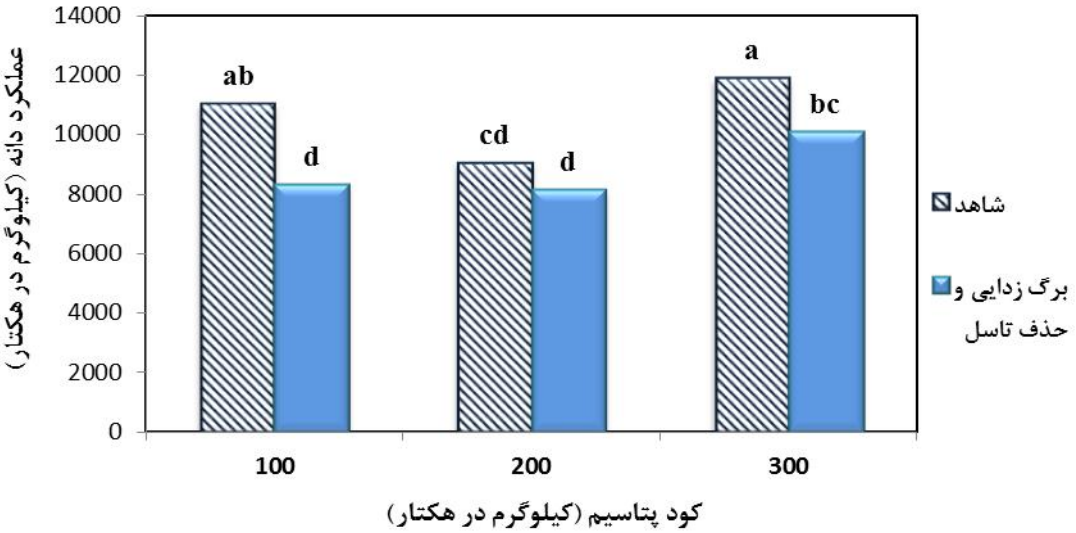
شکل ۴-۲۳ -تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد دانه



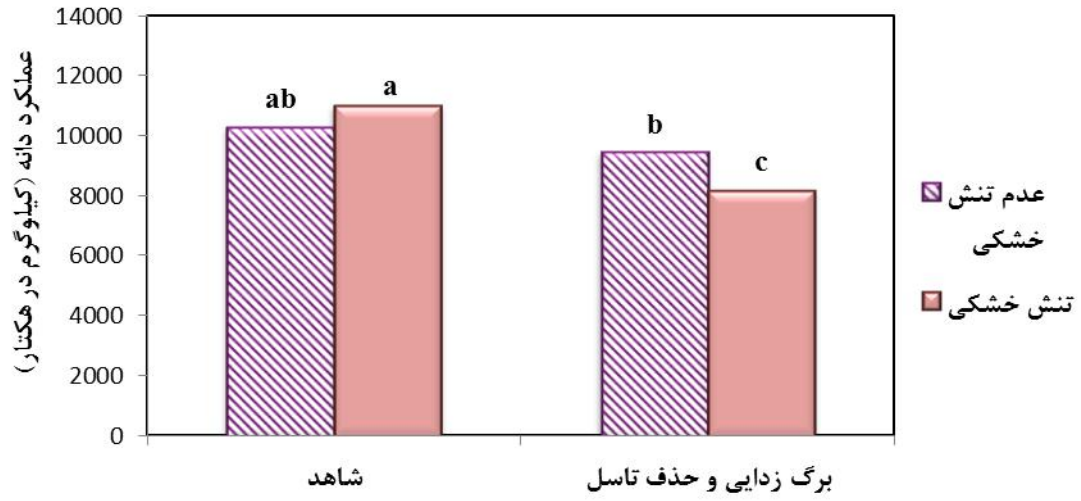
شکل ۴-۲۴ - اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر عملکرد دانه



شکل ۴-۲۵ - تاثیر برگ زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه



شکل ۴-۲۶ -اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه



شکل ۴-۲۷ -اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد دانه

۴-۱۱- وزن صد دانه

وزن صد دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد محسوب شده و بالا بودن وزن صد دانه باعث افزایش عملکرد می‌گردد. وزن صد دانه به چهار عامل طول مرحله پر شدن دانه، تعداد برگ‌های فعال در مرحله نمو زایشی، سطح برگ و وزن خشک ساقه بستگی دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲).

براساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین (جدول ضمیمه ۴) اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر وزن صد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم تنش خشکی بیشترین میزان وزن صد دانه (۲۰۵/۷ گرم) و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و تنش خشکی کمترین میزان وزن صد دانه (۱۷۹/۴ گرم) را دارا بودند (شکل ۴-۲۸). هرچه تنش در مرحله پر شدن دانه شدیدتر باشد، وزن صد دانه از طریق کاهش فتوسنتز، افت سرعت و مقدار مواد انتقالی بیشتری کاهش می‌یابد (دست‌بری، ۱۳۸۷).

نقش سولفات پتاسیم در افزایش وزن دانه در بلال در شرایط مطلوب از نظر وضعیت آبی، به مراتب بهتر از شرایط کمبود آب بود که می‌تواند به جذب بیشتر و انتقال بهتر این عنصر مربوط باشد. کمبود آب در اواخر پر شدن دانه موجب افزایش نیروی اسمزی و نیروی ماتریکس و کاهش وزن دانه

شد (بارنس و وولی،۱۹۶۹). پتاسیم منجر به افزایش کارایی مصرف آب، بهبود شرایط رشد گیاه و تقسیم سلولی و ساخت هیدروکربن‌ها و پروتئین‌ها و انتقال سریع آن به طرف دانه میشود (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۵)، لذا افزایش وزن دانه‌ها با افزایش میزان پتاسیم قابل توجیه است.

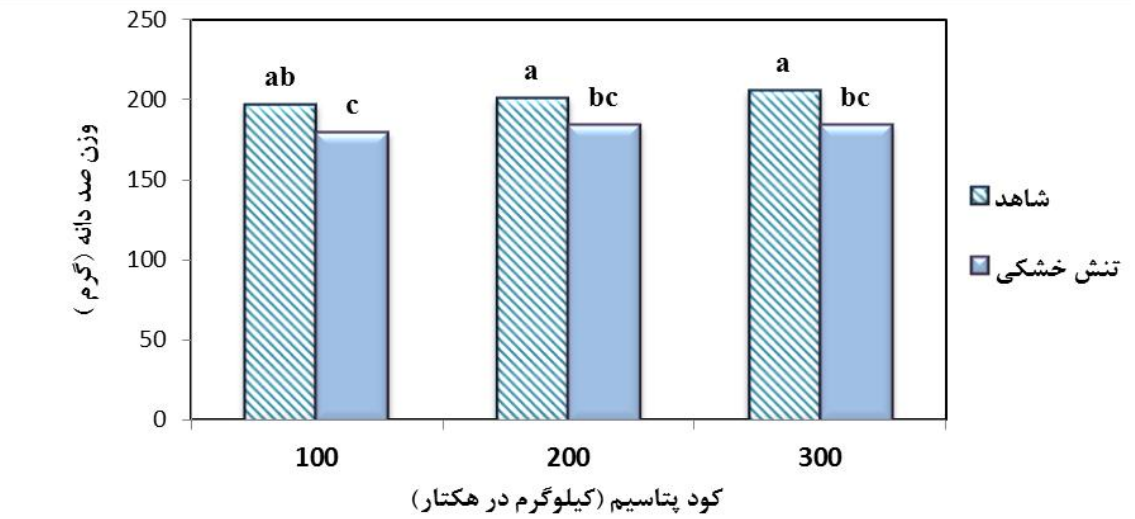
همچنین نتایج نشان داد که وزن صد دانه تحت تاثیر اثرات متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت (جدول ضمیمه ۴). به طوری که بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل به میزان ۱۹۹/۶ گرم و کمترین وزن صد دانه مربوط به تیمار تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل به میزان ۱۸۳/۲ گرم بود (شکل۴-۲۹).

کاهش عملکرد در تیمار کم آبیاری را می‌توان به علت کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانست. دلیل کاهش دانه ممکن است به علت کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرمی تولید شده در مرحله پر شدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پر شدن دانه می‌باشد و تنش‌هایی که بعد از کاکل‌دهی به وقوع می‌پیوندند باعث کوچک شدن دانه‌ها می‌شود. همچنین دلیل این امر را می‌توان به عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و باروری دانست.

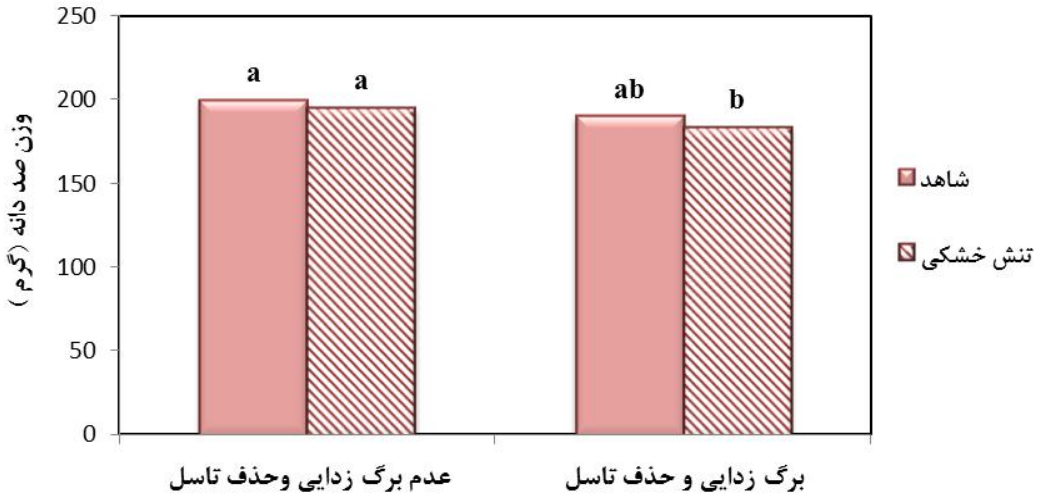
تیمار قطع برگ سبب کاهش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد. هر گونه کاهش در تعداد و شاخص سطح برگ‌ها سبب کاهش فتوسنتز جاری می‌گردد. هم‌چنین توزیع مواد فتوسنتزی معمولا از نزدیک‌ترین مبدا به محل مصرف می‌باشد یعنی برگ‌های نزدیک به دانه‌ها نقش بیشتری در پر شدن دانه‌ها ایفا می‌نمایند (کوچکی و سرمدنیا،۱۳۸۲).

وزن صد دانه مستقیما تحت تاثیر میزان مواد فتوسنتزی بعد از مرحله گرده‌افشانی می‌باشد. البته این مواد شامل فتوسنتز بعد از گرده افشانی و یا انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده در ساقه‌ها و سایر قسمت‌های هوایی گیاه می‌باشد. حذف اندام‌های فوقانی گیاه و بخش فعال تولید مواد فتوسنتزی گیاه در آغاز مرحله پر شدن دانه موجب بروز اختلاف در وزن صد دانه و کاهش آن می‌شود (امام و ثقه الاسلامی، ۱۳۷۶).

رشدی و همکاران (۱۳۸۵) کاهش وزن هزاردانه را با افزایش شدت تنش بر اثر کاهش انتقال مواد غذایی از ساقه به دانه‌ها در اواخر دوره رشد گزارش نمودند.



شکل۴-۲۸- اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر وزن صد دانه



شکل ۴-۲۹- اثر متقابل تنش خشکی و برگ زدایی و حذف تاسل بر وزن صد دانه

۴-۱۲-عملکرد بیولوژیک

اثر تیمار کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود(جدول ضمیمه ۳) به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم حاصل گردید و بین سایر سطوح‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۳۰).

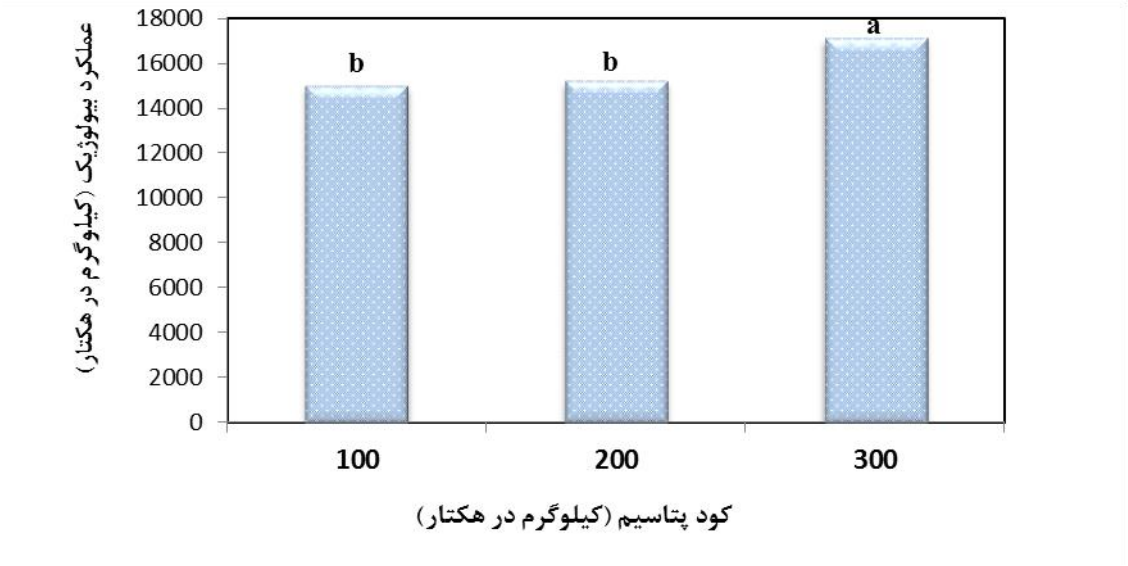
نادری عارفی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی تاثیر مقادیر مختلف کود پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط معتدل سرد بیان نمودند که مصرف پتاسیم باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد.

اثر متقابل تیمار کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ضمیمه ۳). بطوریکه بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ زدایی و حذف تاسل و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و برگ زدایی و حذف تاسل بدست آمد (شکل۴-۳۱).

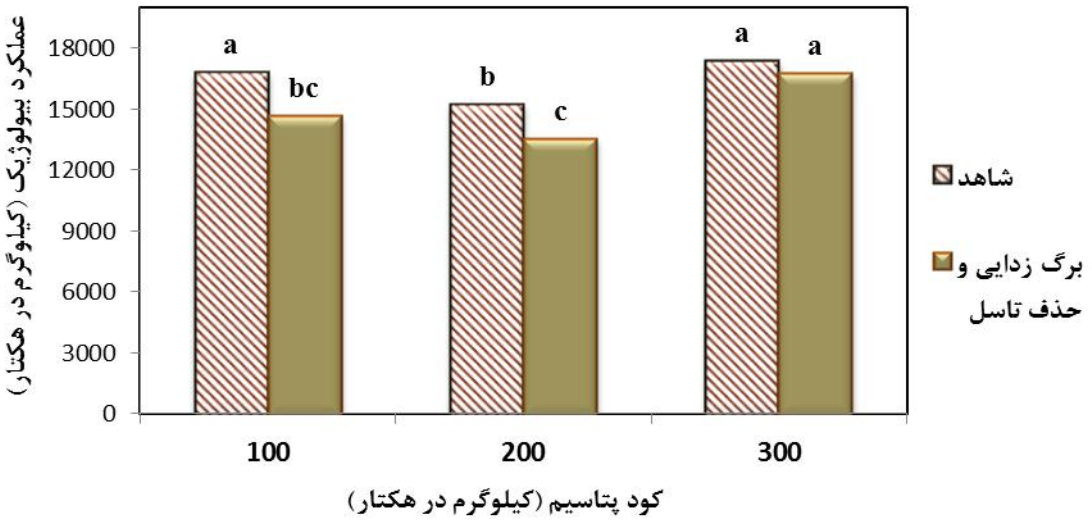
اثر متقابل تیمار تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳). ترکیب تیماری عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل بیشترین عملکرد بیولوژیک و ترکیب تیماری تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بود (شکل ۴-۳۲).

ارل و دیوس (۲۰۰۳) بیان کردند که با اعمال تنش خشکی در ذرت عملکرد بیولوژیکی به طور معنی‌داری نسبت به حالت نرمال کاهش یافت. همچنین بویر (۱۹۹۶) اظهار داشت که تنش رطوبتی عملکرد بیولوژیکی گیاه ذرت را کاهش می‌دهد.

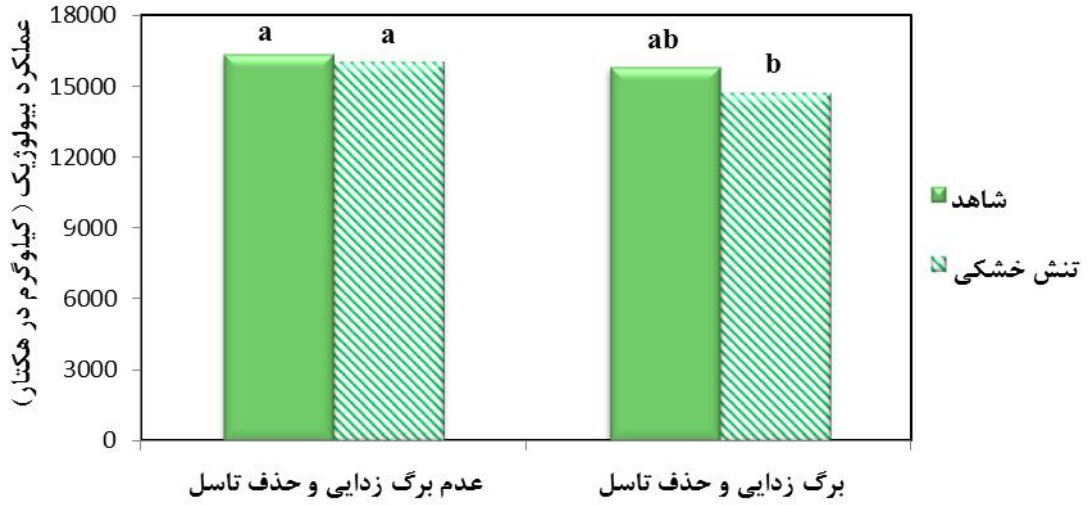
اثر سه گانه کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار کود پتاسیم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار کود پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بود (جدول ضمیمه ۵).



شکل ۴-۳۰- تاثیر کود پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک



شکل۴-۳۱- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد بیولوژیک



شکل۴-۳۲- اثر متقابل تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر عملکرد بیولوژیک

۴-۱۳- شاخص برداشت

شاخص برداشت بیان کننده نسبت مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک است. این شاخص یکی از معیارهای مورد استفاده در برآورد کارایی توزیع یا انتقال مواد ساخته شده به دانه یا محصول اقتصادی در گیاه می‌باشد (رحمتی، ۱۳۸۴).

کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت ذرت داشت به طوری‌که با افزایش سطح کود پتاسیم شاخص برداشت در ذرت نیز افزایش یافت (جدول ضمیمه ۳). بالاترین درصد شاخص برداشت در تیمار کود پتاسیم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با مقدار ۵۰/۳۷ درصد و پایین‌ترین آن در تیمار کود پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم درهکتار با مقدار ۴۳/۲۱ درصد بدست آمد. همان گونه که در شکل دیده می شود تفاوتی بین سطوح کودی ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار دیده نمی‌شود اما این دو تیمار کود پتاسیم تفاوت بارزی با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم از نظر مقدار شاخص برداشت نشان دادند (شکل ۴-۳۳).

اثر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳) بطوری‌که اعمال تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل سبب کاهش ۱۵/۷۸ درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار

شاهد گردید (شکل ۴-۳۴). با قطع برگ شاخص برداشت کاهش یافت. با انجام قطع برگ دو جزء عملکرد (وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال) کاهش یافت و در نتیجه نسبت عملکرد اقتصادی به بیولوژیک کاهش یافت.

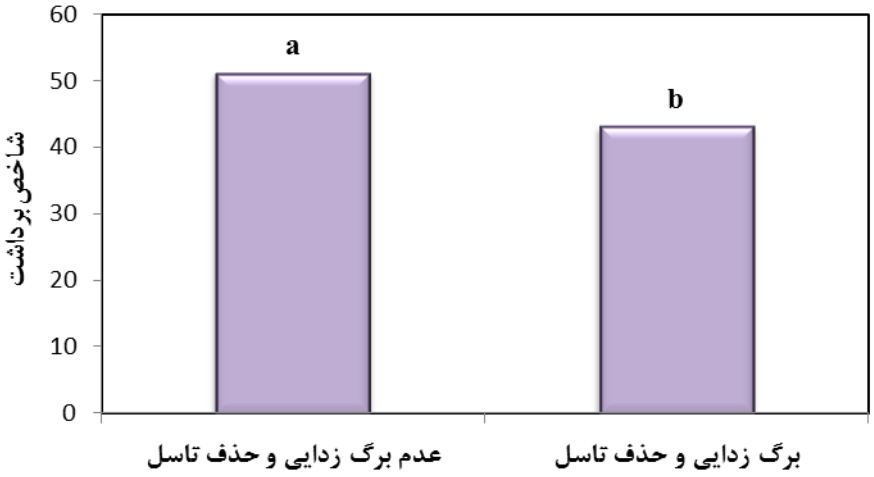
نتایج تحقیق رشدی و همکاران (۱۳۸۵) نیز بیانگر آن بود که اعمال سطوح تیمار قطع برگ باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت می‌شود.

اثر سه گانه کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ضمیمه ۳). بالاترین درصد شاخص مربوط به تیمار کود پتاسیم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، عدم تنش خشکی و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و به مقدار ۵۳/۵۲ درصد و پایین‌ترین شاخص برداشت مربوط به تیمار کود پتاسیم ۱۰۰، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بودند (جدول ضمیمه ۵).

نتایج فررز و همکاران (۱۹۸۶) نشان داد که تنش کمبود آب سبب کاهش شاخص برداشت در تمام ژنوتیپ‌های آفتابگردان شد و علت آن کاهش تعداد دانه در طبق و قطر طبق و افزایش پوکی دانه اعلام گردید.

تنش رطوبتی تولید مواد فتوسنتزی در گیاه را کاهش می‌دهد و انتقال مواد به سمت دانه را دچار مشکل می‌سازد. شاید انتقال مواد به دانه مستقیما تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد اما کوتاه شدن دوره پر شدن دانه موجب کاهش شاخص برداشت می‌گردد (علیزاده وهمکاران، ۱۳۸۶).

شکل۴-۳۳-تاثیر کود پتاسیم بر شاخص برداشت



شکل ۴-۳۴-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص برداشت

۴-۱۴-درصد پتاسیم دانه

اثر اصلی سطوح مختلف کود پتاسیم بر مقدار پتاسیم دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ضمیمه ۴). بالاترین مقدار پتاسیم دانه مربوط به سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و به میزان ۱/۱۳۴ درصد بود. میانگین‌های بعدی به مقادیر ۱/۱۱۶ درصد مربوط به سطح ۲۰۰ کیلوگرم در

هکتار و ۱/۱۱۱ درصد مربوط به سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (شکل۴-۳۵).

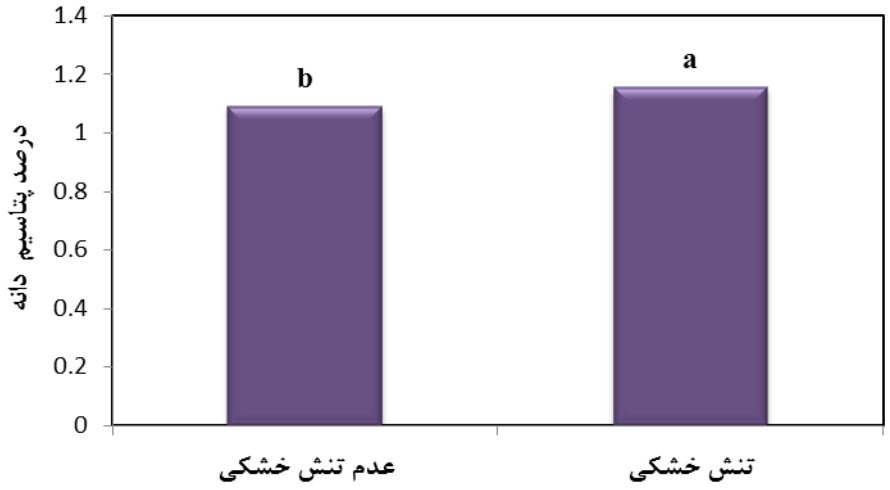
کاربرد کود پتاسیم موجب افزایش درصد پتاسیم موجود در دانه گردید و از لحاظ آماری کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم دارای بیشترین تاثیر بود. نتیجهٔ بدست آمده با نتایج بسیاری از تحقیقات از جمله با آزمایشات کال و گرو (۱۹۹۱) و گیل و کامپراس (۱۹۹۰) مطابقت دارد. ولی چادیوری وهمکاران (۱۹۸۵) پس از کاربرد پتاسیم و مشاهدهٔ افزایش درصد پروتئین و همچنین کاهش درصد روغن، افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم دانه را مشاهده ننمودند. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بالا بودن مقدار پتاسیم دانه اهمیت زیادی دارد. پتاسیم موجب بهبود کیفیت دانه و افزایش خاصیت انبارداری آن می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۷۸).

نتایج حاکی از آن است که تاثیر تنش خشکی بر درصد پتاسیم بذر معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۴). در شرایط تنش خشکی پتاسیم دانه ۵/۷۹ درصد افزایش نسبت به شرایط عدم تنش خشکی داشت (شکل ۴-۳۶). احتمالاً کمبود آب در مراحل انتهایی رشد گندم باعث کاهش هر چه بیشتر انتقال مجدد نشاسته نسبت به انتقال عناصر از سایر اندام‌ها به دانه‌ها گردیده به نحوی که غلظت عناصر در دانه در شرایط کمبود آب بیشتر می‌گردد (مبصر و همکاران، ۱۳۸۴).

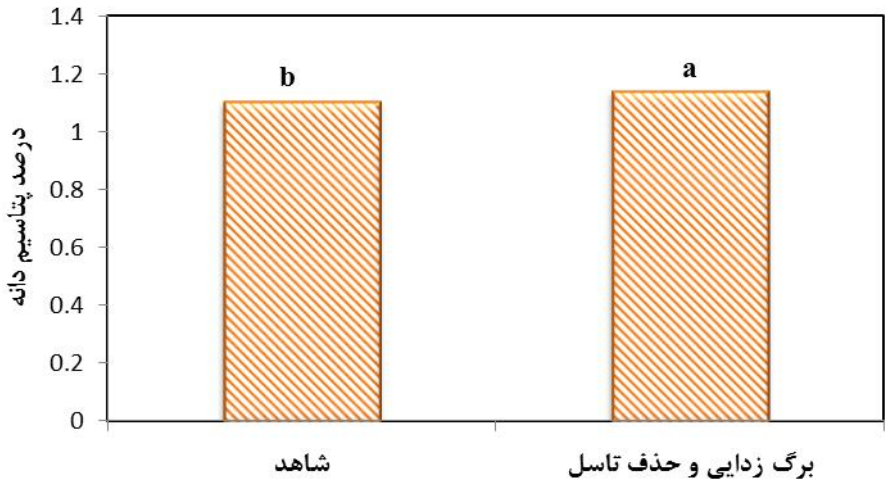
ترحمی و همکاران (۱۳۸۹) با مشاهده روند صعودی در افزایش میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه نوروزک تحت خشکی بیان کردند کاهش پتانسیل آب باعث انتقال یون‌های پتاسیم به برگ و افزایش پتانسیل اسمزی آن برای حفظ فشار تورژسانس می‌شود. دهقانزاده و نوزاد نمینی (۱۳۸۸) با بررسی سه رقم گندم نان بیان کردند با افزایش فاصله دو آبیاری در مرحله گرده افشانی، درصد پتاسیم برگ افزایش معنی‌داری یافت و افزایش پتاسیم را به دلیل حفظ پتانسیل تورگر دانسته‌اند.

اعمال تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل سبب افزایش پتاسیم دانه گردید به طوری‌که بیشترین درصد پتاسیم دانه از تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل و کمترین درصد پتاسیم از تیمار شاهد بدست آمد (شکل۴-۳۷). این صفت تحت تاثیر هیچ یک از اثرات متقابل قرار نگرفت.

شکل ۴-۳۵- تاثیر کود پتاسیم بر درصد پتاسیم دانه



شکل ۴-۳۶-تاثیر تنش خشکی بر درصد پتاسیم دانه



شکل ۴-۳۷-تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پتاسیم دانه

۴-۱۵- پروتئین دانه

اثر اصلی کود پتاسیم و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر صفت درصد پروتئین دانه نداشتند. اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول ضمیمه ۴). به طوری که بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و تنش خشکی و کمترین درصد پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم تنش خشکی بود (شکل ۴-۳۸).

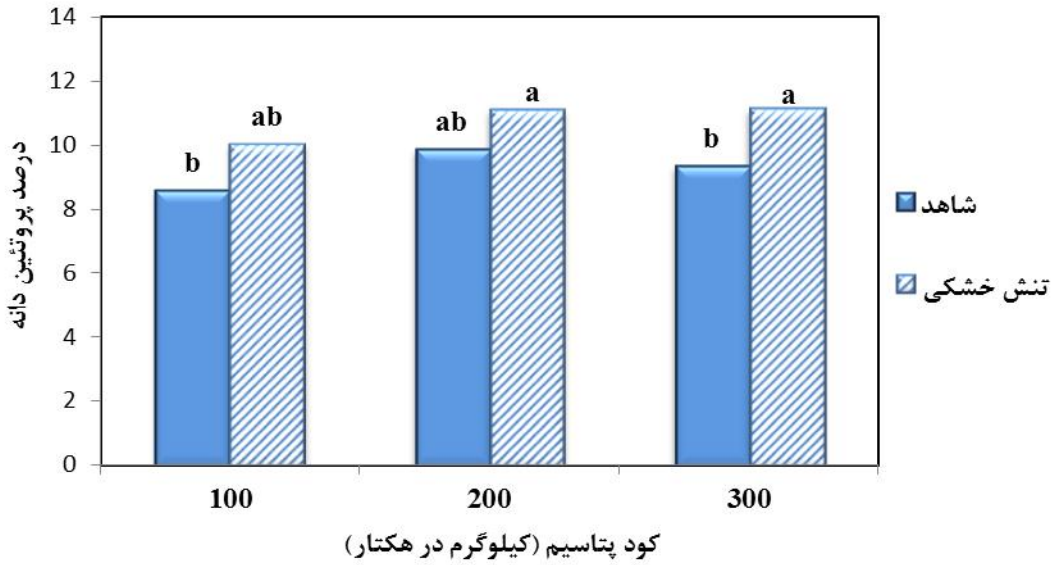
پی‌یری و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش آبی در مرحله پر شدن دانه در ۹ ژنوتیپ گندم نان، باعث کاهش عملکرد، وزن هزاردانه و ضخامت دانه آنها شده و در مقابل میانگین محتوی پروتئین دانه از ۱۱/۶۴ به ۱۲/۸۳ درصد افزایش یافت.

یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین درشرایط تنش، انباشت پروتئین‌های شوک حرارتی در دانه‌های در حال رشد و رسیده است (جیورنینی و گالیلی، ۱۹۹۱). همچنین تنش کم‌آبی همانند درجه حرارت بالا، درصد روغن دانه را کاهش، ولی درصد پروتئین آن را افزایش می‌دهد. بر اثر تنش کم‌آبی، مقدار فتوسنتز خالص به دلیل کاهش ورود CO_2 به واسطه بسته شدن روزنه‌ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی، کاهش یافته که در این شرایط ، از میزان هیدرات‌های کربن (قندها)

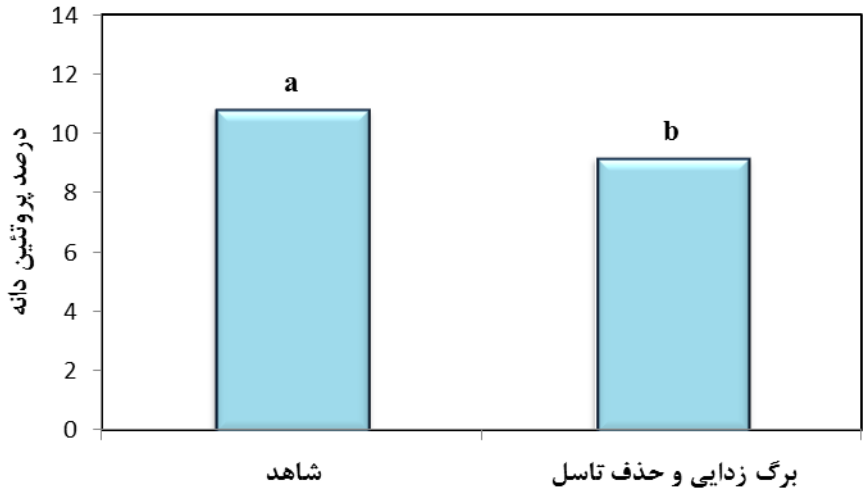
کاسته می‌شود. از طرفی، به دلیل این که در شرایط تنش کم آبی، رسیدگی گیاه تسریع می‌گردد، فرصت کافی جهت سنتز پروتئین‌ها و قندهای ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت و به همین دلیل، در این شرایط، درصد روغن دانه کاهش خواهد یافت (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹).

درصد پروتئین دانه تحت تاثیر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت (جدول ضمیمه ۴). تیمار شاهد به میزان ۱۷/۸۱ درصد افزایش نسبت به تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل داشت که این نشان دهنده کاهش میزان پروتئین دانه در اثر حذف سه برگ فوقانی و تاسل بوده است (شکل ۳-۳۹).

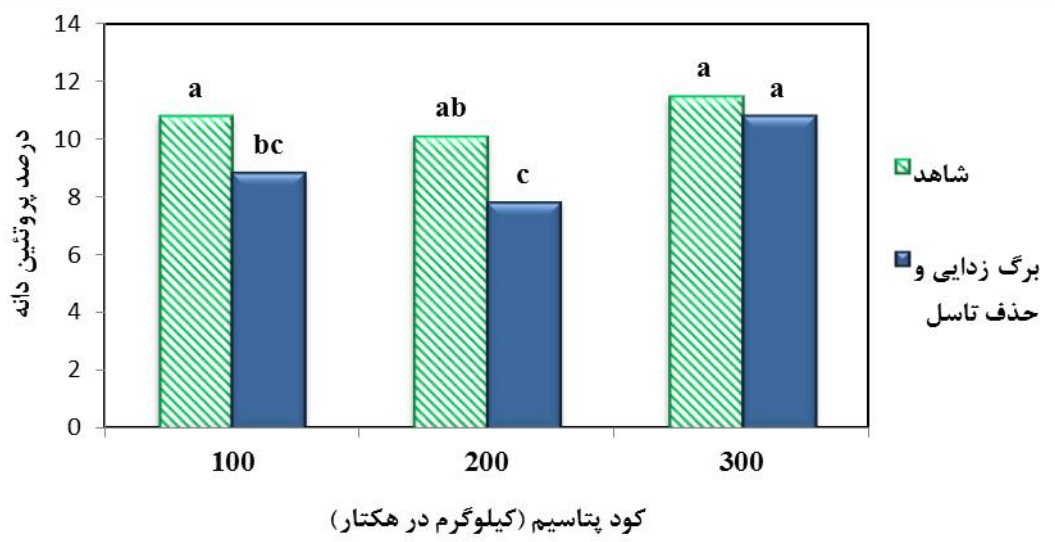
درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیب تیماری کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل قرار گرفت (جدول ضمیمه ۴). بالاترین درصد پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و به میزان ۱۰/۸ درصد و کمترین درصد پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل و به میزان ۷/۸۳ درصد بود (شکل ۴-۴۰). با توجه به اینکه منبع اصلی نیتروژن (پروتئین) دانه، انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی گیاه به دانه می‌باشد بنابراین برگ‌ها را میتوان بعنوان منابع اصلی تامین کننده نیتروژن دانه در نظر گرفت و لذا حذف آن‌ها ممکن است بر وضعیت پروتئین دانه اثر نامطلوب داشته باشد. چادیوری و همکاران (۱۹۸۵) نتیجه گرفتند که با مصرف پتاسیم، درصد پروتئین دانهٔ سویا افزایش یافته و از میزان روغن دانه کاسته می‌شود. یافته‌های بسیاری وجود دارد که اثر مثبت پتاسیم بر تشکیل پروتئین در گیاهان را نشان می‌دهد. این عنصر مجموعه آنزیم‌هایی را در گیاهان فعال می‌کند که در فرآیند تشکیل پروتئین نقش دارند (ملکوتی و همکاران،۱۳۷۸).



شکل ۴-۳۸- اثر متقابل کود پتاسیم و تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه



شکل۴-۳۹- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پروتئین دانه



شکل۴-۴۰- اثر متقابل کود پتاسیم و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر درصد پروتئین دانه

۴-۱۶- شاخص‌های رشد

آنالیز رشد گیاه راهی است که امروزه در زمینه‌های مختلف مانند اصلاح گیاهان، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (پورتر و گارنیر،۱۹۹۶).

۴-۱۶-۱- شاخص سطح برگ

سطح برگ یک جزء فیزیولوژیک عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد گیاه زراعی است که خود ویژگی های پیچیده‌ای دارد و اجزای اصلی آن تعداد برگ و اندازه برگ هستند. مجموع سطح برگ یک بوته به ازای واحد سطح زمین اشغال شده توسط آن بوته را شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) گویند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۸).

منحنی تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تحت تاثیر تیمار کود پتاسیم نشان داد (شکل۴-۴۱) که در ابتدای دوره رشد گیاه، شاخص سطح برگ دارای رشد آهسته‌ای بود و با گذشت زمان با شیب زیادی افزایش یافت و تقریباً مصادف با ظهور گل تاجی یعنی هنگامی‌که بالاترین برگ به گونه‌ای کامل باز شده است به حداکثر مقدار خود رسید، و شکل آن به صورت سیگموئیدی است به نحوی که

کاهش اندکی در طی دورهء پرشدن دانه و یک کاهش سریع به سمت انتهای چرخهء زندگی ذرت دیده می‌شود. این کاهش عمدتاً به خاطر زرد شدن برگها و ریزش آنها است. همان گونه که در شکل دیده می‌شود با افزایش سطوح کود پتاسیم، شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت به طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ۶۵ روز پس از کاشت بدست آمد. عزیزی (۱۳۷۷) با کاربرد مقادیر مختلف اکسید پتاسیم در سویا اعلام کرد که، LAI سطح ۱۲۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار برتری بارزی را نسبت به سایر سطوح پتاسیم بویژه شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم) نشان داد. وی خاطر نشان کرد که سطوح پایین پتاسیم (صفر و ۴۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار) شاخص سطح برگ کمتری را داشتند.

پیسل و همکاران (۱۹۸۵) با کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم در سه رقم سویا، نتیجه گرفتند که بالاترین غلظت پتاسیم بکار رفته، به طور معنی‌داری سبب افزایش سطح برگ در مرحلهٔ گلدهی می‌گردد و عملکرد را به میزان ۲/۵ درصد افزایش می‌دهد.

شاخص سطح برگ با گذشت زمان به دلیل تولید برگهای جدید و افزایش سطح برگ در هر دو تیمار افزایش یافت، اما پس از رسیدن به یک حد معین شروع به کاهش نمود.

تغییرات شاخص سطح برگ ذرت تحت تاثیر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل در شکل (۴-۴۲) نشان داده شده است. شاخص سطح برگ تا ۶۰ روز پس از کاشت در هر دو تیمار یکسان بود و روندی افزایشی داشت. زیرا برگ‌زدایی و حذف تاسل ۶۰ روز پس از سبز شدن اعمال شد و در این زمان بود که به دلیل حذف سه برگ فوقانی شاخص سطح برگ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت و پس از آن به دلیل قرار گرفتن گیاه در اواخر دورهٔ رشد، پیری و ریزش برگ‌ها و همچنین رقابت بخش‌های زایشی بر سر جذب مواد غذایی باعث کاهش LAI می‌گردد.

در برگ‌زدایی سطح و تعداد برگ بوته کاهش یافته و از شاخص سطح برگ گیاه کاسته می‌شود. شاخص سطح برگ حاصل سطح برگ بوته و جمعیت گیاهی می‌باشد و سطح برگ بوته در نتیجه

توازن رشد برگ و پیر شدن آن می‌باشد. رشد برگ و سطح تک برگ‌ها وابسته به یکدیگر می‌باشد (امام و ثقه الاسلامی، ۱۳۸۴).

نتایج تحقیقات رشدی و همکاران (۱۳۸۵) بیانگر کاهش سطح برگ در تیمارهای برگ‌زدایی نسبت به تیمار شاهد بود.

بورد (۲۰۰۴) در مطالعه برگ‌زدایی بر روی سویا دریافت، شاخص سطح برگ در تیمار حذف یک سوم برگ‌ها در مرحله میانی پر شدن دانه، ۴۱ درصد و در تیمار دو سوم حذف برگ ۵۶ درصد کاهش یافت. کاهش سطح برگ به میزان ۴۱ درصد موجب کاهش ۹۲/۱ درصدی جذب نور شد و عملکرد ۷/۶ درصد کاهش یافت.

تغییرات شاخص سطح برگ ذرت تحت تاثیر تنش خشکی در شکل (۴-۴۳) نشان داده شده است. تیمار تنش خشکی در مراحل اولیه رشد رویشی بر میزان LAI به علت عدم اعمال تنش در این زمان‌ها تاثیری نداشته و به این ترتیب روند تغییرات سطح برگ با شاهد یکسان است. از آنجا که سطح برگ در مراحل اولیه کم است، لذا مقدار قابل توجهی از انرژی خورشیدی تا مدت چند هفته جذب نخواهد شد. حداکثر LAI در ۶۰ روز پس از سبز شدن دیده شد. در انتهای فصل رشد با وقوع پیری و همزمان با اعمال تنش خشکی درهنگام زرد شدن پوشش بلال در ۸۰ روز پس از کاشت، شاخص سطح برگ کاهش بیشتری پیدا کرد. هر چند در انتهای فصل رشد به دلیل افزایش سن گیاه و انتقال مواد از برگ‌ها و ساقه‌ها به اندام‌های زایشی کاهش شاخص سطح برگ امری طبیعی است ولی اعمال تنش خشکی در این زمان نیز تشدید کننده این عامل می‌باشد.

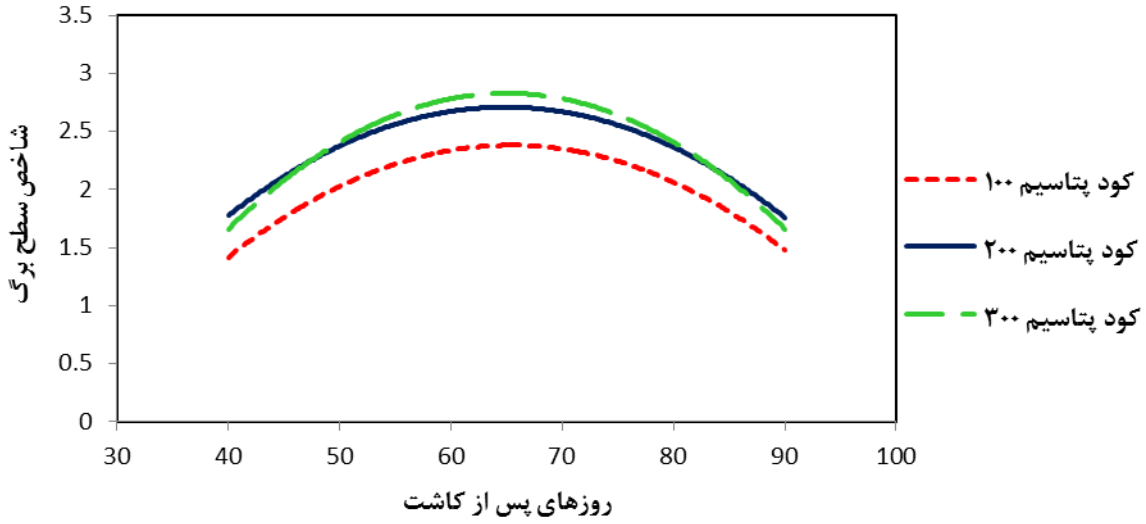
نتایج آزمایش فلنت و همکاران (۱۹۹۶) بیانگر کاهش میزان شاخص سطح برگ بر اثر اعمال تنش به علت کاهش سرعت تولید برگ‌های جدید و تسریع در پیری برگ‌ها می‌باشد.

به طور کلی سطح برگ در شرایط کمبود آب کاهش پیدا میکند، زیرا در شروع تنش آب و با کاهش میزان آب گیاه، سلولها چروکیده شده و دیواره سلولی سست می‌شود و کاهش حجم سلول باعث فشار هیدروستاتیک و یا پتانسیل فشاری کمتر میشود. هرچه تلفات آب و انقباض سلولها بیشتر شود،

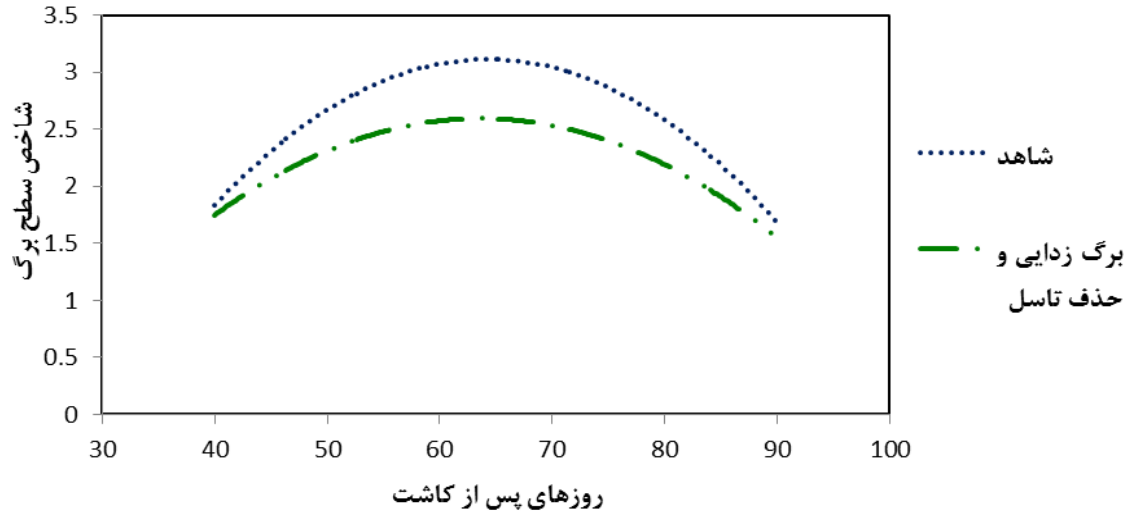
غلظت محلول سلولها بیشتر شده و غشای پلاسما به علت اینکه سطح کوچکتری را نسبت به قبل پوشش می‌دهد، ضخیم تر و فشرده‌تر میشود. به علت اینکه کاهش پتانسیل فشاری اولین اثر مهم بیوفیزیکی تنش آب است، به نظر می‌رسد فعالیت‌های وابسته به پتانسیل فشاری، حساسترین واکنشها نسبت به کمبود آب هستند که در این رابطه به رشد سلول که شامل دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سلول است می‌توان اشاره کرد. البته میزان تأثیر تنش بر رشد سلول بیشتر است، زیرا تا زمانی که سلولی به اندازه کافی رشد نکند، فرآیند تقسیم انجام نخواهد شد که در نهایت ممانعت از رشد سلولی، منجر به کاهش سطح برگ می‌شود و به همین دلیل کاهش سطح برگ، اولین واکنش گیاه به کمبود آب است (تایز و زایگر، ۱۹۹۱).

صابرعلی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم‌دهی به حداکثر می‌رسد و پس از آن به دلیل ریزش برگ‌ها، روند نزولی پیدا می‌کند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، تنش خشکی بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد آن اثر داشته به طوری که باعث کاهش ۲۵ درصد شاخص سطح برگ در ذرت و ۲۰ درصدی در سورگوم شده است (سایر، ۱۹۹۴).

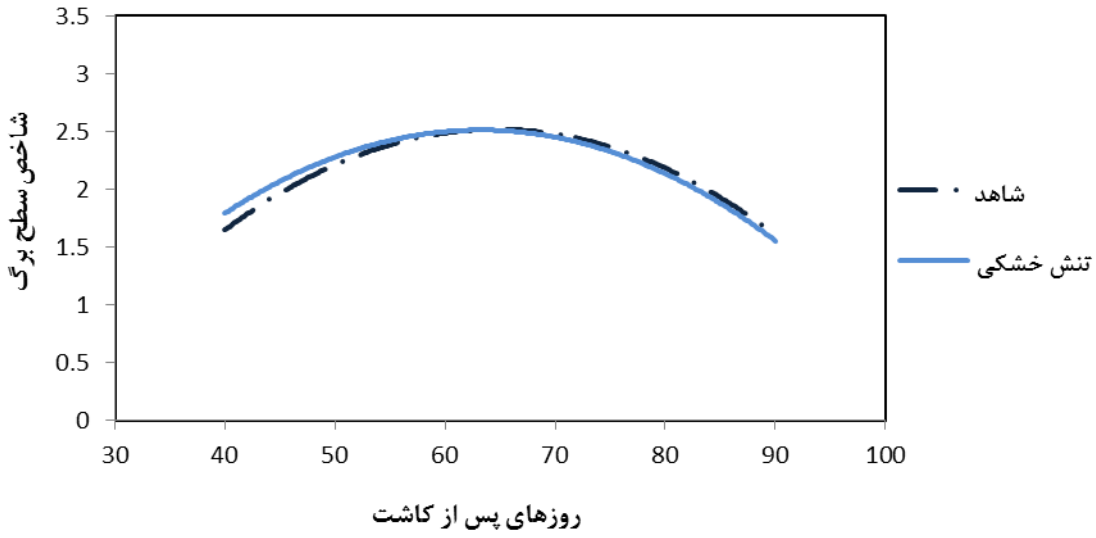
محققان گزارش کرده‌اند که تنش خشکی از طریق کاهش تولید، رشد و افزایش پیری برگ‌ها LAI را کاهش می‌دهد (چاکر، ۲۰۰۴). دایپن بروک (۲۰۰۰) کاهش شاخص سطح برگ را در اثر اعمال تنش خشکی در کلزا گزارش کرده است. مظفری و همکاران (۱۳۷۵) گزارش دادند که آسیب ناشی از تنش خشکی عمدتاً بر مساحت برگ‌ها وارد شده و تعداد برگ صدمه خیلی کمتری دیده است. نوری اظهر و احسانزاده (۲۰۰۷) با بررسی تغییرات شاخص های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم آبی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارد. چاکر (۲۰۰۴) گزارش کرد که کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و رشد و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. ولف و همکاران (۱۹۸۸) عقیده دارند که وجود تنش‌های مختلف محیطی، پیری برگها را تشدید کرده و در نهایت به کاهش سطح برگ ذرت منجر می‌شود.



شکل ۴-۴۱- تاثیر کود پتاسیم بر شاخص سطح برگ



شکل ۴-۴۲- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر شاخص سطح برگ



شکل ۴-۴۳- تاثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ

۴-۱۶-۲- تجمع ماده خشک (TDM)

وزن خشک نهایی گیاه شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود. به طور کلی، وزن خشک بالاتر نشان دهنده کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است.

روند تجمع ماده خشک در پاسخ به کود پتاسیم نشان داد که کود پتاسیم سبب افزایش تجمع ماده خشک در گیاهان شد به طوری که بیشترین تجمع ماده خشک مربوط به تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتاراست. نتایج نشان داد که در تمام تیمارهای کودی حداکثر تجمع ماده خشک در ۱۰۰ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۴-۴۴).

به طور کلی جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر دانه دو راه کار اصلی وجود دارد: افزایش در شاخص برداشت و افزایش در تجمع ماده خشک (اسپکت و همکاران، ۱۹۹۹). مطالعات انجام شده نشان داده است که تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی از روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند. به طوریکه در مراحل اولیه رشد تجمع ماده خشک به صورت بطئی و کند و پس از ورود گیاه به مرحله زایشی به

صورت خطی افزایش یافته و نهایتا با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایشی تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (دیپنبورگ، ۲۰۰۰).

عملکرد ماده خشک گیاهان زراعی نتیجه جذب خالص دی‌اکسیدکربن در طول دوره رشد گیاه می‌باشد. از آنجا که جذب خالص دی‌اکسید کربن به کمک جذب انرژی خورشید میسر می‌باشد و صرف نظر از تغییرات در توزیع تابش خورشیدی در طول فصل رشد، تفاوت عملکرد و تولید ماده خشک بین گیاهان مختلف ممکن است در اثر عوامل عمده‌ای همچون میزان جذب انرژی خورشیدی و بازده استفاده از آن برای تثبیت دی‌اکسید کربن صورت پذیرد (کوچکی و سرمدنیا ، ۱۳۷۸).

در حالت ایده‌آل، عملکرد و مادهٔ خشک گیاهی با افزایش مقدار پتاسیم زیادتر می‌شود تا اینکه کمبود برطرف شود. هنگامی که به نقطهٔ کفایت عنصر نزدیک می‌شویم، واکنش گیاه هم از بین می‌رود، پس از این نقطه کاربرد کود بیشتر نه تنها سود آشکاری برای گیاه ندارد، بلکه در مواردی ممکن است به آن آسیب وارد سازد یا باعث کاهش اجزای رشد گیاه گردد (حق‌نیا و ریاضی، ۱۳۶۸).

لینداور (۱۹۸۵) بیان نمود که کود پتاسیم علاوه بر افزایش تولید ماده خشک و توسعه سطح برگ تا اندازه زیادی باعث نگهداری آب در بافتهای گیاهی تحت شرایط تنش آب می‌گردد.

تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر روند تجمع ماده خشک در شکل (۴-۴۵) نشان داده شده است. میزان تجمع ماده خشک در ۵۰ روز پس از سبز شدن در هر دو تیمار از روند مشابه‌ای برخوردار بود و بعد از این زمان و اعمال تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل تیمار شاهد از تجمع ماده خشک بیشتری نسبت به تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل برخوردار بود. در این منحنی‌ها مقدار تجمع ماده خشک در طی فصل رشد روندی افزایشی را نشان داد و در ۱۰۰ روز پس از کاشت به بالاترین میزان خود رسید.

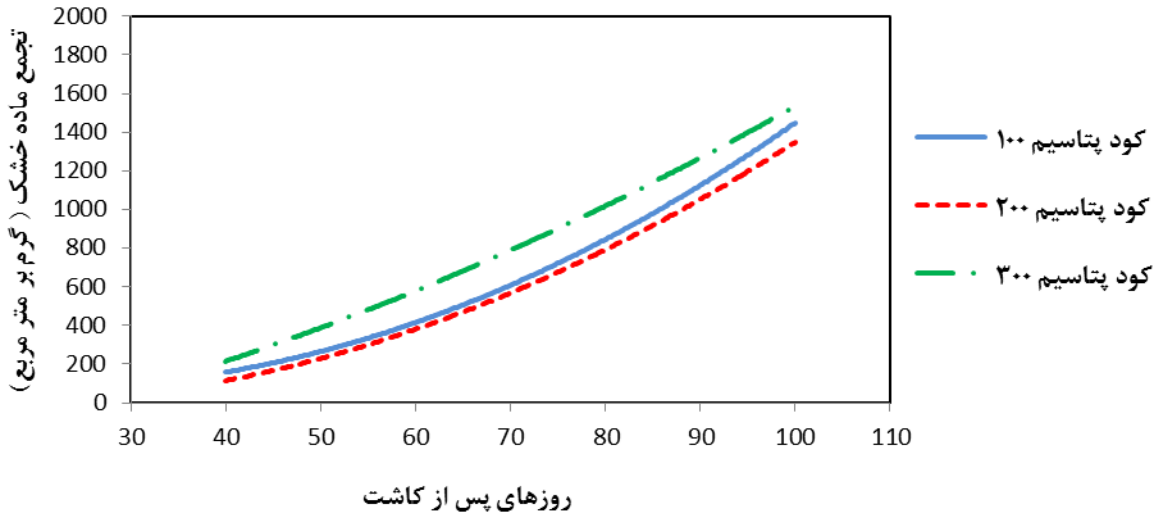
شیوه‌های مختلف برگ‌چینی اثرات متفاوتی بر تجمع ماده خشک و عملکرد ذرت دارد. برگ چینی ممکن است سبب کاهش آهنگ تجمع ماده خشک در گیاه شود (سینگ و نایر، ۱۹۷۵). خان و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای بر روی خردل نشان دادند برگ‌زدایی نیمه فوقانی و یا نیمه تحتانی گیاه

در ۴۰ روز بعد از کشت، تعداد و سطح و ماده خشک برگ و نیز وزن خشک گیاه را در گیاهان تحت تیمار برگ‌زدایی نسبت به شاهد کاهش داد.

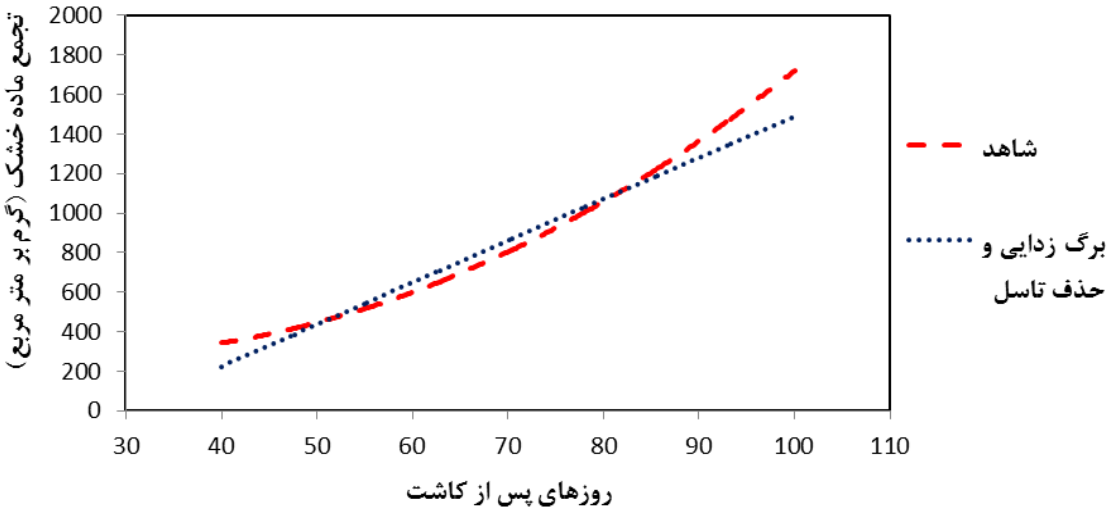
منحنی تجمع ماده خشک از زمان کاشت تا برداشت در شکل (۴-۴۶) نشان می‌دهد که در مراحل اولیه‌ی رشد که تنش خشکی اعمال نشده است، تجمع ماده خشک در هر دو تیمار کم است و اختلاف چندانی بین تیمارها دیده نمی‌شود، در این مرحله گیاه بسیار کوچک است و رشد اندام‌های رویشی ناچیز است. با بزرگ شدن گیاه، رشد اندام‌های هوایی و سطح فتوسنتز کننده افزایش یافته و سرعت تجمع ماده خشک بیشتر می‌شود و در ۹۰ روز پس از کاشت تیمار تنش خشکی اعمال می شود، به طوری که در تیمار آبیاری کامل به علت فراهم بودن آب قابل استفاده در مقایسه با تیمار تنش خشکی ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید گردیده است و در اواخر دوره‌ی رشد، روند رشد سریع گیاه کاهش یافت و گیاه وارد مرحله رسیدگی گردید. در این مرحله به علت سایه اندازی برگ های بالاتر روی برگ‌های پائینی و افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز و همچنین آغاز دوره‌ی پیری و ریزش برگ‌ها و انتقال مواد از بخش‌های رویشی به دانه ماده خشک کل به تدریج روند نزولی داشت.

یکی از دلایل کاهش وزن خشک تجمعی در شرایط تنش خشکی، کاهش سطح فتوسنتز کننده برگ متعاقب کاهش آماس سلولی می‌باشد. حداکثر وزن خشک تجمعی در تیمار شاهد به دلیل تداوم رشد رویشی و تولید ماده خشک بدست آمده است.

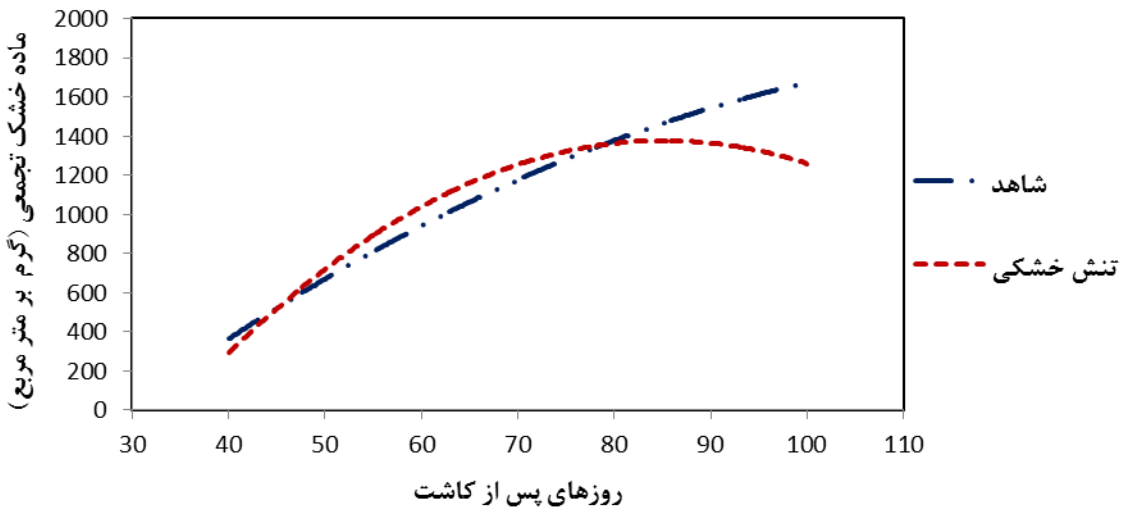
نیومن (۱۹۹۵) اظهار داشت که نخستین پاسخ گیاه به تنش خشکی متعاقب بسته شدن روزنه ها، کاهش رشد برگ‌ها و در نتیجه کاهش تولید اسیمیلات خواهد بود که در نهایت باعث کاهش وزن خشک کل گیاه می شود. همچنین تحقیقات توکلی و همکاران (۱۹۸۹) روی ذرت نیز نشان می‌دهد که تنش خشکی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تجمع ماده خشک در گیاه دارد و با افزایش شدت تنش تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد.



شکل ۴-۴۴- تاثر کود پتاسیم بر تجمع ماده خشک



شکل ۴-۴۵- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر تجمع ماده خشک



شکل ۴-۴۶-تاثیر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک

۴-۱۶-۳- سرعت رشد محصول (CGR)

واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی با سرعت رشد گیاه همراه است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح خاک می‌باشد که براساس گرم در متر مربع در روز بیان می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

بررسی تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به کود پتاسیم در طول فصل رشد نشان داد که، سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاهان جذب می شود کم می‌باشد اما با نمو گیاهان زراعی افزایش می‌یابد (شکل ۴-۴۷). زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته و نور کمتری از میان جامعه گیاهی به سطح خاک نفوذ می‌کند. حداکثر سرعت رشد محصول معمولاً با شروع گل دهی مطابق می‌باشد و در ۶۰ روز پس از کاشت بدست آمد و با رسیدن بیشتر گیاه به دلیل توقف رشد رویشی و اتلاف و پیر شدن برگ‌ها کاهش می‌یابد. بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

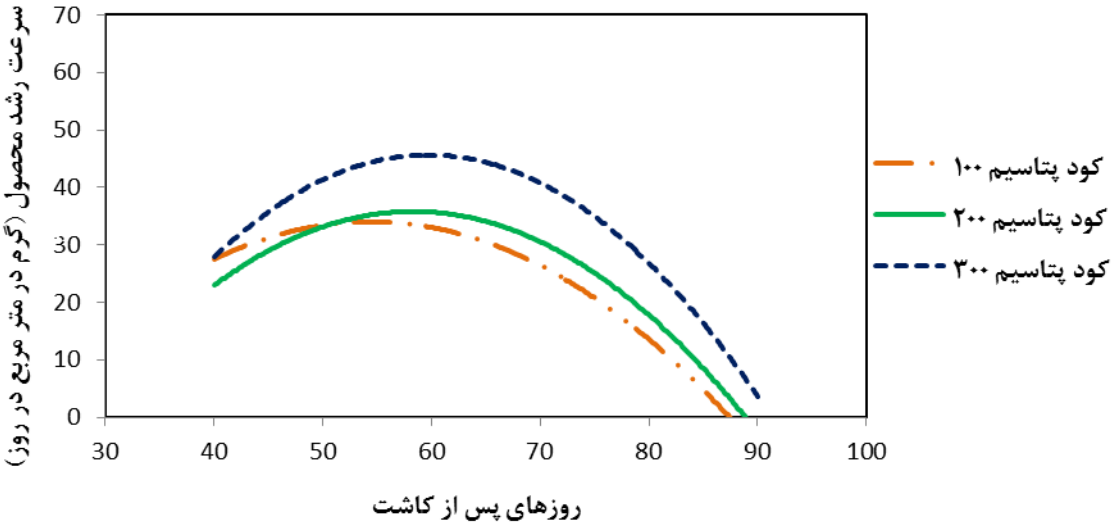
در تحقیق بیک نژاد (۱۳۸۶) مشخص شد که، مصرف کود پتاسیم اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد از جمله RGR و CGR داشت، به طوری که بیشترین میزان RGR وCGR سویا در بین سطوح مختلف پتاسیم، در مقدار ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بدست آمد.

مصرف پتاسیم موجب افزایش سرعت رشد محصول در مقایسه با عدم مصرف (شاهد) شده است که با نتایج عزیزی (۱۳۷۷) مطابقت دارد. وی گزارش کرد که مصرف پتاسیم باعث برتری CGR نسبت به شاهد شده و این برتری در بخش اعظم مراحل رشد زایشی یعنی R1 تا R6 حفظ شد.

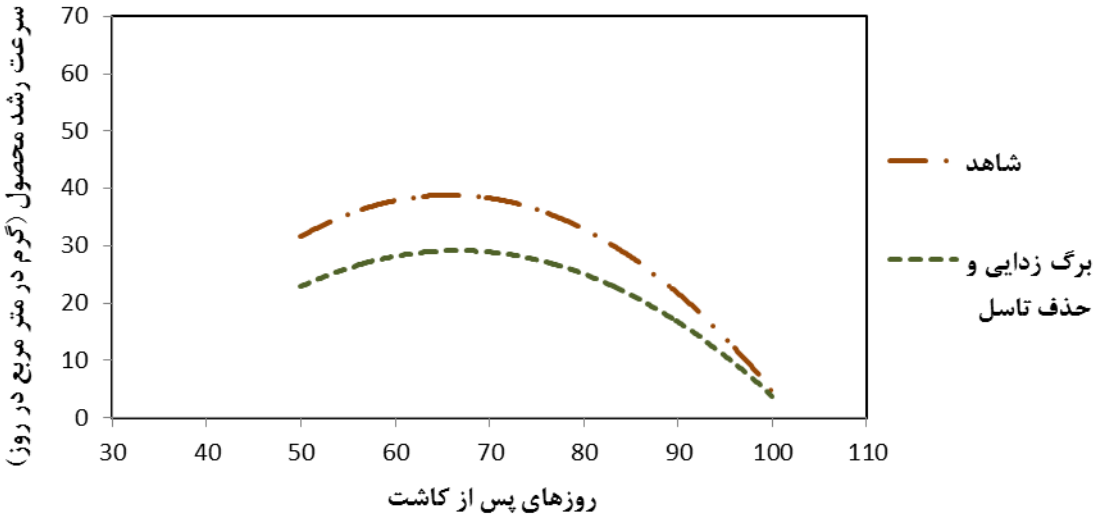
اگلی و همکاران (۱۹۸۵) بیان داشتند که تولید مخازن جدید زایشی در بخش اعظم مراحل گلدهی تا غلاف بندی ادامه داشته، لذا با افزایش CGR به خاطر تخصیص بهتر، منابع فتوسنتزی به آنها، عملکرد افزایش می‌یابد.

شکل (۴-۴۸) روند تغییرات سرعت رشد محصول را تحت تاثیر تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل نشان می دهد. در ۶۰ روز پس از کاشت، در نتیجه اعمال تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل میزان CGR کمتر از شاهد بود و بیشترین مقدار سرعت رشد محصول در ۷۰ روز پس از کاشت و در تیمار شاهد بدست آمد.

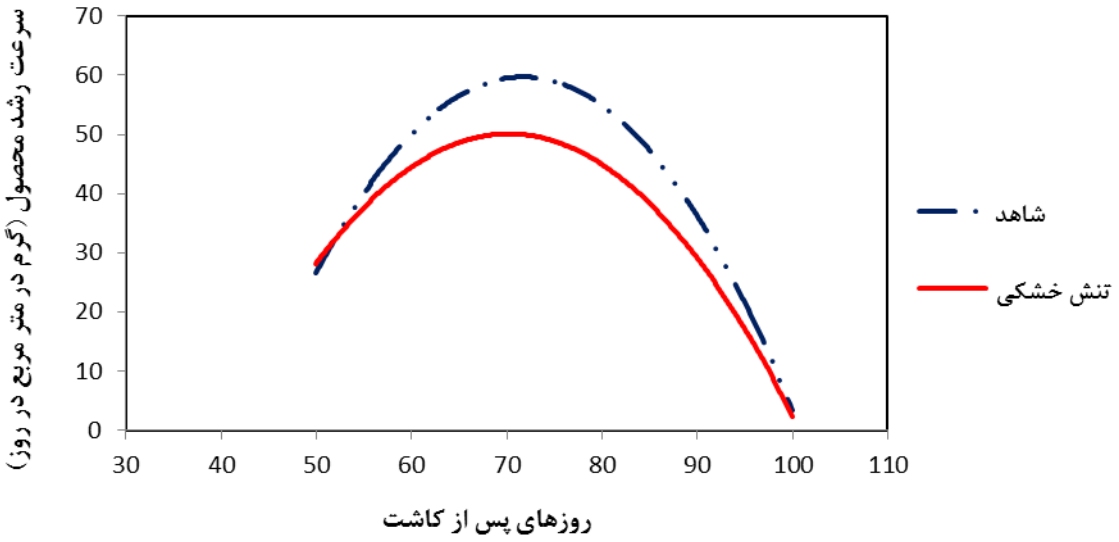
سرعت رشد محصول تحت تاثیر تیمار تنش خشکی در شکل (۴-۴۹) نشان می‌دهد که سرعت رشد محصول تا مرحله گلدهی روند افزایشی و بعد از آن روند نزولی به خود گرفت و چون تیمار تنش در مراحل انتهایی رشد گیاه اعمال شد زمان لازم را برای تحت تاثیر قرار دادن گیاه نداشت و نتیجه تقریبا مشابه‌ای با تیمار شاهد داشت. افزایش CGR در ابتدای فصل رشد به زیاد شدن سطح برگ نسبت داده شده و مقدار آن در مرحله های که LAI حداکثر است، بیشترین می‌باشد، زیرا برگها عامل اصلی فتوسنتز و افزایش ماده خشک در واحد سطح هستند و سپس گیاه اقدام به ریزش برگها می‌کند و به این ترتیب بخشی از سطح سبز خود را از دست می دهد. بعلاوه کاهش سرعت رشد محصول را تا مرز صفر، می‌توان به علت کاهش فتوسنتز خالص و مصرف کربوهیدراتها در مسیر تنفس نسبت داد (کریمی و عزیزی، ۱۹۹۴).



شکل ۴-۴۷- تاثیر کود پتاسیم بر سرعت رشد محصول



شکل ۴-۴۸- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت رشد محصول



شکل ۴-۴۹- تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد محصول

۴-۱۶-۴- سرعت رشد نسبی (RGR)

تاثیر کود پتاسیم بر روند تغییرات رشد نسبی در شکل (۴-۵۰) نشان می‌دهد که میزان سرعت رشد نسبی پس از جوانه‌زنی به کندی آغاز شده و متعاقب آن به سرعت افزایش می‌یابد. به این ترتیب در اولین نمونه برداری (۴۰تا ۵۰ روز پس از کاشت)، مقدار RGR در بالاترین حد خود قرار داشت. با گذشت زمان و رشد بیشتر گیاه و به علت افزایش سایه‌اندازی مقدار سرعت رشد نسبی کند شد و کاهش پیدا نمود. بیشترین رشد نسبی مربوط به تیمار کود پتاسیم ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

مقدار RGR در ابتدای فصل رشد به دلیل رشد سریع گیاهان، وجود حداکثر بافت‌های جوان و وزن اولیه کم گیاه نسبت به زمان‌های دیگر بیشتر است. با گذشت زمان برگ‌های پایینی گیاه به دلیل پیری و در سایه قرار گرفتن، قادر به فتوسنتز مناسب نمی‌باشند، لذا اسیمیلات تولید شده به کل وزن خشک کاهش می‌یابد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴). در اواخر رشد RGR منفی می‌شود که دلیل آن ریزش برگ‌های گیاه و کاهش شدید فتوسنتز می‌باشد.

سرعت رشد نسبی در پاسخ به تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل کاهش بیشتری نسبت به شاهد نشان داد (شکل۴-۵۱). به این ترتیب مقدار سرعت رشد نسبی در اوایل دوره رشد و در تیمار شاهد بیشترین مقدار بوده و در طول دوره رشد کاهش یافت.

اعمال تیمار برگ‌زنی باعث کم شدن سطح فتوسنتزی در گیاه گردید و در نتیجه میزان فتوسنتز و مادهٔ خشک کاهش می‌یابد که آن نیز به نوبه خود باعث کاهش میزان RGR تیمارهای برگ‌زنی نسبت به تیمار شاهد می‌گردد (حاجی حسنی اصل و همکاران، ۱۳۸۷).

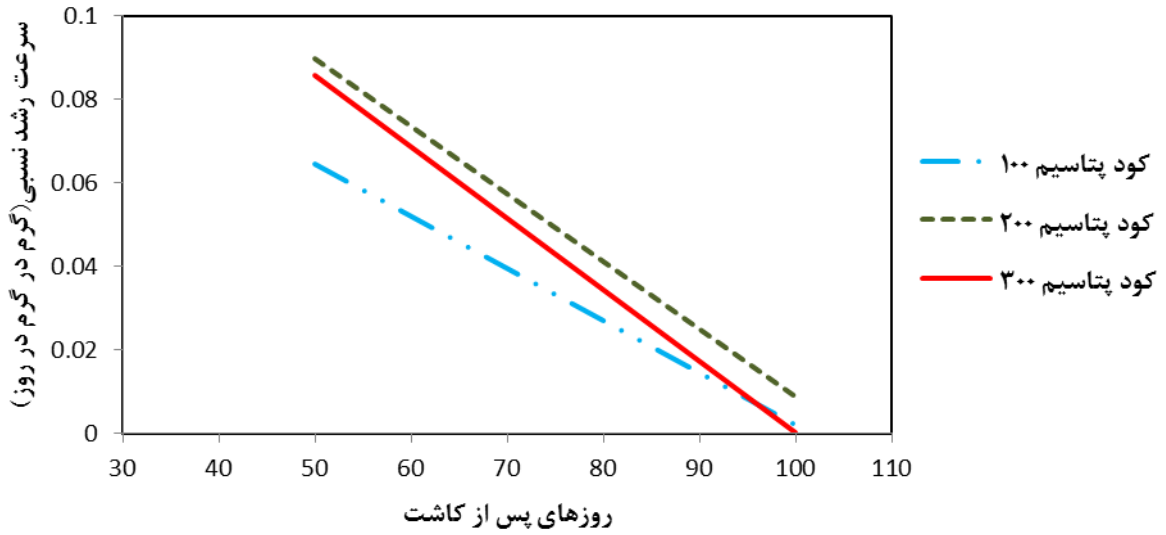
روند تغییرات سرعت رشد نسبی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی و فراهمی رطوبت نشان داد که غالباً با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی بطور خطی کاهش می‌یابد (شکل ۴-۵۲). این شرایط به دلیل افزایش بافت های ساختمانی غیر فعال در فرآیندهای متابولیکی است که سهمی در تولید گیاه ندارند. بعلاوه سایه‌اندازی برگ های جدید و افزایش سن برگ‌های بخش زیرین سایه انداز گیاهی از دلایل دیگر کاهش مقدار سرعت رشد نسبی است. به نظر میرسد که شیب کاهش سرعت رشد نسبی به دلیل سرعت بیشتر کاهش تولید ماده خشک در تیمار تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد است.

۸۰ روز پس از کاشت و همزمان با اعمال تنش خشکی در زمان زرد شدن پوشش بلال، RGR کاهش بیشتری نسبت به شاهد نشان داد. همچنین در ۹۰ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت تنش خشکی موجب کاهش RGR نسبت به شاهد گردید، هرچند کاهش این مقادیر چشم‌گیر نبود.

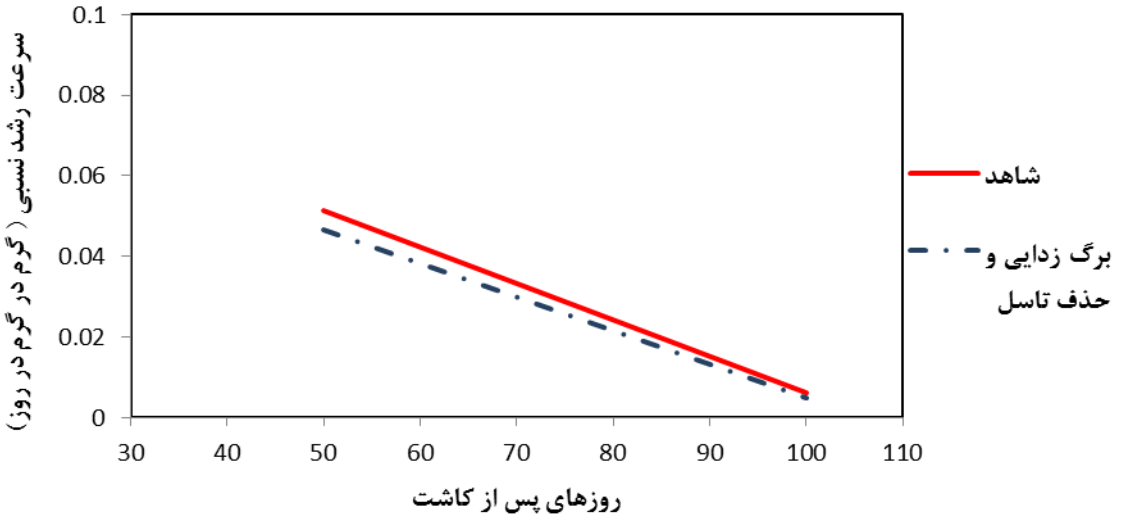
در ابتدای فصل رشد، میزان RGR به علت نفوذ نور به داخل جامعه‌ی گیاهی، سایه اندازی کمتر برگ‌ها و در نتیجه تنفس کمتر بالاتر می‌باشد، اما با افزایش سن گیاه میزان رشد نسبی کاهش می‌یابد، زیرا بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند، بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و درفتوسنتز نقشی ندارند (کریمی و صدیقی،۱۹۹۱).

کاتی‌یار (۱۹۸۰) نیز طی آزمایشی روی نخود ملاحظه نمود که سرعت رشد نسبی در اکثر ارقام مورد آزمایش نخود به مدت کوتاهی قبل از گلدهی به حداکثر مقدار می‌رسد و با شروع مرحله زایشی،

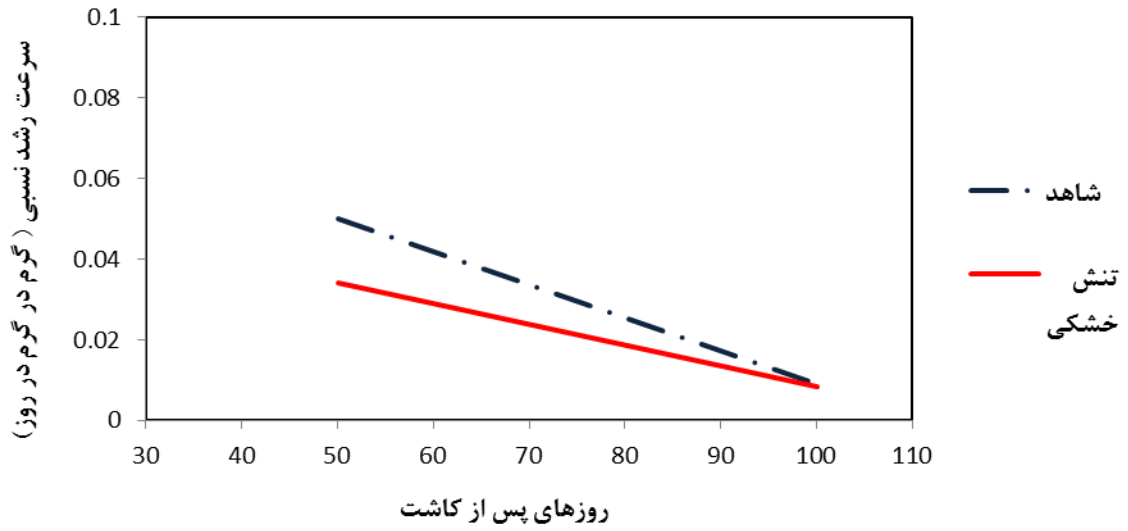
سرعت رشد نسبی کاهش یافته و در انتهای این مرحله به علت ریزش برگ‌ها و کاهش ماده خشک، مقادیر منفی به خود می گیرد.



شکل ۴-۵۰- تاثیر کود پتاسیم بر سرعت رشد نسبی



شکل ۴-۵۱- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت رشد نسبی



شکل ۴-۵۲- تاثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی

۴-۱۶-۵- سرعت جذب خالص(NAR)

سرعت جذب خالص عبارت است از مادهٔ خشک تولید شده یا میزان مواد فتوسنتزی تولید شده در واحد سطح برگ در مدت زمان معین که واحد آن گرم در متر مربع در روز یا هفته می‌باشد. این شاخص بیان کننده مواد ساخته شده خالص در واحد زمان و در واحد سطح برگ است. این شاخص معیاری از مدل کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعه گیاهی می‌باشد (سبحانی، ۱۳۸۰).

نتایج این آزمایش نشان داد که روند تغییرات جذب و فتوسنتز خالص با کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها جذب و فتوسنتز خالص و کود پتاسیم کاهش یافت (شکل ۴-۵۳). ظاهرا جذب و فتوسنتز خالص (NAR) تحت تاثیر عوامل بسیار زیادی قرار داد که عملا اندازه گیری آن‌ها پیچیده بوده و به سادگی قابل تشخیص نیست. به همین دلیل نتایج بسیاری از محققین در مورد جذب وفتوسنتز خالص با یکدیگر تفاوت دارد.

عزیزی (۱۳۷۷) گزارش کرد مقادیر بالای پتاسیم در خاک بالاترین NAR را در فاصلهٔ زمانی گلدهی تا دانه بندی نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد که این مورد به خاطر تحریک تشکیل و فعالیت فتوسنتزی مخازن جدیدی باشد که به خاطر فراهمی بیشتر پتاسیم، دراین بازه زمانی به وجود می‌آیند.

شکل (۴-۵۳) روند تغییرات NAR را در سه سطح مختلف کود پتاسیم نشان می‌دهد. در ابتدای فصل رشد همانطور که مشاهده می‌شود در تیمارهایی که سطوح کودی بالاتری استفاده شده است در طول فصل رشد نسبت به سطوح دیگر میزان NAR بالاتر بوده است و در اواخر رشد میزان NAR در سطوح کمتر با شیب تندی کاهش یافته است که موضوع به ریزش زودتر برگها در این تیمار نسبت به سایر تیمارها مربوط می‌باشد. در نتیجه در تیمارهایی که سولفات پتاسیم با سطوح بالاتر اعمال شده، به دلیل فتوسنتز بیشتر در طول فصل رشد و به علت وجود برگ‌های سبز بیشتر، تجمع ماده خشک و عملکرد بیشتری بدست آمد. سرعت فتوسنتز خالص یک معیار مناسب برای بیان ویژگی‌های رشد گیاهان است و از آنجائیکه برگ‌ها، عمده ترین عامل فتوسنتز کننده گیاه می باشند لذا بیان رشد براساس سطح برگ مطلوب به نظر می‌رسد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۲).

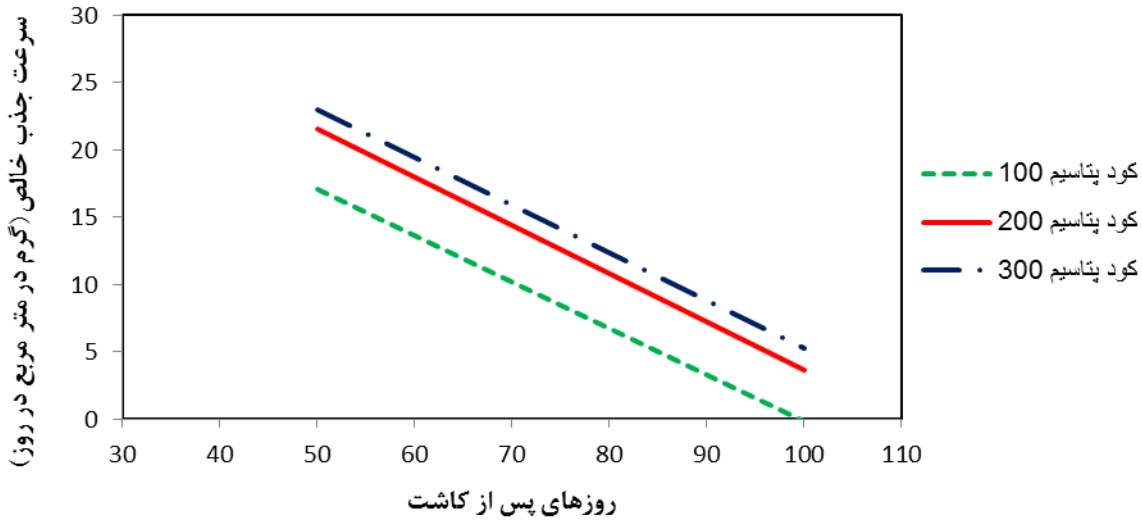
شکل (۴-۵۴) بیانگر منحنی سرعت جذب خالص برای تیمار برگ‌زدایی و حذف تاسل بود. تیمار شاهد با روند عادی رشد به تدریج کاهش می‌یابد اما سرعت جذب خالص برای تیمارهای برگ زدایی کمی افزایش می یابد که علت آن کاهش شاخص سطح برگ می‌باشد.

می‌توان اظهار داشت که اعمال برگ‌زدایی در هر مرحله‌ای از رشد و در هر مکانی که باشد موجب افزایش NAR می‌گردد که علت آن کاهش میزان شاخص سطح برگ بر اثر حذف برگ می باشد، زیرا وزن برگ‌های حذف شده ناچیز می‌باشد در حالی که همین برگ‌ها دارای شاخص سطح برگ قابل توجهی می‌باشد و در نتیجه صورت کسر کاهش کمتری نسبت به مخرج دارد (حاجی حسنی اصل و همکاران، ۱۳۸۷).

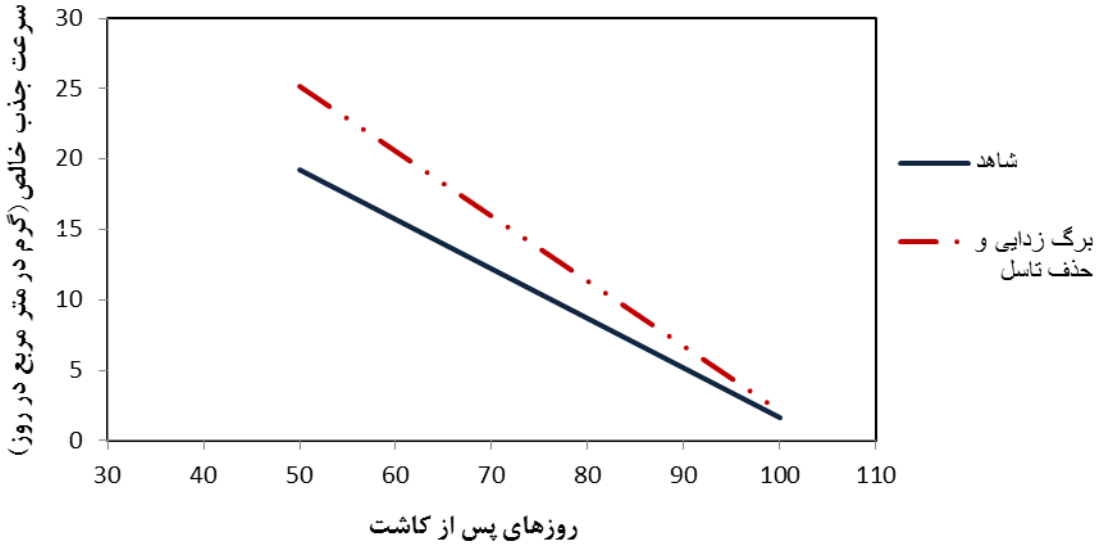
سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. با افزایش رشد، برگ‌های گیاه افزوده شده و برگ‌های بالایی جامعهٔ گیاهی موجب سایه اندازی بر روی برگهای پایین‌تر شده و هر قدر سایه اندازی بیشتر شود مقدار سرعت جذب خالص کاهش بیشتری نشان می دهد. با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبهٔ خود موجب افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص خواهد شد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۸).

شکل (۴-۵۵) روند تغییرات سرعت جذب خالص را در گیاه ذرت دانه‌ای تحت تاثیر تنش خشکی نشان می دهد. بالاترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد متعلق به تیمار تنش خشکی به دلیل عدم اعمال تنش در اوایل فصل رشد بود و با گذشت زمان و افزایش سن گیاه و اعمال تیمار تنش خشکی بیشترین میزان کاهش در جذب خالص در تیمار تنش خشکی حاصل شد.

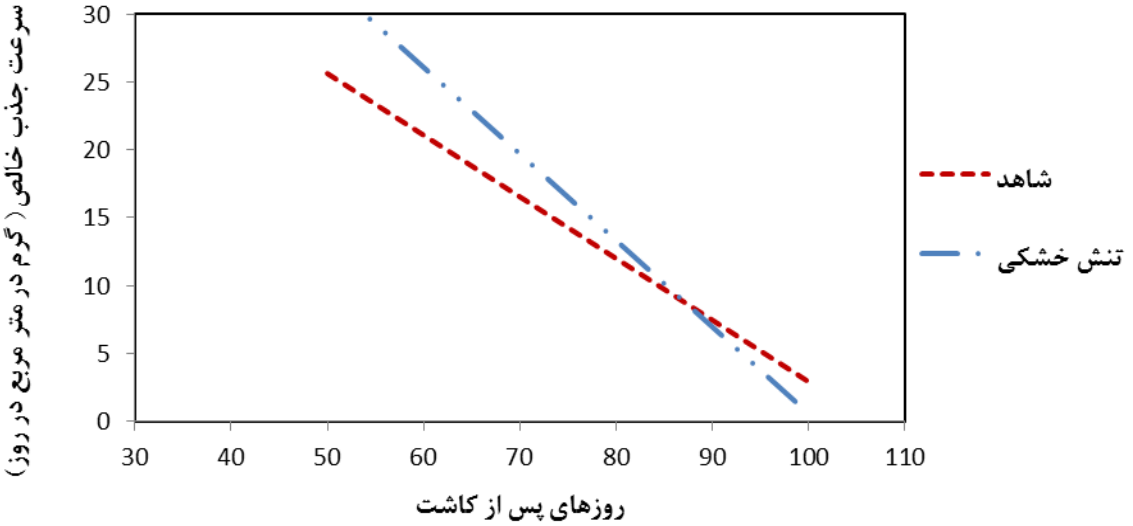
تزارا و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که تنش خشکی، سرعت اسیمیلاسیون خالص و پتانسیل آب برگ را در آفتابگردان کاهش داد.



شکل ۴-۵۳- تاثیر کود پتاسیم بر سرعت جذب خالص



شکل ۴-۵۴- تاثیر برگ‌زدایی و حذف تاسل بر سرعت جذب خالص



شکل ۴-۵۵- تاثیر تنش خشکی بر سرعت جذب خالص

۴-۱۷- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. با افزایش سطح کود پتاسیم از ۲۰۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تعداد دانه در بلال، وزن دانه و عملکرد دانه افزایش یافت.

۲. کود پتاسیم سبب افزایش وزن خشک ساقه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گردید.

۳. کاربرد کود پتاسیم موجب افزایش پتاسیم دانه شد.

۴. کود پتاسیم شاخص‌های رشد، مانند شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص و سرعت رشد محصول را افزایش داد.

۵. تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک بلال و وزن چوب بلال گردید.

۶. در شرایط تنش خشکی تعداد دانه در ردیف افزایش یافت.

۷. تنش خشکی موجب افزایش پتاسیم دانه در ذرت گردید.

۸. تنش خشکی در زمان پر شدن دانه از طریق کاهش فتوسنتز که مهم‌ترین منبع تشکیل دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد سبب کاهش عملکرد دانه گردید.

۹. برگ‌زدایی و حذف تاسل صفات ارتفاع، وزن خشک برگ، تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه را کاهش داد.

۱۰. برگ‌زدایی و حذف تاسل سبب افزایش پتاسیم دانه و کاهش پروتئین دانه شد.

۴-۱۸- پیشنهادات

این تحقیق در یک سال زراعی، یک مکان و روی یک رقم صورت گرفت و به این دلیل موارد زیر برای دست یافتن به نتایج تکمیلی پیشنهاد می‌گردد:

۱. تکرار این آزمایش در شرایط مشابه و نیز در مناطق مختلف و با سطوح مختلف کودی می‌تواند مفید باشد.
۲. تاثیر کود پتاسیم در سطوح مختلف تنش خشکی در ذرت مورد بررسی قرار گیرد.
۳. برگ‌زدایی با شدت و در زمان‌های مختلف در مراحل نموی ذرت مورد بررسی قرار گیرد.
۴. سطوح مختلف کود پتاسیم در منطقه مورد بررسی قرار گیرد و بهترین سطح معرفی گردد.
۵. اثر سطوح مختلف کود پتاسیم در کاهش سایر تنش‌ها مثل شوری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ضمیمه ۱-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال
تکرار	۳	۱۳/۰۸۹	۲۸/۵۲۳	۲۴۰۷/۷۶۱	۳۴/۳۱۴	۵۷۱۲/۹۴۶
کود پتاسیم	۲	۱۶۳/۸۸۳	۷۸/۱۴۷	۱۸۲۵۱/۰۴۵*	۹۶/۹۱۴	۲۶۹۵۲۴/۹۶۶**
تنش خشکی	۱	۶۳۸/۰۹۴*	۲۸۵۳/۰۰۸**	۲۰۷۸۵۳/۰۱۴**	۸۸۷۸/۳۵۳**	۳۰۰۸۴/۹۱۰**
کود پتاسیم × تنش خشکی	۲	۱۴۲/۹۱۲	۷/۳۷۶	۳۰۴۰/۱۶۰	۳۱/۹۵۶	۱۱۲۲۲/۶۸۸
برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۱۱۶۹۷/۸۲۲**	۵۳۰/۶۷۰**	۱۲۰۱۸/۴۵۲	۲۵۱۶/۱۹۰**	۶۷۹۶/۹۳۴
کود پتاسیم × برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۱۶۳/۴۲۳	۱۸۷/۲۷۰*	۱۹۳۴۳/۹۹۱*	۶۵۵/۶۳۳**	۴۴۱۸۷/۳۷۳
تنش خشکی × برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۴۸/۶۶۲	۷۳۰/۵۴۸**	۱۰۸۵/۵۵۶	۲۰/۷۹۰	۲۶۷۶۶۱/۹۴۳
کود پتاسیم × تنش خشکی × برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۱۳/۰۰۶	۱۷/۳۹۰	۱۰۶۸۱/۳۵۳	۴۹۸/۴۸۴*	۸۱۱۱/۷۷۴
خطا	۳۳	۹۳/۷۴۶	۴۰/۶۵۸	۵۴۱۱/۸۶۱	۱۰۸/۹۷۳	۱۷۳۷۷/۹۴۴
ضریب تغییرات(درصد)		۷/۱۹	۵/۲۳	۱۳/۵۳	۶/۸۰	۱۵/۰۳

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ضمیمه ۲-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد کل دانه	وزن چوب بلال
تکرار	۳	۵/۹۸	۲۰/۴۰۱	۳۹۷۱/۹۶	۱۲/۶۲۵
کود پتاسیم	۲	۱/۸۰۲	۳۰/۶۲	۱۶۹۰۱/۰۹**	۲۷/۶۰۴
تنش خشکی	۱	۶/۴۰۲	۱۹۸/۸**	۱۴۰۰۵/۲۵*	۶۵/۹۴*
کود پتاسیم×تنش خشکی	۲	۷/۷۱۹	۲۲/۳۸	۱۰۰۰۳/۴۹*	۳/۰۰۳
برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۱۲/۲۷۲	۷۰/۷۱۳**	۲۷۲۳۰/۵**	۱۳/۱۸
کود پتاسیم×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۹/۶۸۳	۳۰/۶۸۱	۷۹۴۱/۱۲۸*	۲۶/۳۷
تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۱۵/۵۶۱	۳۱/۱۳۷	۷۰۸/۷۸	۲۸/۸۳
کود پتاسیم×تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۲/۲۱	۹۶/۵۱**	۳۰۷۳۲/۶**	۱۴/۰۱
خطا	۳۳	۳/۴۰	۱۱/۵۶	۲۰۸۹/۹۳	۱۳/۱۶۳
ضریب تغییرات(درصد)		۱۶/۴۵	۱۳/۷۵	۱۶/۲۳	۱۰/۰۴

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ضمیمه ۳-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۳	۱۱۴۸۰۶۹/۲۶	۸۰۹۳۹۵/۹۰	۳۱/۲۹۸
کود پتاسیم	۲	۱۶۸۰۴۸۴۸/۹۳**	۲۱۳۱۱۸۳۴/۴۸**	۲۰۷/۱۵۵**
تنش خشکی	۱	۸۹۵۶۳۴/۲۱۵	۱۷۰۱۶۸۵/۲۰	۷۰/۲۵۳
کودپتاسیم×تنش خشکی	۲	۶۹۸۶۴۹۶/۱۳*	۲۸۸۳۲۳۹/۰۲۶	۶۷/۰۷۰
برگ‌زدایی و حذف تاسل	۱	۳۹۷۷۱۲۴۳/۴۵۶**	۵۷۷۳۱۶۱/۴۴۹	۷۷۷/۲۲۸**
کود پتاسیم×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۹۴۰۴۸۹۷/۰۳۲*	۱۹۸۸۵۲۵۲/۳۲۱**	۴۲/۸۹۸
تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۱۱۵۷۳۵۲۸/۶۴*	۹۷۴۳۷۶۴/۳۱۲**	۵۴/۰۸۱
کود پتاسیم×تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۱۲۰۵۰۲۸۵/۳۶**	۳۴۶۵۲۹۳۰/۰۶۶**	۲۸۲/۰۹۷**
خطا	۳۳	۲۰۶۱۰۹۱/۸۵	۱۸۵۲۶۲۹/۴۱۰	۲۲/۵۵۷
ضریب تغییرات		۱۴/۷۵	۸/۶۴	۱۰/۱۱

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ضمیمه ۴-میانگین مربعات برخی صفات تحت تاثیر عوامل آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن صد دانه	پتاسیم دانه	پروتئین دانه
تکرار	۳	۷۳/۴۲۰	۰/۰۰۴**	۲/۲۲۱
کود پتاسیم	۲	۱۵/۲۴۶	۰/۰۰۲*	۲/۸۰۲
تنش خشکی	۱	۱۰/۹۶۳	۰/۰۵۰**	۵/۳۲۰
کود پتاسیم×تنش خشکی	۲	۲۲۳۵/۰۳۶**	۰/۰۰۱	۱۴/۳۳۷**
برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۳۹۲/۲۷	۰/۰۱۳**	۳۱/۹۴۸**
کود پتاسیم×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۶۱۷/۵۱۴	۰	۱۹/۲۴۸**
تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۱	۱۳۵۵/۵۳*	۰	۲/۰۴۲
کود پتاسیم×تنش خشکی×برگ زدایی و حذف تاسل	۲	۳۰۳/۷۱۴	۰/۰۰۱	۱/۱۴۴
خطا	۳۳	۱۸۹/۷۹۶	۰/۰۰۱	۲/۳۶۳
ضریب تغییرات		۷/۱۸	۲/۱۹	۱۵/۴۱

*، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ضمیمه ۵ - مقایسه میانگین اثرات کود پتاسیم، تنش خشکی و برگ‌زدایی و حذف تاسل بر برخی صفات

	ترکیب تیماری		تعداد دانه در ردیف	تعداد کل دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت
کود پتاسیم ۱۰۰	عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۲۹/۶ab	۳۴۱/۲b	۱۱۷۸۰a	۱۵۸۴۰b	۵۲/۸۸a
		تنش خشکی	۲۳/۲cde	۲۳۲/۶cde	۸۳۵۲cd	۱۵۸۸۰b	۳۹/۷۱cd
	برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۲۱/۱۷ef	۲۴۹/۵cde	۱۰۴۴۰ab	۱۴۱۶۰bcd	۳۵/۸۲d
		تنش خشکی	۲۲/۳def	۲۲۲/۵de	۷۱۶۷d	۱۲۹۳۰d	۳۵/۴۶d
کود پتاسیم ۲۰۰	عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۲۷/۸abc	۳۳۴/۴cde	۹۴۱۵bc	۱۵۰۵۰bc	۵۳/۴۶a
		تنش خشکی	۲۳/۹۷cde	۲۹۰/۹bc	۸۶۷۳bc	۱۸۱۷۰a	۵۳/۰۸a
	برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۲۳cde	۲۶۵/۲cd	۹۳۹۷bcd	۱۴۶۵۰bcd	۴۵/۹۷bc
		تنش خشکی	۱۷/۹۷f	۱۹۴/۷e	۶۸۲۳d	۱۳۵۴۰cd	۴۳/۷۸bc
کود پتاسیم ۳۰۰	عدم برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۳۲/۳a	۴۲۳/۱a	۱۲۰۱۰a	۱۹۲۹۰a	۵۳/۵۲a
		تنش خشکی	۲۴/۱۵cde	۲۹۶/۹bc	۱۱۷۵۰a	۱۸۵۸۰a	۵۳/۴۴a
	برگ‌زدایی و حذف تاسل	عدم تنش خشکی	۲۶/۱bcd	۲۸۹/۷bc	۱۱۵۷۰a	۱۵۴۶۰bc	۴۷/۵۶ab
		تنش خشکی	۲۵/۰۸bcde	۲۳۹/۴cde	۹۴۰۴bc	۱۵۳۷۰bc	۴۹/۲۱ab
	LSD 5%		۴/۸۹	۶۵/۷۷	۲۰۶۵	۱۹۵۸	۶/۸۳

منابع مورد استفاده

احسانی م و خالدی ه، (۱۳۸۲)، **"بهره وری آب کشاورزی(تألیف)** " گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران :کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

آلیاری ه و شکاری ف، (۱۳۷۹)، **" دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی)** " انتشارات عمیدی، تبریز، ۱۸۲ صفحه.

امام ی و ثقه الاسلامی م ج، (۱۳۷۶) "اثر برگ‌زدایی بر الگوی تجمع ماده خشک و عملکرد نهایی ذرت"، چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۶۲۶ صفحه.

امام ی، (۱۳۸۶)، **"زراعت غلات"** چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۹۰ صفحه.

امام ی و ثقه الاسلامی م ج، (۱۳۸۴) **"عملکرد گیاهان زراعی (فیزیولوژی و فرآیندها)** " انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۹۲ صفحه.

امیری ر و فلاح و م، (۱۳۷۵)، " بررسی پتانسیل تثبیت و اشکال مختلف پتاسیم در اراضی شالیکاری شرق گیلان"، پنجمین کنگره علوم خاک ایران(خلاصه مقالات)، آموزشکده کشاورزی کرج، کرج، ایران.

امیر مکری ه، بای بوردی م ، ملکوتی م ج، و نفیسی م، (۱۳۷۹) **"تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار"** نشر آموزش کشاورزی.

باصفا م و طاهریان م، (۱۳۸۸)، **"راهبردهای کاهش اثرات خشکی در ذرت و سورگم"** مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی - ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور.

برادران ر، (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت:"بررسی تاثیر خشکی روی خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا" ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ۱۸۷ صفحه.

بیک‌نژاد ص، (۱۳۸۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت: "بررسی مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و منیزیم بر صفات زراعی ژنوتیپهای سویا"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۸ صفحه.

پورصالح م، (۱۳۷۳)، **"غلات"** انتشارات صفار، ۱۴۴ صفحه.

ترحمی گ.، لاهوتی م. و عباسی ف، (۱۳۸۹) " بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروزک"، **فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان**، جلد ۳، شماره ۹، صفحات ۷-۱.

جعفری پ و ایمانی م ر، (۱۳۸۳)، "مطالعه اثرات تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت"، خلاصه مقالات هشتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده علوم کشاورزی گیلان، ایران.

حاجی حسنی اصل ن.، رشدی م.، غفاری م.، علیزاده ا. و مرادی اقدام ا، (۱۳۸۷) "اثر تنش خشکی و برگ‌زنی بر شاخص‌های رشد آفتابگردان روغنی"، **مجله پژوهش در علوم زراعی**، سال اول، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۷، صفحه ۲۸-۱۳.

حبیب‌زاده طبری ف، (۱۳۸۲)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت: "بررسی تاثیر مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه سویا در منطقه مازندران"، دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران، ۸۲ صفحه.

حبیبی ح ، مبصر ح ر و دستان س، (۱۳۹۰)، " بررسی اثرات تاریخهای نشاءکاری و کاربرد پتاسیم بر حرکت خمش، عملکرد کمی وشاخص برداشت برنج رقم طارم محلی"، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور۱۳۹۰.

حسین‌زاده مقدم ه، (۱۳۷۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد،" بررسی اثر سر برداری بوته‌ها بر روی برخی خصوصیات رشدی عملکرد و امکان استفادهٔ دو منظوره از ذرت دانه‌ای" .دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران.

حق پرست تنها م ر، (۱۳۷۱) **"تغذیه و متابولیسم گیاهان"**، انتشارات دانشگاه آزاد واحد رشت، ۱۹۸ صفحه.

حق نیا غ و ریاضی همدانی ع، (۱۳۶۸) " **اصول ودیدگاههای تغذیه معدنی گیاهان**" مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۴۱۷ صفحه.

حکمت شعار ح، (۱۳۷۲) "**فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار(ترجمه)** " ص ۱۹.

حیدری شریف آباد ح و دری م ع، (۱۳۸۲) "**نباتات علوفه‌ای (گندمیان)** " جلد دوم، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.

حیدری شریف آباد ح، (۱۳۸۳) "**جذب آب و تعرق**" وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت، کمیته ملی خشکی و خشکسالی کشاورزی، تهران، ۱۹۴ صفحه.

خاکپور ر، (۱۳۷۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد: " تعیین میزان آبیاری، مطالعه شاخص‌های رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب دو رقم ذرت زودرس در اصفهان"، دانشگاه صنعتی اصفهان.

خاوری خراسانی س، پاره کار م و باصفا م، (۱۳۸۵)، " بررسی اثرات تنش‌آبی در مراحل ابتدائی رشد بر عملکرد ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای"، گزارش نهایی شماره ۸۶/۱۰۹۹. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی .ص ۸۱.

خدابنده ن، (۱۳۷۵) "**غلات**" انتشارات دانشگاه تهران، ۵۳۷ صفحه.

خدابنده ن، (۱۳۸۲) "**غلات**" موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. چاپ هفتم، ۵۹۲ صفحه.

خلدبرین ب و اسلام زاده ط، (۱۳۸۴) "**تغذیه معدنی گیاهان آلی (ترجمه)** " جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۹۵ صفحه.

خواجه‌پور م، (۱۳۷۴) "**اصول و مبانی زراعت**" انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

دانشمند ع.، شیرانی راد ا.م. و اردکانی م.ر، (۱۳۸۵) "ارزیابی تحمل به تنش کم آبی در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا" **پژوهشنامه کشاورزی. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان**، جلد ۱: شماره ۱: ۶۴ ص.

دانشیان ج، مجیدی ا، نور محمدی ق و جنوبی پ، (۱۳۸۵)، "بررسی تأثیر خشکی و کاربرد مقادیر مختلف پتاسیم بر روی سویا"، نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات (چکیده مقالات) ۷-۵ شهریور ماه، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

دست بری ر، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت: "اثرات شدت تنش خشکی بر روند پر شدن دانه و عملکرد ژنوتیپ های زمستانه گندم در شرایط دیم"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۱۱۱ صفحه.

دست بندان نژاد س. و ساکی‌نژاد ط، (۱۳۸۸) "اثر سطوح مختلف پتاسیم بر مولفه های عملکردی و تنظیم فشار اسمزی گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز"، **فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال اول، شماره دو، تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۲۵-۱۷.

دهقانزاده ح. و نوزاد نمینی ک، (۱۳۸۸)، " تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر تجمع پرولین، قندهای آزاد محلول و پتاسیم در ارقام گندم نان"، **فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی**، شماره ۱، صفحات۲۰-۱۶.

راشد محصل م ح، حسینی م، عبدی م و ملافیلابی، (۱۳۷۶) "**زراعت غلات**" ترجمه و تدوین، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۶ صفحه.

رحمتی ع، (۱۳۸۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت: "تأثیر تراکم و تغییر میزان مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید آفتابگران"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

رشدی م، رضادوست س و خلیلی محله ج، (۱۳۸۵)، "بررسی اثرات تراکم گیاه و برگ‌زنی در مراحل نمو بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان آجیلی"، چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، صفحه ۹۵.

روشن ضمیر ح، حسینی س م، میرطالبی س ح و امینی ز، (۱۳۹۰)، "تأثیر سطوح سولفات پتاسیم و دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در منطقه سردسیر شمال فارس"، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور۱۳۹۰.

زارع فیض آبادی ا. و کوچکی ع، (۱۳۷۸) "بررسی کارآیی انرژی و برخی از نظامهای زراعی متداول و اکولوژیک در تناوب های مختلف گندم"، **مجله علوم زراعی ایران**، جلد ۱، شماره ۴، ۱۲-۱.

سالاردینی ع، (۱۳۸۴) " **حاصلخیزی خاک (تالیف)** " انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۴ صفحه.

سالاردینی ع ا و مجتهدی م، (۱۳۷۶) "**اصول تغذیه گیاه، جلد دوم (ترجمه)** " انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران ۳۱۵ صفحه.

سبحانی ع ر، (۱۳۸۰)، رساله دکتری رشته زراعت: "بررسی جنبه‌های فیزیولوژیک تنش کم‌آبی و تغذیه پتاسیم در گیاه سیب زمینی"، واحد علوم تحقیقات تهران.

سرمدنیا غ و کوچکی ع، (۱۳۷۱) "**جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم**" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد . ۴۲۸ صفحه.

سروری د، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت: "اثر عناصر پتاسیم، روی و منگنز بر صفات کمی وکیفی سویا در منطقه بجنورد"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۵ صفحه.

شعرباف خجسته س و احمدی م، (۱۳۷۴)، "بررسی رژیم های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت"، مجموعه مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ص ۲۵.

صفاری ح و ملکوتی م ج، (۱۳۸۲)، "بررسی توان پتاسیم در تعدادی از مزارع گندم خیز استان فارس"، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

صلاحی مقدم م و رحیمیان مشهدی ح، (۱۳۷۳)، "بررسی امکان استفاده دو منظوره از ذرت جهت تولید دانه و علوفه"، سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات (انتشار نیافته).

ضیائیان ع ح، (۱۳۸۲)، "نقش پتاسیم و روی بر تولید و پارامترهای رشد ذرت دانه‌ای"، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

ضیائیان ع. ح و ملکوتی م ج، (۱۳۸۲)، "نقش مدیریت بهینه کود در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت ذرت، مصرف بهینه کود راهی برای پایدار در تولیدات کشاورزی(مجموعه مقالات) "، نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرج،ایران.

عباسپور ف، (۱۳۸۱) "اثرات حذف برگ بر روی عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان" **مجله دانش کشاورزی**. جلد ۱۲، شماره ۴: ۷۷-۷۱.

عزیزی م، (۱۳۷۷)، پایان نامه دکتری زراعت: "اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا"، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۳ صفحه.

علیزاده ا.، مجیدی ا.، نادیان ح. ا، نور محمدی ق. و عامریان م. ر، (۱۳۸۶)، "اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای"، **مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی**، ۱۳(۲): ص ۴۲۷-۴۳۶.

غازانشاهی ج، (۱۳۷۶)، "**آنالیز خاک و گیاه (ترجمه)** " چاپ اول، نشر مترجم، ۳۱۲ صفحه.

فدایی ع، فرحبخش ح، مقصودی مود ع ا و باغخانی ف، (۱۳۸۶)، "اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم ذرت دانه‌ای"، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، بهمن ۸۶.

فرزانه ن.، گلچین ا. و هاشمی مجد ک.، (۱۳۸۹)، "تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم مکمل محلول غذایی بر عملکرد و غلظت نیتروژن و پتاسیم برگ گوجه فرنگی"، **علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای**، سال اول، شماره اول بهار ۱۳۸۹، ص ۳۳-۲۷.

قورچی ت، (۱۳۷۴)، پایان نامه کارشناسی ارشد دامپروری، "تعیین ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم گیاهان غالب مراتع اصفهان"، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

کریمی ه، (۱۳۷۵)، **"زراعت و اصلاح گیاهان علوفه ای"** تهران ، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم.

کلانتر ا، قدرت اله فتحی ا، سیادت ع و برزگری م، (۱۳۸۳)، "بررسی تاثیر تنش رطوبتی بر میزان همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد در هیبریدهای تجاری ذرت"، خلاصه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران.

کوچکی ع، راشد محصل م. ح و نصیری محلاتی م، (۱۳۷۲)، **"رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی"** انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۷۸ صفحه.

کوچکی ع، راشد محصل م ح، نصیری محلاتی م و صدرآبادی ر، (۱۳۷۷)، **"مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی"** انتشارات استان قدس رضوی، ۴۰۴ صفحه.

کوچکی ع و سرمدنیا غ م، (۱۳۷۸)، **"فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه)** " انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

کوچکی ع و سرمدنیا غ م، (۱۳۸۲)، **"فیزیولوژی گیاهان زراعی** " انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

مبصر ح. ر.، حیدری شریف آباد ح.، موسوی نیک س. ح.، نورمحمدی ق. ودرویش ف، (۱۳۸۴) "مطالعه تأثیر مصرف عناصر پتاسیم، روی و مس برعملکرد و غنی سازی بذر گندم در شرایط کمبود آب". **مجله علوم کشاورزی**. سال ۱۱. شماره ۴.

مردانی بلداجی ا.، (۱۳۸۲) "مدیریت منابع آب و مقابله با خشکی در کشاورزی" **فصلنامه علمی - ترویجی خشکی و خشکسالی کشاورزی**، شماره ۹. ۳۹-۳۴.

مظاهری لقب ح.، نوری ف.، ابیانه ح. و وفایی ح، (۱۳۸۰) "اثر آبیاری تکمیلی بر صفات مهم زراعی سه رقم آفتابگردان در زراعت دیم"، **مجله پژوهش کشاورزی**، سال سوم، شماره یک: ۴۴-۳۱.

مظفری ک.، عرشی ی. و زینالی ح، (۱۳۷۵) "بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات مرفولوژیک و اجزای عملکرد آفتابگردان"، **نهال و بذر** ۱۲(۳): ۳۳-۲۴.

معتمد ا و سیف‌زاده س، (۱۳۸۳)، " تعیین اثرات آهن، روی و منگنز بر عملکرد کمی و کیفی گندم نان رقم پر محصول7510 M "، کرج سال‌های زراعی ۸۰-۷۸، هشتمین کنگره زراعت، دانشگاه گیلان .صفحه ۴۴۶.

ملکوتی م، (۱۳۷۸) **"کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران"**، چاپ دوم .نشر آموزش کشاورزی .۴۶۰ صفحه.

ملکوتی م.، ثواقبی غ. و معز اردلان م، (۱۳۷۸) "برهمکنش پتاسیم و روی بر غلظت و جذب عناصر غذایی در گندم"، **مجله خاک و آب** .جلد ۱۲، شمارهٔ ۶ :صفحه ۱۵۲-۱۴۲.

ملکوتی م ج و طهرانی م م، (۱۳۸۷) " **نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی"**، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۹۲ صفحه.

ملکوتی م ج و غیبی م ن، (۱۳۸۲) " **اصول تغذیه ذرت(مجموعه مقالات)** " چاپ اول ، انتشارات سنا، دفتر نباتات علوفه و طرح ذرت، وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

ملکوتی م ج و کاووسی م، (۱۳۸۳) **"تغذیه متعادل برنج"** وزارت جهاد کشاورزی- معاونت زراعت، (۶۱۱ صفحه).

ملکوتی م ج و همایی م، (۱۳۸۳) **"حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حلها)** " چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

ملکوتی م ج، شهابی ع ا و بازرگان ک، (۱۳۸۴) **"پتاسیم در کشاورزی ایران"** موسسه تحقیقات خاک و آب – وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، تهران.

نادری عارفی ع، بخشنده ع. ا، نادیان ح. ا، عالمی س. خ. و قرینه م. ح، (۱۳۸۶)، " بررسی تاثیر مقادیر مختلف گوگرد و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط معتدل سرد" ، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج . صفحه ۶۰۹-۶۱۰.

هاشمی دزفولی ا، کوچکی ع و بنایان اول م، (۱۳۷۴) **"افزایش عملکرد گیاهان زراعی"**، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۲۸۷صفحه.

Allison J.C. (**1995**) "The production and defoliation of dry matter in maize after flowering" **Annals. Botany**,**30: 365–381**.

Alluri K. and Vergara B. S. (**1976**) "Leaf angle and drought resistance in upland rice" **Sabrao Journal**. **8: 41-4**.

Al Moshileh A. M. and Errebi M. A. (2004), "IPI regional workshop on potassium and fertigationdevelopment in west Asia and North Africa", Rabat, Morocco. 24 –28 November. Pp: 15 -57.

Amiri R. and Darroudi M. S., (1994) "Papers about potassium in plant and soil", annual report 1994. Water and soil research institute.

Andersen M. N., Jensen C.R. and Losch R. (**1992**) " The interaction effects of potassium and drought in field grown barley. I. Yield, water-use efficiency and growth" **Soil Plant Science**. **42: 34-44**.

Ashley R. O., Eriksmoen E. D., Whitney M. B . and Rettinger B.(2002), "Sunflower date of planting study in Western North Dakota". Annual Report, Dickinson Research Extension. pp. 48.

Azizi M., Rashedmohasel M. H., Kocheky A., Rahimian A. and Ahmady M. R. , (1999), Ph.D. Thesis, "Effect of different irrigation regimes and potassium fertilizer on Agronomy, Physiological and Biochemical Characteristics of Soybean". Ferdowsi University of Mashhad. pp .85.

Bänziger, M., Edmeades G.O., and Lafitte H.R. (**1999**) "Selection for drought tolerance increases maize yields over a range of N levels" **Crop Science** .**39:1035-1040**.

Barens D. L.And Wooley D. G. (**1969**) "Effects of moisture stress at different stages of growth, 1. Camparison of a single – eared and two – eared corn hybrid" **Agronomy Journal**. **61: 788 – 790**.

Board J.E. (**2004**) " Soybean cultivar differences light interception and leaf area index during seed filling" **Agronomy Journal**.**96: 305-310**.

Boogaard R.V.D., Grevsen K., and. Thorup-Kristensen K. (**2001**) " Effects of defoliation on growth of cauliflower" **Scientia Horticulturae**. **91:1-16**.

Boyer J. S. (**1996**) "Advances in drought tolerance in plant Adv" **Agronomy Journal**. **56:187- 217**.

Cakir R. (**2004**) "Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn" **Field Crops Research**. **89: 1-16**.

Cakmak I. (**2002**) "Priorities to meet human needs for food in sustainable ways" **Plant nutrition research**. pp.**3-24**.

Cakmak I. (**2005**) " K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants" **Journal Plant Nutrient**. **168: 521-530.**

Chaudhry A. U. and Mushtag M. (**2004**) "Optimization of potassium in sunflower" **Pakistan Journal of Biological Sciences**. **2(3): 887-888**.

Chowdhury I.R.,Paul K.B.,Eivazi F. and Bleich D. (**1985**) " Effect of foliar fertilization on yield, protein, oil and elemental composition of two soybean varieties" **Communications in Soil Science and Plant Analysis**., **16: 689-692**.

Claassen M. M. and Shaw R. H. (**1970b**) "Water deficit effects on corn.II. Grain components" **Agronomy Journal**. **62: 652-655**.

Clarke J.M., Townley Smith T.F.,Mc Caig T.N. and Green G. (**1984**) "Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance" **Crop Science**. **24:573-590**.

Coale F.J. and Grove J.H. (**1991**) "Potassium utilization by no-till full-season and double-crop soybean" **Agronomy Journal**., **83: 190-194**.

Crookston R.k., and Hicks D.R. (**1978**) "Early defoliation affects corn grain yields" **Crop Science**. **18:485-489**.

Denmead O.T., and Shaw, R.H. (**1960**) "The Effects of Soil Moistore Stress at different Stages ofgrowth on The development and yield of Corn" **Agronomy Journal**. **52:272-274**.

Diepenbrock W. (**2000**) "Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*)". A review **Field Crops Research**. **67:35-49**.

Dungan W.G. and Hatfield J.L. (**1965**) "The daily growth and yield of corn kernels" **Agronomy Journal**.**57:221-223**.

Earl H. J. and Davis R. F.. (**2003**) "Effect of drought stress on leaf and whole canopyradiation use efficiency and yield of maize" **Agronomy Journal**. **95: 688- 696**.

Edmeades G. O. and Lafitte H. R. (**1993**) "Defoliation and plant density effect on maize selected for reduced plant height" **Agronomy Journal**. **68:40-43**.

Egli D. B., Guffy, R. G. and Leggett, J. E. (**1985**) "Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean" **Agronomy Journal**, **77: 917-922**.

El-defan T.A.A., El-Kholi M.G.M. Rifaat and Allah A.E.A. (**1999**) "Effect of soil and foliar application of potassium on yield and mineral content of weat grain grown in sandy soils". **Egiption Journal Agricultural Research**., **77(2): 513-522**.

Elhadi H., Ismail K. M. and Akahawy M. A. (**1997**) " Effect of potassium on the drought resistance of crops inEgyptian conditions. In: Food Security in the WANA Region, the essential need for balanced fertilization" **International Potash Institute**, Basel. pp. **328-336**.

F.A.O. (2000) "**Tropical Maize, Improvement and production**", Food and Agriculture Organization of the United nation Production and Protection Series. No. 28. 363 pp.

F.A.O. (2005) "**Production year book**", Food and Agricultural Organization of United Nation, Rome, Italy, 51: 209 pp.

F.A.O. (2011) "Food Outlook"published by the Trade and Market Division of FAO under Global information and Early Warning system (GIEWS). Pp 186.

Fereres W., Gimenez C. and Femandez J. M. (**1986**) "Genetic variability in sunflower cultivars under drought, yield relation ships" **Australin Journal Agricultural Research. 37:573-582.**

Fereres E. and Soriano M.A. (**2006**) "Deficit irrigation for reducing agricultural water use". **Journal Experimental Botany. 58:147–159**.

Fery N. M. (**1981**) "Dry matter accumulation in kernels of maize" **Crop Science**. **21:118-122**.

Flenet F., Boundiols A. and Suraiva C.(**1996**) "Sunflower response to a range of soil water content" **European Journal of Agronomy**. **15:161-167**.

GhaffariPor A., (2005), M,.Sc Thesis "Effect of drought stress on yield and quantitative nd Qualitative Characteristics of New Sunflower Hybrid". Islamic azad University Of Karaj.

Gill D.W. and Kamprath E.J. (**1990**) "Potassium uptake and recovery by an upland rice-soybean rotation on an Oxisol".**Agronomy Journal**., **82: 329-333**.

Giornini S. andGalili G.(**1991**) "Characterization of HSP-70 cognate proteins from wheat" **Theoretical and Applise Genetics**. **82:615-620**.

Gomes- Sanchez D., Vannozzi G. P., Baldini M., Tahamasebi Enferadi, S. and Dell Vedove, G. (**2000**) "Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses" **Italian Journal of Agronomy**, Pp: **371-387**.

Golbashy M., Ebrahimi M. Khavari Khorasani S. and Choucan R. (**2010**)."Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran" **African Journal of Agricultural Research** Vol., **5(19)**, pp: **2714-2719**.

Gomosta A. R., Begum F. A. and Hoque M. Z. (**1981**) "Leaf rolling and unrolling behavior in relation to soil moisture tension and climate factors" **International Rice Research.** Newsl. **6(3): 25-26**.

Haile F.J., Higley L.G., and Specht J.E. (**1998**) "Soybean cultivars and insect defoliation:yield loss and economic injury levels" **Agronomy Journal**. **90:344-352**

Hanway J.J. (1992). "**How a corn plant develops**". Iowa state university of science and technology Coop. Ext. Serv. Spec. Rep.

Hallaji H., (2005), M. Sc Thesis, "Effects of drought stress and planting denesities on yield and yield components of Azarghol Hybrid of Sunflower". Islamic Azad University of Brojerd.P. 155.

Hall M.H., Chimenti C., Trapani N., Vilella F. and Cohende Hunau R. (**1994**) "Yield in waterstressedmaize genotypes: Association with Traits Measured in Seedlings and flowering plants" **Field Crop Research**. **39: 41-57**.

Hall A.J.L., Emcoff J.H., and Trapani N., (**1981**)"Water stress befor and during flowering in maizeand its effects on yield its Components, and Their determinants".**Maydica. 26:19-38**.

Harder H. J., Carlson R. E. and Shaw R. H. (**1981**) "Yield and yield components, and nutrients contentof corn grain as influenced by post – silking moisture stress" **Agronomy Journal**. **74: 275 – 278**.

Hassegawa R. H., Fonseca H., Fancelli A. L., da Silva V. N., Schammass E. A., Reis T. A., and Correa B. (**2008**)"Influence of macro-and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains" **Food Control**. **19: 36-43**

Header H. E. and Beringer, E. (**1981**) "Analysis of yield of winter wheat grown at increasing levels of potassium" **Journal Science. Food Agriculture**, **14: 89-95**.

Hixon M. M., Bauer M. E. and Scholz D.K., (2003) "An assessment of land sat data acquisition history on identification and area estimation of corn and soyabean". Biol. 68.

Hussein S.M.A. (2005) "Effect of supplemental irrigations, seeding rates and foliar application of potassium, macro and micro elements on wheat productivity under rainfed conditions". Bulltion of faculty of agriculture. Cario university., 56(3): 431-435.

Jaafari P. and Imani M.R., (2004) "Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301" Proceeding of the 8th. Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, Universty of Guilan, Rasht, Iran. p. 235. (In Persian).

Jones R.J. and Simmons S.R. (**1983**) "Effects of altered source- sink ratio on growth of maize kernels" **Corp science**. **23:129-134**.

Kafee M., Lahootee, M., Zand, E., Shafeefee, H. R., and Goldanee, M. (2002). "**Plant physiology**". Jahad-e-Daneshgahi Mashhad. 7th edition. 464 pp.

Karimi M.M. and Siddique H.M. (**1991**) "Crop growth and relative growth rates of old modernwheat cultivars" **Australin Journal Agricultural Research**. **42: 13-20**.

Karimi M., and Azizi M. (1994). "**Growth Analyzes of Crop Plants**". Jahadeh Daneshgahi Publisher, Mashhad. (InPersian)

Katiyar R.P. (**1980**) "Developmental changes in leaf area index and other growth parameters in chickpea" **Indian Journal Agricultural Science**. **50(9): 684-691**.

Khan N.A., Khan M. and Ansari H.R. (**2002**) "Auxin and defoliation effects on photosynthesis and ethylene evolution in mustard" **Scientia Horticulturae**. **96: 43-51**.

Kiniry J.R. (**1990**) "Seed weight response to decreased seed number in maize" **Agronomy Journal**,**82:98-102**.

Kocheki A., Hosseini, M., and Nasirimahalati, M. (1993) "**Soil, Water relationship in crop plants**".Mashhad jehad.daneshgahi press.560 pp. (Translated in Persian).

Krnak H. and Genkoglan C., (2003) "Effect of deficit irrigation on the yield and growth of the succeeding corn crop under harran plain condition". Ziraatfakultesi-dergisi-ataturk-universities, 34(2): 117-123.

Lafitte H.R. and Edmeades G.O. (**1995**) "Stress tolerance in tropical maize is linked to Constitutive change in ear growth characteridtics" **Crop Science**. **35:820-826**.

LahlouO. Quatter S., (2003) "The Effect of Drought and Cultivar on Growth parameter, Yield and Yield components of Potato".

Lindhauer M. G., (1985) "Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower". Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 148: 654-659.

Mandal K. G.,Hatia K. M.,Misraa A. K. and Bandyopadhyay K. K. (**2006**) "Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) in central India" **Agricultural Water Management**. pp: **279-286**.

Marschner H. (1995) "**Mineral nutrition of higher plants**". 2nd Ed. Academic Press. London. Pp: **889**.

McWilliams Denise., (2002) "Drought strategies for corn and grain sorghum".Cooperative Extension Service.Circular580, College of Agriculture and Home Economics.New Mexico State University.

Mengel K, E. A. and Kirkby M. (2000) "Principles of plant nutrition".5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Milford G.F.J. (**1973**) "The growth and development of the storage root of sugarbeet" **Annals Applied Biology**. **75:427-438**.

Mohammadian R., Ahmadian M and Ghalebis S. (**2004**)"Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes pf sugar beet in furrow irrigation" **Journal of Sugar Beet**. **20: 55- 72**.

.

Moriondo M., Orlondini S., and Villalobos F. (**2003**) "Modelling compensatory effects of defolitionon leaf area growth and biomass of sunflower (*Helianthus annus L.*)" **Agronomy Journal**. **19 : 161-171**.

Moss G. I. and Donwey L. A. (**1971**) "Influence of drought stress on female gametophyte development incorn and subsequent grain yield" **Crop Science**. **11: 368 – 372**.

Muro J, Irigoyen I, and Lamsfus C. (**1998**) "Defoliation timing and severity in sugarbeet" **Agronomy Journal**. **90:800-804**.

Muro J, Irigoyen I. Lamsfus C. and Militino A.F. (**2000**) "Effect of defoliation on garlic yield" **Scientia Horticulturae**.**86:161-167**.

Nesmith D.S. and Ritchie J.T. (**1992**) "Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soilwater deficit" **Agronomy Journal** .**84:106-113**.

Neumann P.M. (**1995**) "The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits" **Crop Science**. **35, 1258-1266**.

Noshin B., Hac I. U., and Shap P., (1996)"Source reduction and comparative sink enhancement effects on remobilization of assimilates during seed filling of old and new wheat varieties". Rachis, Vol. 15:20-23.

Nouri azhar J., and Ehsanzedeh P. (**2007**) "Study of relationship of some gtowthindices and yield of five corn hybrids at two irrigation regim in Esfahan region" **Journal Science and Technology**. **41: 261-272**.

Oesterheld M., (1992) "Effect of defoliation intensity on aboveground and belowground relative growth rates".Oecologia. 92: 313-316.

Pandy P.K. (**1984**) "Influence of source and sink removal on seed yield of chickpea" **Field Crop Research**, **8: 159- 168**.

Peaslee D. E., Hicks B. F. and Egli V. D., (1985) "Soil test levels of potassium, yields, and seed size in soybean cultivars". Communications in soil science and plant analysis. 16: 899-907.

Pierre C. S., Petersona J., Rossa A.,Ohma J.,Verhoevena M.,Larsona M. and Hoefera B. (**2008**) "White wheat grain quality changes with genotype, nitrogen fertilization, and water stress" **Agronomy Journal**. **100: 414-420**.

Poorter H. and Garmier E. (**1996**) "Plant growth analysis an evaluation of expenmental design and computational methods" **Journal Experimental Botany**. **47: 1343-1351**.

Prioul J.L. and Dugue N.S. (**1992**) "Source-sink manipulation and carbohydrate metabolism in maize" **Crop science**.**32:752-756**.

Rezaverdinejad V., Sohrabi T, and Liaghat, A.M., (2006) "Study of deficit irrigation effect on corn forage yield at its growth stage". 1th national congress of irrigation and drainage nets. Ahvaz.

Ritchie S.W.,Hanway J. J. and Benson G. O., (1992) "How a corn plant develops". Iowa State University Special No. 48.21pp.

Robert K. M,. Andrew H. and Walker J. (1994). "**An Introduction to The Physiology of Crop Yield**".

Roy S.K, & Biswas p. K. (**1992**) "Effect of density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays L.*)" **Journal Agricultural, Science. Cambridge**. **119:297-301**.

Saberali S.F., Sadatnouri S.A., Hejazi A. and Zand E. (**2007**) " influence of plantdensity and planting pattern of corn on its growth and yield under competitionwith common Lambesquarters (*Chenopodium album*)" **Journal Research Products**. **74: 143-152**.

Sayer W. (**1994**) "Tillage effects on dry land wheat and sorghum production in the southern great plains" **Agronomy Journal**. **86:310-317**.

Schoper J. B., Lambert R. J. and Vasilas B. L. (**1986**) "Maize pollen viability and ear receptivity under water stressed and high temperature stress" **Crop Science**. **26: 1029-1033**.

Seifferts S., Kieslowski J. , and Classen N. (**1995**) "Observed and calculated potassium uptake by maize as affected by soil water content and bulk density". **Agronomy Jornal**. **87:1070-1077**.

Shahid U. (**2006**) "Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application" **Pakistan Journal Botany**. **38: 1373-1380**.

Sharma H. C. (**2002**) "More potash is needed for high yield and quality of oilseeds crops in India" **Indian Journal Agricultural.Science**. **60: 205-210**.

Shaw R. H., (1988) Climate requirement. In Sprague,G. F. and J. W. Dudley (eds): "Corn and corn improvement", 3rd edition . Amer. Soc. Amer. pp 609-616.

Singh R.B., Chauhna C.P.S. and Minhas P.S. (**2009**) "Water production functions of wheat irrigation with saline and alkali waters using double line source sprinkler system" **Agricultural water managment**, **96(5): 736-744**.

Singh R. P. and Nair K. P. P. (**1975**) "Defoliation studies in hybrid maize: I. Grain yield, quality and leaf chemical composition" **Journal Agriculture Science Camb**. **85:241-245**.

Sobardo M.A., (1990) "Drought responses of tropical corp. I. leaf area and yield components in thefield maydica". 35(3):221-226. Maize Abstracts. 1991. 7. Abstract no. 199.

SpechtJ.E., Hume D.J. and Kumudini S.V. (**1999**) "Soybean yield potential- A genetic and physiological perspective" **Crop Science**. **39:1560-1570**.

Taiz L., and Ziger E. (1991). "**Plant physiology**". The Benjamin Cumming Publishing Company PP: 346- 356.

Tavakoli H., Karimi M., and Mosavi S.F. (**1989**) "Effect of irrigation regimes on vegetative and reproductive components of corn" **Iranian Journal Agriculture. Science**.

Tezara W. D., LOwlar W. and Mathis P., (1995) "Effect of water stress on the biochemistry and physiology of photosynthesis in Sunflower.Photosynthesis from light to biosphere. Proceeding of the Xth ". Intrernational photosynthesis Congress.Montepellier. France. 20-25 August.625-628.

Tomitaka M., (1983) "Rate and period of grain filling in corn effects of detasseling and defoliation". Philippines. press, 100p.

Tollenarr M. and Dwyer. (**1999**) "Physiological of maize Crop yield, physiology and processes". In: D.l. Smith and C. Hamel (eds.). **Springer- Verlog. Pp169-204**.

Vidallo A.S., (1987) "Effects of defoliation on corn yield.plant physiology", 20: 400-405.

Wahing .I, Van W., Houba V.J.G.and Van der lee J.J., (1989) "soil and plant analysis,a series of syllabi".part 7, plant analysis procedure.wageningen agriculture university.

West C.P., Walker D.W., Bacon R.K., Longer D.E., and Turner K.E. (**1991**)"Phenological analysis of forage yield and quality in winter wheat" **Agronomy Jornal**. **83: 217-224**.

Wilhelm W.W. and Etora L. (**1995**) "Yield quality and nitrogen use of inbred corn with vary numbers of leaves removed during detasselling" **Crop Science**, **35:209-21**.

Wo G. U., WL. D ai,Shen J. Y., X and Wang c. (**1989**) "Drought resistance of maize at different growth stages" **plant physical**.comm.No.:**18-21**.

Wolfe D.W., Henderson D.W., Hsiao T.C., and Alvins A. (**1988**) "Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize.Π. photosynthetic decline and longevity of individual leaves" **Agronomy Journal**. **80: 865-870**.

Yazar A., Howell T.A., Dusek D.A., and Copeland, K.S. (**1999**) "Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn" **Irrigation Science**. **18:171-180.**

Yelshetty, S., Balikai R.A., Shantappanavar N.B., Naganagoud A., Lingappa S. and Gumaste S.K. (**1996**) "Studies onartificial defoliation in dryland sunflower" **Karnataka Journal Agriculture**. **Science. 9**: **250-252**.

Zarinkafsh M. (1992) "**Soil Fertility**". University of Tehran Publisher. (In Persian).

Zhu G.X., Midmore D.J., Radford B.J. and Yule D.F. (**2004**) "Effect of timing of defoliation on wheat (*Triticum aestivum*) in central Queensland 1.crop response and yield" **Field Crop Research**. **88:211-226.**

The study of different levels of potassium fertilizer, drought stress, defoliation and detasseling on yield and yield components of corn (*Zea mays L*)

Potassium is an essential element for different crops such as corn. Potassium can create water balance in plants and reduce water deficit damages. Potassium increases the resistance of plants to other stresses and yield is increased with increasing photosynthetic capacity. In order to study of the effect of drought stress, different levels of potassium fertilizer and defoliation and detasseling on yield and yield components of corn (*Zea mays L*. cv 370) an experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. Potassium fertilizer (K_2SO_4 resource) levels including (100,200 and 300 kg/ha) as first factor, water stress levels including (full irrigation and irrigation up to ear leaf yellowish) as second factor and defoliation and detasseling including (first: without defoliation and detasseling and second: with defoliation and detasseling) as third factor. Results showed that Interactions between potassium fertilizer and water stress affected total grain number, grain yield, 100 seed weight and grain protein. The most amount was obtained with consumption of potassium fertilizer at rate 300 kg/ha and without water stress in all the treatments except of grain protein. Application of 300 kg/ha potassium and without defoliation and detasseling increased stem diameter, stem dry weight, leaf dry weight, total grain number, Grain yield, biological yield and grain protein. Interaction between full irrigation and without defoliation and detasseling was increased stem diameter, grain yield and 100 seed weight. It was also showed that leaf dry weight, grains number per row, total grain number, grain yield and biological yield were affected by interaction between Potassium, water stress and defoliation and detasseling. Thus according to this results the highest grains yield was obtained with consumption of potassium fertilizer at rate 300 kg/ha that was significant with 100 kg/ha level. The maximum biological yield with consumption of potassium fertilizer at rate 300 kg/ha was obtained.

Key word: Potassium fertilizer, water stress, defoliation and detasseling, yield and corn

Shahrood University of Technology

Faculty of agriculture

Department of agronomy

M.Sc. Thesis

The study of different levels of potassium fertilizer, drought stress, defoliation and detasseling on yield and yield components of corn (*Zea mays L*)

Aniseh rostamzade

Supervisors:

Dr. H. Abbasdokht

Dr. M. R. Amerian

Advisors:

Dr. A. Gholami

Dr. M. gholipour

February 2012