بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

رساله دکتری زراعت

اثرات کشاورزی حفاظتی و متداول بر پویایی جمعیت علف‌های هرز و عملکرد در تناوب ذرت-گندم

نگارنده : **ابوالفضل فلاح هروی**

استاد راهنما

دکتر حمید عباس‌دخت

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی

دکتر احمد زارع فیض‌آبادی

اسفند ۱۳۹۵

پیوست شماره ۲

دانشکده :

گروه :

رساله دکتری آقای ابوالفضل فلاح هروی

تحت عنوان: اثرات کشاورزی حفاظتی و متداول بر پویایی جمعیت علف‌های هرز و عملکرد در تناوب ذرت-گندم

در تاریخ ۹۵/۱۲/۱۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک رساله دکتری ارزیابی گردید و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر حمید عباس دخت		نام و نام خانوادگی: دکتر احمد غلامی	
نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: دکتر احمد زارع فیض آبادی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی: دکتر حسن مکاریان		نام و نام خانوادگی: دکتر محمد رضا عامریان	
نام و نام خانوادگی: دکتر منوچهر قلی پور			
نام و نام خانوادگی: دکتر همت الله پیردشتی			

تقدیم به بهترین های بی نظیر زندگیم

پدر و مادر گرامیم

همسر و فرزند عزیزم

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که به من خوشبختی گذر از مرحله دیگری از دوران آموختن و کسب دانش و شناخت را عطا نمود.

سپاس از پدر و مادر و همسر مهربانم که عشق و محبتشان امید به ادامه راه است و حمایت مستمرشان استوارکننده قدمهایم.

سپاس از مقام پاک معلم و تشکر از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حمید عباس دخت که در تهیه این تحقیق هدایت و راهنمایی اینجانب را بر عهده داشتند و همواره با نظرات سازنده خود مرا یاری نمودند.

سپاس فراوان از اساتید جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر احمد زارع فیض آبادی به خاطر راهنمایی های ارزنده و انتقال تجارب خود به اینجانب در طول انجام این رساله که از هیچگونه همکاری فروگذار نکردند.

همچنین تشکر می کنم از تمامی دوستان که در این دوران مرا کمک و یاری نمودند.

ابوالفضل فلاح هروی

اسفند ۱۳۹۵

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر شیوه‌های کشاورزی حفاظتی در مقایسه با شیوه متداول زراعی بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی محصول و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در تناوب ذرت-گندم در سال‌های زراعی۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: الف) شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح شامل: شیوه متداول خاک‌ورزی (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، شخم کاهش‌یافته (چیزل پکر + کاشت با بذرکار) و بدون شخم (کاشت مستقیم با بذرکار) در کرت‌های اصلی و ب) مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: بدون بقایا، حفظ ۳۰٪ بقایا و حفظ ۶۰٪ بقایای گیاهی در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. در این بررسی صفات تراکم، وزن خشک و گونه‌های علف هرز و صفات تعداد برگ در بوته (ذرت)، سطح برگ بلال، ارتفاع بوته ذرت، قطر ساقه ذرت، ارتفاع تشکیل بلال در ذرت و صفات محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، محتوای کلروفیل برگ (عدد SPAD)، سطح برگ پرچم، پتانسیل آب برگ، تشعشع جذب شده، طول ساقه، طول سنبله، طول پدانکل، طول، سطح و وزن برگ پرچم، ماده خشک انتقال یافته از ساقه، اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله، مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه و آنالیزهای رشد، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی در گندم و همچنین جهت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کلونیزاسیون مایکوریزایی (تعداد اسپور)، دمای خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک، تخلخل و مقاومت به نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تراکم و وزن خشک علف‌های هرز یکساله و چندساله در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا اختلاف معنی‌داری داشتند. در تیمار بدون شخم تراکم علف‌های هرز یکساله

کاهش و چندساله افزایش یافت. وزن خشک علف‌های هرز چندساله نیز در تیمار بدون شخم از دو تیمار دیگر بیشتر بود. با افزایش میزان بقایا، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز یکساله و چندساله کاهش یافت. نتایج آزمایش نشان داد تیمار کشت بدون شخم همراه بقایای بیشتر روی سطح خاک می‌تواند باعث کاهش تراکم کل علف‌های هرز شود. محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، محتوای کلروفیل برگ (عدد SPAD)، سطح برگ پرچم، پتانسیل آب برگ، تشعشع جذب شده در گندم در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری داشتند و بیش‌ترین مقادیر صفات یاد شده در تیمار بدون شخم بدست آمد. در میزان مختلف مصرف بقایا در گندم نیز، محتوای نسبی آب برگ، تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط و تشعشع جذب شده در بقایای بیشتر افزایش یافت اما در عدد SPAD، سطح برگ پرچم و پتانسیل آب برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کلونیزاسیون مایکوریزایی (تعداد اسپور)، دمای خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک و تخلخل خاک در عملیات مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. بیش‌ترین کلونیزاسیون مایکوریزایی (تعداد اسپور)، ظرفیت نگهداری آب خاک، تخلخل در تیمار بدون شخم بود. در میزان مختلف بقایا نیز با افزایش میزان بقایا، کلونیزاسیون مایکوریزایی (تعداد اسپور)، ظرفیت نگهداری آب خاک و تخلخل خاک بیشتر شد اما دمای خاک و مقاومت به نفوذپذیری خاک کاهش یافت. در میزان عملکرد محصول ذرت علوفه‌ای در سال اول طرح در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما در سال دوم بیش‌ترین عملکرد محصول گندم در تیمار بدون شخم بدست آمد و در هر دو سال با افزایش میزان بقایا، عملکرد محصول افزایش یافت.

واژگان کلیدی: بدون شخم، بقایا، پایداری، تناوب، عملکرد.

لیست مقالات استخراج شده

الف) مقالات در مجلات:

۱- تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر خصوصیات فیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L)

۲- تاثیر خاک ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر بعضی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک درگندم

۳- تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر تجمع مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد درگندم (*Triticum aestivum* L)

۴- تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی و متداول با مدیریت بقایا بر تراکم و زیست توده علف های هرز در تناوب ذرت-گندم

ب) مقالات در کنفرانس ها:

۱- بررسی تاثیر خاک ورزی توام با مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ و تشعشع جذب شده درگندم (*Triticum aestivum* L)

۲- مطالعه اثر خاک ورزی حفاظتی و متداول توام با مدیریت بقایا بر بعضی از صفات گندم (*Triticum aestivum* L)

۳- بررسی تاثیر خاک ورزی حفاظتی با مدیریت بقایا بر وضعیت کلونیزاسیون، تخلخل و نفوذ پذیری خاک

۴- بررسی تاثیر خاک ورزی حفاظتی با مدیریت بقایا بر وضعیت رطوبت و دمای خاک

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱
۱-۱. کشاورزی رایج و اثرات آن ۲
۱-۲. پدیده تغییر اقلیم ٤
فصل دوم: بررسی منابع ۷
۲-۱. خاک‌ورزی ۸
۲-۲. خاک‌ورزی حفاظتی ۸
۲-۲-۱. اصول خاک‌ورزی حفاظتی ۸
۲-۲-۲. وضعیت جهانی خاک‌ورزی حفاظتی ۹
۲-۲-۳. خاک‌ورزی حفاظتی و پایداری ۹
۲-۲-۴. خاک‌ورزی حفاظتی و رطوبت ۱۰
۲-۲-۵. خاک‌ورزی حفاظتی، نفوذپذیری و فرسایش خاک ۱۱
۲-۲-۶. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ۱۱
۲-۲-۷. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات میکروبیولوژیکی خاک ۱۲
۲-۲-۸. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات فیزیولوژیکی ۱۳
۲-۲-۹. خاک‌ورزی حفاظتی، کربن و عناصر غذایی خاک ۱٤
۲-۲-۱۰. خاک‌ورزی حفاظتی و ترسیب کربن ۱٦
۲-۲-۱۱. خاک‌ورزی حفاظتی و رشد و نمو ۱٦
۲-۲-۱۲. خاک‌ورزی حفاظتی و عملکرد ۱۷
۲-۳. مدیریت بقایای گیاهی ۱۸
۲-۳-۱. مدیریت بقایای گیاهی و ساختمان خاک ۱۸
۲-۳-۲. مدیریت بقایای گیاهی و فرسایش ۱۸
۲-۳-۳. مدیریت بقایای گیاهی و رطوبت خاک ۱۹
۲-۳-۴. مدیریت بقایای گیاهی و کربن خاک ۱۹
۲-۳-۵. مدیریت بقایای گیاهی و میکروارگانیسم‌های خاک ۲۰
۲-۳-۶. مدیریت بقایای گیاهی و آفات و بیماری‌ها ۲۱
۲-۴. خاک‌ورزی حفاظتی و علف‌های هرز ۲۱
۲-۵. جایگاه و اهمیت ذرت ۲۳
۲-۶. جایگاه و اهمیت گندم ۲٤
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۷
۳-۱. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش ۲۸
۳-۲. وضعیت اقلیمی محل آزمایش ۲۸
۳-۳. طرح آزمایشی ۲۹
۳-۴. خصوصیات خاک محل آزمایش ۲۹

۳-۵. روش کاشت ۲۹
۳-۶. صفات مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری ۳۱
۳-۶-۱. سطح برگ ۳۱
۳-۶-۲. وزن خشک گیاه و شاخص‌های رشد ۳۱
۳-۶-۳. محتوای نسبی آب برگ (RWC) ۳۲
۳-۶-۴. دمای سایه انداز و قرائت SPAD ۳۳
۳-۶-۵. تشعشع جذب شده ۳۳
۳-۶-۶. پتانسیل آب برگ ۳۳
۳-۶-۷. انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ۳۳
۳-۶-۸. دمای خاک ۳٤
۳-۶-۹. مایکوریزا ۳٤
۳-۶-۱۰. جرم حجمی خاک ۳٤
۳-۶-۱۱. تخلخل ۳٥
۳-۶-۱۲. ظرفیت نگهداری آب خاک ۳٥
۳-۶-۱۳. مقاومت به نفوذپذیری خاک ۳٥
۳-۶-۱۴. علف‌های هرز ۳٥
۳-۶-۱۵. محاسبات آماری ۳٦
فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۷
۴-۱. نتایج سال اول (ذرت) ۳۸
۴-۱-۱. کلروفیل برگ پرچم ۳۸
۴-۱-۲. کلروفیل برگ بلال ٤۱
۴-۱-۳. محتوای نسبی آب برگ ٤۲
۴-۱-۴. تعداد برگ در بوته ٤۳
۴-۱-۵. سطح برگ بلال ذرت ٤٤
۴-۱-۶. سطح برگ پرچم ذرت ٤٥
۴-۱-۷. ارتفاع بوته ذرت ٤٦
۴-۱-۸. قطر ساقه ٤٦
۴-۱-۹. ارتفاع تشکیل بلال ٤۷
۴-۱-۱۰. عملکرد ٤۷
۴-۲. نتایج سال دوم (گندم) ٥۱
۴-۲-۱. تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط (Δt) ٥۱
۴-۲-۲. محتوای نسبی آب برگ (RWC) ٥٤
۴-۲-۳. عدد SPAD (SPAD values) ٥۷
۴-۲-۴. تشعشع جذب شده ٥۹
۴-۲-۵. سطح برگ پرچم ٦۲

۴-۲-۶. پتانسیل آب برگ ٦٥
۴-۲-۷. عملکرد دانه گندم ٦٧
۴-۲-۸. تراکم اسپور مایکوریزا ٧١
۴-۲-۹ . تخلخل خاک ٧٥
۴-۲-۹-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان تخلخل ٧٥
۴-۲-۱۰. ظرفیت نگهداری آب ٧٨
۴-۲-۱۰-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر ظرفیت نگهداری آب ٧٨
۴-۲-۱۱. دمای سطح خاک ٨٢
۴-۲-۱۲. دمای عمق خاک ٨٥
۴-۲-۱۲-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر دمای عمق خاک ٨٥
۴-۲-۱۳. مقاومت به نفوذپذیری خاک ٨٩
۴-۲-۱۴. طول ساقه گندم ٩١
۴-۲-۱۴-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول ساقه ٩١
۴-۲-۱۵. سنبله ٩٥
۴-۲-۱۶. پدانکل ٩٦
۴-۲-۱۷. برگ پرچم ٩٦
۴-۲-۱۸. ماده خشک انتقال یافته از ساقه ٩٧
۴-۲-۱۹. اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله ٩٩
۴-۲-۲۰. مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه ١٠٠
۴-۳. علف های هرز ١٠٣
۴-۳-۱. تأثیر روش خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز ١٠٣
۴-۳-۲. تأثیر روش خاک‌ورزی بر زیست توده وزن خشک علف‌های هرز ١١١
۴-۳-۳. تاثیر مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز ١١٩
۴-۳-۴. تاثیر مدیریت بقایا بر زیست توده وزن خشک علف‌های هرز ١٢٣
۴-۴. آنالیز های رشد ١٣٤
۴-۴-۱. شاخص سطح برگ ١٣٥
۴-۴-۱-۱. شاخص سطح برگ ذرت ١٣٥
۴-۴-۱-۲. شاخص سطح برگ گندم ١٤٠
۴-۴-۲. تجمع ماده خشک ١٤٥
۴-۴-۳. سرعت رشد محصول (Crop growth rate) ١٥٣
۴-۴-۴. سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate) ١٦٣
۴-۵- نتیجه گیری کلی ١٧٢
۴-۶- پیشنهادات ١٧٣
منابع ١٧٦

فهرست جداول

جدول۳-۱ - آمار هواشناسی منطقه ۲۸
جدول ۳-۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (قبل از کشت ذرت) ۲۹
جدول ۴-۱- میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده ذرت در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۳۹
جدول شماره ۴-۲- مقایسه میانگین عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا در ذرت ۴۰
جدول(۴-۳)- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده ذرت علوفه‌ای.....۵۰
جدول۴-۴- میانگین مربعات برای صفات اندازه گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمانهای مختلف ۵۳
جدول ۴-۵- میانگین مربعات برای تشعشع جذب شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف ۶۲
جدول(۴-۶)- میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۶۴
جدول۴-۷- میانگین مربعات برای صفت‌های اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۷۴
جدول۴-۸- میانگین مربعات برای صفت های اندازه گیری شده در عملیات خاک ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف ۸۴
جدول ۴-۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک ورزی و مدیریت بقایا بر بعضی صفات گندم ۸۸
جدول شماره ۴- ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر طول ساقه ۹۲
جدول ۴- ۱۱- میانگین مربعات برای صفت‌های اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۹۳
جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفت‌های اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا ۹۴
جدول۴-۱۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۹۵
جدول۴-۱۴ - فهرست علف‌های هرز موجود در آزمایش.....۱۰۳
جدول۴-۱۵- میانگین مربعات تراکم علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۱۰۹
جدول۴-۱۶- میانگین مربعات تراکم علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۱۱۰
جدول۴-۱۷- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا ۱۱۴
جدول۴-۱۸- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا.....۱۱۵
جدول ۴-۱۹- مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا ۱۲۶
جدول ۴-۲۰ – مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا.....۱۲۷
جدول ۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا ۱۲۸
جدول ۴-۲۲ - میانگین وزن خشک علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا.....۱۲۹
جدول(۴-۲۳)- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز یکساله ۱۳۰
جدول۴-۲۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز چند ساله ۱۳۰

جدول ۴-۲۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله ۱۳۲
جدول۴-۲۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله ۱۳۳
جدول۴-۲۷- میانگین مربعات برای شاخص سطح برگ در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در مراحل رشدی ذرت . ۱۳۷
جدول ۴-۲۸ – مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ ذرت در مراحل رشدی ۱۴۰
جدول ۴-۲۹- میانگین مربعات تجزیه واریانس برای شاخص سطح برگ گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در مراحل رشدی ۱۴۳
جدول ۴-۳۰ – مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ گندم در مراحل رشدی ۱۴۵

فهرست اشکال

شکل۴-۱- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تفاوت دمای سایه انداز با محیط ۵۳
شکل۴-۲- اثر میزان بقایا بر تفاوت دمای سایه انداز با محیط ۵۴
شکل۴-۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر محتوای نسبی آب برگ ۵۶
شکل ۴- ۴- اثر میزان بقایا بر محتوای نسبی آب برگ ۵۶
شکل۴-۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عدد SPAD ۵۸
شکل ۴-۶ - اثر میزان بقایا بر عدد SPAD ۵۹
شکل۴-۷- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تشعشع جذب شده ۶۱
شکل ۴-۸- اثر میزان بقایا بر تشعشع جذب شده ۶۱
شکل۴-۹- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر سطح برگ پرچم ۶۳
شکل۴-۱۰- اثر میزان بقایا بر سطح برگ پرچم ۶۴
شکل۴-۱۱- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر پتانسیل آب برگ ۶۶
شکل ۴-۱۲- اثر میزان بقایا بر پتانسیل آب برگ ۶۶
شکل۴-۱۴- اثر میزان بقایا بر عملکرد ۷۰
شکل ۴-۱۵– اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم اسپور مایکوریزا ۷۳
شکل ۴-۱۶– اثر میزان بقایا بر تراکم اسپور مایکوریزا ۷۴
شکل۴-۱۷ – اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تخلخل خاک ۷۷
شکل۴-۱۸ – اثر میزان بقایا بر تخلخل خاک ۷۸
شکل۴-۱۹- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ظرفیت نگهداری آب خاک در ظرفیت مزرعه ۸۱
شکل۴-۲۰– اثر میزان بقایا بر ظرفیت نگهداری آب خاک ۸۲
شکل۴-۲۱ - اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر دمای خاک ۸۷
شکل ۴-۲۲- اثر میزان بقایا بر دمای خاک ۸۷
شکل۴-۲۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت به نفوذپذیری خاک ۹۰
شکل ۴-۲۴- اثر میزان بقایا بر مقاومت به نفوذپذیری خاک ۹۱
شکل۴-۲۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز یکساله ۱۰۷
شکل۴-۲۶- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز چندساله ۱۰۸
شکل ۴-۲۷- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله ۱۱۶
شکل ۴-۲۸- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله ۱۱۸
شکل ۴-۲۹ – اثر میزان بقایا بر تراکم علف‌های هرز یکساله ۱۲۱
شکل ۴-۳۰ – اثر میزان بقایا بر تراکم علف‌های هرز چند ساله ۱۲۲
شکل۴-۳۱- اثر میزان بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله ۱۲۴
شکل۴-۳۲- اثر میزان بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله ۱۲۵
شکل ۴-۳۳– اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص سطح برگ ذرت ۱۳۸
شکل۴-۳۴– اثر میزان بقایا بر شاخص سطح برگ ذرت ۱۳۸

شکل ۴-۳۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص سطح برگ گندم ۱۴۴
شکل۴-۳۶- اثر میزان بقایا بر شاخص سطح برگ گندم..... ۱۴۴
شکل (۴-۳۷)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع) ۱۴۶
شکل (۴-۳۸)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)..... ۱۴۷
شکل (۴-۳۹)- اثر روش بدون شخم بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع) ۱۴۷
شکل(۴-۴۰)- اثر بدون بقایا بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)..... ۱۴۸
شکل(۴-۴۱)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)..... ۱۴۸
شکل(۴-۴۲)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)..... ۱۴۹
شکل(۴-۴۳)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)..... ۱۵۰
شکل(۴-۴۴)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع) ۱۵۰
شکل(۴-۴۵)- اثر روش بدون شخم بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع) ۱۵۱
شکل(۴-۴۶)- اثر بدون بقایا بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)..... ۱۵۱
شکل(۴-۴۷)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)..... ۱۵۲
شکل(۴-۴۸)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)..... ۱۵۲
شکل(۴-۴۹)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۴
شکل(۴-۵۰)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز) ۱۵۵
شکل(۴-۵۱)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۵
شکل(۴-۵۲)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۶
شکل(۴-۵۳)- اثر بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۶
شکل(۴-۵۴)- اثر بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۷
شکل(۴-۵۶)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز) ۱۵۸
شکل(۴-۵۷)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۹
شکل(۴-۵۸)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)..... ۱۵۹
شکل(۴-۵۹)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز) ۱۶۰
شکل(۴-۶۰)- اثر بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز) ۱۶۰
شکل(۴-۶۱)- اثر بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز) ۱۶۱
شکل(۴-۶۲)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز) ۱۶۴
شکل(۴-۶۳)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)..... ۱۶۵
شکل(۴-۶۴)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز) ۱۶۵
شکل(۴-۶۵)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)..... ۱۶۶
شکل(۴-۶۶)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)..... ۱۶۶
شکل(۴-۶۷)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)..... ۱۶۷
شکل(۴-۶۸)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)..... ۱۶۸
شکل(۴-۶۹)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز) ۱۶۹
شکل(۴-۷۰)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز) ۱۶۹

شکل(۴-۷۱)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز) ۱۷۰
شکل(۴-۷۲)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز) ۱۷۰
شکل(۴-۷۳)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز) ۱۷۱

فصل اول:
مقدمه و کلیات

۱-۱. کشاورزی رایج و اثرات آن

روند رو به رشد جمعیت جهان موجب گسترش کشاورزی فشرده، پرنهاده و مکانیزه شده است. مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، تردد زیاد ادوات و ماشین آلات کشاورزی، افزایش مصرف سموم، فرسایش و تخریب خاک‌ها و ایجاد شرایط نامناسب برای موجودات و ریزجانداران خاکزی از مهمترین عواقب کشاورزی دهه‌های اخیر بوده است به طوری که ادامه شرایط کنونی، تأمین غذا در آینده را با ابهام مواجه نموده و می‌تواند پیامدهای زیست محیطی، صنعتی و بهداشتی را نیز به‌دنبال داشته باشد. عملیات زراعی متداول مستلزم انجام شخم و تردد و بکارگیری زیاد ادوات و دنباله‌بندها برای آماده سازی زمین، کوددهی، کاشت و کنترل علف‌های هرز می‌باشد. عملیات رایج توأم با حذف یا سوزاندن بقایای گیاهی و توسعه تک‌کشتی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای باعث اثرات بسیار نامطلوب بر خاک در اثر فرسایش و تخریب فیزیکی، شیمیایی و کاهش مواد آلی خاک را به‌دنبال دارد که بر کمیت و کیفیت تولید موثر بوده است. لذا به منظور امکان تولید مطمئن و پایدار محصولات کشاورزی در آینده، کشاورزی حفاظتی بخصوص خاک‌ورزی حفاظتی (که دارای سه اصل کاهش تردد، حفظ بقایای گیاهی و انجام تناوب است) برای احیای خاک به عنوان بستر تولید می‌تواند به عنوان روشی کارآمد برای دستیابی به این مهم باشد و به کاهش خطرات ناشی از بلایای طبیعی و تنش‌های محیطی کمک نموده و همچنین با کاهش هزینه‌های تولید و امکان پایداری در تولید موجب افزایش درآمد و رفاه کشاورزان نیز خواهد شد. فواید اقتصادی این روش نیز در کوتاه مدت و دراز مدت قابل استحصال است. کاهش تردد در سطح مزرعه همراه با حفظ بقایا در سطح خاک موجب حمایت از عوامل زنده و ریزجانداران و کرم‌های خاکزی شده که باعث امکان فعالیت بیشتر عوامل زنده در خاک، حفظ رطوبت بیشتر خاک، کاهش فشردگی خاک و افزایش میزان خلل و فرج در خاک، تعادل دمایی بیشتر در سطح خاک، کاهش فرسایش، افزایش ماده آلی و امکان توسعه بیشتر ریشه ها و... را فراهم می نماید.

کوچکی و خیابانی (۱۳۷۲) بیان داشتند کاهش کیفیت اراضی کشاورزی در انقـراض تمـدن‌هـای بشـری نقش موثری داشته است و هیچ عاملی به اندازه تکنیک‌های کشت بر کیفیت اراضی اثر نداشته است. ایـن اثرات از طریق افزایش بهره‌وری با استفاده از تناوب صـحیح، روش‌هـای مناسـب شـخم و مـدیریت بقایـا، آبیاری و یا کاهش بهره‌وری با استفاده از سوزاندن بقایا، شور شـدن یـا فرسـایش خـاک از طریـق اعمـال روش‌های نامناسب شخم، آیش و تنـاوب هـای نامناسـب بـوده اسـت. افـزایش سـریع جمعیـت، کـاهش زمین‌های مستعد زراعی برای تولید محصول، افزایش نگرانی تخریب محیط زیست و ضرورت تولید بیشـتر از واحد سطح موجب فشار شدید روی سیستم خاک و جستجو برای ایمنـی غـذا خواهـد شـد و بنـابراین افزایش تولید غذا در آینده تنها در صورتی میسر است کـه تولیـد در واحـد سـطح و زمـان افـزایش یابـد (حسن‌زاده، ۱۳۷۹). علل کاهش عملکرد محصول می‌تواند ناشی از تغییر در حاصلخیزی خـاک، تنـوع در سطوح نهاده مصرفی، تنوع در مدیریت و نوسانات محیطی باشد. وسـعت نوسـانات محیطـی بـه مـدیریت انسانی بستگی دارد. هر دو عامل نهاده و مدیریت با عوامل اجتماعی، اقتصادی مرتبط‌اند. اعمال مـدیریت زراعی مناسب به منظور بهره‌وری از پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی ضروری است. تنوع در میزان عملکـرد می‌تواند از تنوع در دیگر عوامل آب و هوایی، ژنوتیپ، تغذیه گیاه و مدیریت عملیات زراعـی ناشـی گـردد (گاگنون و همکاران، ۱۹۹۸ و گودینگ و همکاران، ۱۹۹۷). در بسیاری از نقاط دنیا خاک‌هـای زراعـی در معرض تهدید و فرسایش توسط باد و آب، شوری، تخلیه مواد غذایی و تحلیل ناشـی از عملیـات نامناسـب زراعی قرار دارند. این مسئله موجب کاهش حاصلخیزی خاک و ظرفیت تولید می‌شود. خـاک‌هـای زراعـی اغلب فاقد مواد غذایی کافی هستند (حسـن زاده قـورت تپـه، ۱۳۷۹). ابـداع شـیوه‌هـای نـوین مـدیریت بهره‌وری از منابع همراه با ایجاد تعادل در محیط زیست برای ادامه حیات بشـر ضـروری اسـت (صـفاری، ۱۳۷۸). امروزه حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار یکی از مباحث اصلی و اساسی است که بـا اجرای پروژه‌های جامع اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در سرلوحه کشـورهـای مختلـف جهـان و از جملـه

کشور ما قرار گرفته است. یکی از این پروژه‌ها، خاک‌ورزی حفاظتی است که در سطح کشور در حال اجـرا می‌باشد.

۱-۲. پدیده تغییر اقلیم

در سال‌های اخیر، منابع آب قابل‌استفاده برای تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی کاهش یافتـه و بحران کم آبی همراه با افزایش دمای کرۀ زمین و کاهش بارندگی ناشی از پدیدۀ تغییر اقلیم تشدید شـده است (شائو و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به کمبود منابع آب، خشکی به عنوان یک عامل اصلی تـنش‌زای غیرزیستی امنیت غذایی در جهان را به شدت تهدید می‌کند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸). مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران میانگین میزان بارندگی کم و توزیع بارندگی از سالی به سال دیگر متغیر بـوده و بنابراین پیش بینی میزان و توزیع آن بسیار دشوار است. براساس گزارش سـازمان خواربـار و کشـاورزی(فائو، ۲۰۱۶) ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارد و در مقیـاس جهـانی نیـز یک سوم اراضی قابل کشت جهان از کمبود آب لازم برای کشاورزی رنج مـی‌برنـد (فـائو، ۲۰۱۰). تغییـر اقلیم جهانی در دهه‌های اخیر توجه محققین را به خود معطوف کرده است و بسـیاری از مطالعـات اخیـر حاکی از تاثیر چشم‌گیر انسان بر اقلیم جهانی است (ولف و همکـاران، ۲۰۱۰). اگـر چـه کشـاورزان قـادر نیستند شرایط را کنترل نمایند ولی تغییـر در مـدیریت مربـوط بـه آبیـاری، خـاک، رقـم و فعالیـت‌هـا و فناوری‌های مورد استفاده در کشت می‌تواند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بـر رشـد و نمـو و عملکـرد محصولات کشاورزی نقش بسزائی داشته باشد (اوزکان و آککااوز، ۲۰۰۲). عملیات کشاورزی با تجزیه ماده آلی حاصل از بقایای گیاهان زراعی منجر به تغییر در ورود و خروج جریان گازهـای گلخانـه‌ای مـی‌شـود. تولید دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسید نیتروژن به‌وسیله فعالیت‌های میکروبی خاک تحت تـاثیر اقلـیم خـاک (دما و رطوبت) تغذیه و عوامل بیولوژیکی می‌باشد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۰). ریزجانداران خاک از کربن

آلی برای سوخت و ساز استفاده می‌کنند. طی این عمل مواد آلی به صورت ترکیبات پایدارتری درآمده و دی‌اکسیدکربن در اثر فعالیت‌های تنفسی آنها تولید می‌شود. در دمای زیر پنج درجه سانتی‌گراد فعالیت میکروبی ناچیز می‌باشد و با افزایش دما این فعالیت‌ها افزایش می‌یابد. دمای اپتیمم آن حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط اپتیمم برای تجزیه نیز زمانی است که حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد فضای ذرات خاک اشباع از آب باشد (دوران و همکاران، ۱۹۹۸). سهم کشاورزی در پدیده تغییر اقلیم حدود ۱۳/۵ درصد می‌باشد که از طریق جنگل‌زدائی، تغییر کاربری اراضی، سوزاندن بقایا، شخم فشرده، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن، پرورش نشخوارکنندگان، کشت و کار برنج غرقابی و تولید نیشکر و غیره صورت می‌گیرد (آی پی سی سی، ۱۹۹۵). حدود ۶۰ درصد از انتشار جهانی اکسید نیتروژن، ۳۹ درصد متان و یک درصد دی‌اکسید نیتروژن مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد (یااو و همکاران، ۲۰۰۹). در یک آزمایش ۴۰ ساله نشان داده شد که در کوتاه مدت میزان نیتروژن خاک در شخم حفاظتی نسبت به شخم رایج کمتر ولی در درازمدت به دلیل کاهش تخریب خاک در شخم حفاظتی میزان نیتروژن خاک بیشتر از شخم رایج بود (دالال و همکاران، ۲۰۱۱). بیان شده سیستم شخم رایج میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را نسبت به شخم حفاظتی افزایش داد (لاسکالا و همکاران، ۲۰۰۶). شواهد زیادی وجود دارد که شخم فشرده از طریق کاهش مواد آلی و تخریب ساختمان خاک بر چرخه نیتروژن تأثیر می‌گذارد که این عامل می‌تواند بر میزان انتشار اکسید نیتروژن نیز موثر باشد (چادهاری و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج آزمایش شش ساله نشان داد انتشار دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با سیستم شخم متداول کاهش داشت اما تولید NO_3^- افزایش یافت (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده از سیستم‌های کشاورزی حفاظتی و بدون شخم در حال حاضر در دنیا رو به افزایش است و علی‌رغم تمام مزایای خاک‌ورزی حفاظتی مسائل مربوط به علف‌های هرز و چگونگی روند تغییرات آن در سیستم‌های حداقل شخم و بدون شخم همواره مورد توجه و بحث محققین بوده است. آفات، بیماری ها و

بخصوص علف‌های هرز همواره اثرات کمی و کیفی بر تولید داشته‌اند. ماهیت انجام خاک‌ورزی حفاظتی همراه با حفظ بقایا ثبات و پایداری می‌باشد لذا خاک‌ورزی حفاظتی همراه با رعایت اصول به‌زراعی می‌تواند در خصوص آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نیز تأثیرات کنترل کنندگی داشته باشد. به‌نظر می‌رسد اثراتی که بر علف‌های هرز یکساله و چند ساله دارد متفاوت باشد و به دلیل ثبات بیشتر بستر تولید در سیستم‌های حفاظتی، احتمال کاهش علف‌های هرز یکساله و تا حدودی افزایش چند ساله‌ها می‌رود و در نهایت میزان کل علف‌های هرز کاهش می‌یابد لذا با توجه به طیف گسترده شرایط اقلیمی مناطق وخصوصیات متنوع بیولوژیکی و فیزیکی خاک‌ها، بررسی اثرات عملیات مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با روش‌های متداول بر وضعیت علف‌های هرز و عملکرد در مناطق مختلف ضروری است.

لذا با توجه به موارد ذکر شده و به منظور دستیابی به اهداف زیر انجام این بررسی صورت گرفت:

- بهبود، حفظ و ارتقاء سطح حاصلخیزی خاک‌ها در جهت افزایش و دوام عملکرد از طریق بهبود نظام‌های تغییر ساختار تولید محصولات زراعی مبتنی بر اصول پایداری سیستم کشاورزی (از رایج به حفاظتی).
- تغییر یا اصلاح نظام زراعی جهت افزایش بهره‌وری از زمان و مکان.
- حفاظت از منابع تجدیدناپذیر (آب، خاک و تنوع زیستی) و محیط زیست.
- ارزیابی مدیریت بقایا و خاک‌ورزی حفاظتی.
- بررسی وضعیت علف‌های هرز در روش‌های مختلف خاک‌ورزی.

فصل دوم:
بررسی منابع

۲-۱. خاک‌ورزی

کشاورزی رایج و فشرده برای خاک‌ورزی، حمل و نقل، فرآوری محصولات، تولید کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و تجهیزات مورد استفاده به سوخت‌های فسیلی نیاز دارد. عملیات خاک‌ورزی و برداشت بیشترین سهم را در مصرف سوخت‌های فسیلی در نظام کشاورزی فشرده دارا می‌باشند (جانگ و همکاران، ۲۰۰۷). عملیات خاک‌ورزی شدید برای نیل به حداکثر عملکرد منجر به کاهش چشمگیر در مواد آلی خاک، فعالیت‌های آنزیمی و در نهایت کیفیت خاک می‌شود (بایر و همکاران، ۲۰۰۱ و ماربت، ۲۰۰۲). شخم‌های متداول جهت تولید محصولات زراعی باعث تهی‌شدن خاک از مواد آلی و مواد غذایی می‌شود و جهت افزایش تولید و بالا بردن کیفیت محصول نیاز به وارد نمودن نهاده‌های شیمیایی و علف‌کش جهت اصلاح حاصلخیزی خاک، بالا بردن قدرت رقابت گیاه زراعی و کنترل آفات دارد (آلمن، ۲۰۰۱).

۲-۲. خاک‌ورزی حفاظتی

۲-۲-۱. اصول خاک‌ورزی حفاظتی

خاک‌ورزی حفاظتی شامل اصول اساسی حداقل بهم‌زدن خاک، انجام تناوب زراعی، پوشش مداوم زمین با بقایای گیاهی و ترافیک کنترل شده می‌باشد (بیکر و ساکستون، ۲۰۰۷ و هابز و همکاران، ۲۰۰۸). در خاک‌ورزی حفاظتی بایستی حداقل ۳۰ درصد از بقایا روی سطح خاک باقی بماند (گوارتز و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش عملکرد گندم افزون بر عوامل ژنتیکی به چگونگی خاک‌ورزی زمین، حفاظت از حاصلخیزی خاک و جلوگیری از فشردگی خاک نیز بستگی دارد (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). هدف اصلی از اجرای سیستم خاک‌ورزی حفاظتی نگهداری مقادیر کافی بقایا در سطح خاک جهت کنترل فرسایش آبی و بادی، کاهش مصرف انرژی و حفاظت از آب و خاک است (علیجانی، ۱۳۹۰). بهترین سیستم مدیریت خاک‌ورزی شامل به حداقل رساندن به هم زدن خاک و توجه به مدیریت بقایا متناسب با

جغرافیای محلی بوده که ملاحظات محیطی و اقتصادی را در پی خواهد داشت و نبایستی یک نسخه ثابتی برای انجام کشاورزی حفاظتی متصور شد بلکه برای هر منطقه با توجه به شرایط اقلیمی، محدودیت‌های زراعی، کیفیت آب و خاک، تناوب‌ها، آفات و بیماری‌ها، وجود علف‌های هرز، امکانات در دسترس و غیره شیوه متناسب با آن را طراحی و اجرا نمود.

۲-۲-۲. وضعیت جهانی خاک‌ورزی حفاظتی

از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی پژوهش در مورد انواع روش‌های خاک‌ورزی، فاصله ردیف، میزان مصرف بهینه کود، میزان مناسب بذر و حفظ بقایا در مزرعه آغاز شده است (امام و همکاران، ۱۳۸۹). سطح کشت محصولات مختلف به روش بدون شخم (حفاظتی) در دنیا از ۴ میلیون هکتار در سال ۱۹۸۷ به ۱۲۵ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده است که ۲۱ درصد آن در ایالات متحده آمریکا انجام می‌شود (بوکر، ۲۰۰۹ و فریدریچ و همکاران، ۲۰۱۲). شخم حفاظتی در بیشتر مناطق مورد پذیرش تولیدکنندگان قرار گرفته است و در ۴۱ درصد زمین‌های زراعی آمریکا به کار می‌رود (پترسون، ۲۰۰۵). در حال حاضر حدود ۵۰ درصد اراضی زراعی کشورهای پیشرفته انواعی از شخم کاهش‌یافته اعمال می‌شود (صفاری، ۱۳۷۸).

۲-۲-۳. خاک‌ورزی حفاظتی و پایداری

برای سال‌های متمادی توجه اصلی پژوهشگران زراعت به انجام خاک‌ورزی تنها در راستای دستیابی به کشاورزی پر تولید بوده است (امام و همکاران، ۱۳۸۹). کشاورزی حفاظتی هزینه تولید را کاهش، ثبات عملکرد را افزایش و تولید را پایدارتر و امنیت غذائی را بهبود می بخشد (اورتیز و همکاران، ۲۰۰۸ و مارونگو و همکاران، ۲۰۱۱). تولید درکشاورزی لازم است هم از عملکرد مناسبی برخوردار گردد و هم پایدار باشد (رینولدز و بورلاگ، ۲۰۰۶). حفظ بقایا در بدون شخم و شخم متداول، تنوع میکروبی را افزایش داده و به اکوسیستم اجازه می‌دهد که در هنگام مواجه شدن با تغییرات محیطی، از ثبات برخوردار گردد (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۲). کاهش خاک‌ورزی، افزون بر تأمین نیازهای اقتصادی، از نظر حفظ

منابع آب و خاک مؤثر بوده و موجب دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌شود (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). چالش اساسی امروز دانشمندان و دولتمردان بر سر افزایش و یا حداقل حفظ استانداردهای فعلی محیط خاک، آب و هوا در مسیر برنامه‌ریزی افزایش تولید در واحد سطح است. توجه به مدیریت‌های نوین خاک ازجمله خاک‌ورزی حفاظتی با هدف حفاظت از منابع خاک و آب یک استراتژی مناسب جهت برون رفت از این تنگنا به حساب می‌آید (جیووانی و همکاران، ۲۰۰۴). استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و تناوب زراعی مناسب برای رسیدن به کشاورزی پایدار و حفاظت از منابع آب و خاک ضروری است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۴). خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند بخش مهمی از سامانه کشاورزی پایدار باشد که منافعی را در رابطه با نیروی کارگری و مصرف سوخت برای کشاورزی فراهم نماید (علیجانی، ۱۳۹۰) . عملیات کاهش خاک‌ورزی در دهه اخیر به عنوان جایگزین مناسب برای عملیات خاک‌ورزی متداول به دلیل پتانسیل آن برای کاهش هزینه تولید و منافعی که برای محیط دارد به صورت وسیعی مورد پذیرش قرار گرفته است (الکایسی و یین، ۲۰۰۴). سازگاری سیستم‌های تولید شخم حفاظتی در جهان در حال افزایش است زیرا صرفه‌جویی در زمان و نهاده‌های اقتصادی و همچنین حفاظت خاک در آن مورد توجه است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایای گیاهی به عنوان نوعی بهره‌برداری صحیح از زمین و تداوم آن می‌باشد. از مهمترین مزایای آن کاهش فرسایش، نیروی کارگری کمتر، کاهش تبخیر و حرارت خاک در فصول گرم، افزایش نفوذپذیری خاک، بهبود ساختمان، بهبود فعالیت‌های حیاتی خاک، افزایش ترکیبات آلی خاک و افزایش سود خالص می‌باشد (صفاری، ۱۳۷۸).

۲-۲-۴. خاک‌ورزی حفاظتی و رطوبت

افزایش آب قابل دسترس گیاه اغلب اولین اثر قابل توجه کشت بدون شخم است که بقایا و حداقل به همزدن خاک، تبخیر را کاهش و نفوذپذیری را افزایش می‌دهد (بیکر و ساکستون، ۲۰۰۷). ظرفیت

نگهداری آب در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با حذف بقایا، بیش از ۱/۱ برابر می‌باشد (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹). رطوبت ذخیره شده در لایه‌های سطحی خاک توسط بقایای گیاهی با بهره‌گیری از روش‌های کم‌خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی، می‌تواند در دورهٔ اولیهٔ رشد گیاه (مراحل جوانه‌زنی و استقرار گیاه) اهمیت زیادی داشته باشد (مایز، ۲۰۰۹). خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه بدون خاک‌ورزی، حفظ رطوبت خاک و افزایش بهره‌وری کارگران از طریق کاهش عملیات زراعی و در نتیجه صرفه جویی در هزینه‌های کارگری، سوخت و تجهیزات را به‌دنبال دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷ و فاولرا و راکسترومب، ۲۰۰۱).

۲-۲-۵. خاک‌ورزی حفاظتی، نفوذپذیری و فرسایش خاک

در بررسی وضعیت نفوذپذیری و فرسایش خاک تحت تأثیر خاک‌ورزی و مدیریت بقایا اعلام گردید نفوذپذیری در پوشش‌های زمین با ۸۱ و ۵۱ درصد به ترتیب ۴۱ و ۱۴ میلی‌متر در ساعت بود که به‌طور معنی‌داری در تیمار بدون شخم نسبت به تیمار شخم برگردان بیشتر بود و میزان فرسایش ۱۰ و ۲۱ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد که هر دو در تیمار بدون شخم نسبت به تیمار شخم برگردان معنی‌دار و کمتر بود (ویلیامز و وست، ۲۰۱۱).

۲-۲-۶. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

عملیات شخم ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک، ظرفیت نگهداری آب و خاکدانه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و در ساختار و وظایف جمعیت میکروبی خاک تغییر ایجاد می‌نماید اما شخم حفاظتی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک را بهبود می‌بخشد (ماتئو و همکاران، ۲۰۱۲). جرم حجمی ظاهری شاخصی از کیفیت خاک می باشد (لاگسدون و کارلن، ۲۰۰۴). تخریب خاکدانه‌ها در شخم متداول نتیجه مستقیم و غیرمستقیم تخریب فیزیکی ساختار خاک است. اثر مستقیم آن ناشی از شکستن فوری خاکدانه‌ها به‌وسیله ابزارهای شخم می‌باشد و اثر غیر مستقیم آن که ناشی از عدم وجود

بقایا روی سطح خاک است موجب ضربات باران بر سطح خاک شده و زیست توده میکروبی ضعیف نیز تشکیل خاکدانه‌ها را کند می‌کند (لیچتر و همکاران، ۲۰۰۸). اگرچه شخم مقداری از فشردگی خاک را کاهش می‌دهد اما خود یک عامل اصلی فشردگی بوده، در صورتی‌که سیستم بدون شخم تردد روی زمین و فشردگی آن را کاهش می‌دهد (هابز و همکاران، ۲۰۰۸). روش‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم می‌توانند اثرگذاری‌های بهتری بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در نواحی نیمه‌خشک ایران داشته باشند (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با سیستم شخم متداول باعث بهبود وضعیت خاکدانه‌ها و افزایش ثبات آنها می‌شود (گوارتز و همکاران، ۲۰۰۹). در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در سطح، تغییرات دمای خاک نسبت به سیستم شخم متداول و بدون شخم با حذف بقایا، کمتر است (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۰ب).

۲-۲-۷. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات میکروبیولوژیکی خاک

روش‌های کشاورزی حفاظتی موجب بهبود فرآیندهای بیولوژیکی طبیعی در زیر و روی خاک می‌شود (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۱). در سیستم بدون شخم توأم با مدیریت بقایا اثرات بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به‌خوبی مشهود می‌باشد و تحقیقات نشان می‌دهد درتیمارهای بدون شخم با حفظ بقایای بیشتر نسبت به شخم متداول، فون متنوع تری وجود دارد، به‌طوریکه جمعیت باکتری‌ها، اکتینومایسیت‌ها، قارچ‌ها، کرم‌های خاکی و نماتد بیشتری در مزارع دارای بقایای به صورت مالچ و سیستم بدون شخم نسبت به شخم متداول با مخلوط کردن بقایا با خاک وجود داشت (هابز و همکاران، ۲۰۰۸ و کارلن و همکاران، ۱۹۹۴). شبکه حفره‌های خاک و هیف‌های مایکوریزا عامل مهمی برای قابل دسترس شدن فسفر در بعضی از خاک‌ها هستند، شخم به آنها صدمه زده و آنها را قطع می‌کند. سیستم بدون شخم بدین ترتیب منجر به تعادل بهتری از ریزجانداران شده و خاک پویاتری را به‌وجود می‌آورد.

پوشش زمین تنوع بیولوژیکی را افزایش داده و این افزایش تنوع محدود به بخش تحتانی خاک نمی‌شود بلکه بخش فوقانی و سطح خاک را نیز شامل می‌شود (هابز و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۲-۸. خاک‌ورزی حفاظتی و خصوصیات فیزیولوژیکی

عملکرد دانه ارتباط مثبتی با بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی گندم از جمله محتوای نسبی آب برگ، عدد SPAD و تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط دارد. محتوای نسبی آب برگ بیشتر، منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای و دوام سبزینه گیاه و همچنین افزایش تفاوت دمای سایه‌انداز با دمای محیط می‌شود (فنایی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج آزمایشات سینگ و همکاران (۱۹۹۵) در بررسی ارتباط خصوصیات فیزیولوژیکی گندم با اجزای عملکرد، بر ارتباط مثبت و معنی‌دار مابین سطح برگ پرچم و عملکرد دانه گندم تاکید دارد. تولید زیست‌توده به طور مستقیم مرتبط با میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی است که خود تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی قرار می‌گیرد (کاویگلیا و همکاران، ۲۰۰۴). کاهش رطوبت خاک، دسترسی ریشه‌ها به آب را محدود نموده و از این طریق موجب کاهش سطح برگ گندم می‌شود (ون ایترسام و همکاران، ۲۰۰۳). هرچه محتوای سبزینه بیشتر باشد میزان سبزینهٔ موجود در گیاه و در نتیجه نورساخت (فتوسنتز) آن نیز بیشتر بوده و با تولید ذخایر بیشتر برای دانه، عملکرد دانه افزایش خواهد یافت (اکبرآبادی، ۱۳۹۴). در آزمایشی روی گندم کاهش محتوای سبزینه، فلورسانس بیشینه (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv) ، عملکرد کوانتومی نظام نوری (Fv/Fm) و عدم تغییر فلورسانس اولیه (F0)تحت تنش خشکی گزارش شده است (پاکنژاد و همکاران، ۲۰۰۷). محتوی نسبی آب و عدد SPAD ذرت با کاربرد ۶۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار افزایش یافته است (مائو و همکاران، ۲۰۱۱). همبستگی مثبت بین رطوبت خاک با عدد SPAD در گیاه ذرت وجود دارد. کاهش عدد SPAD در این گیاه تحت تنش خشکی را می‌توان بیشتر به کمبود رطوبت قابل استفادهٔ خاک مربوط دانست به گونه‌ای که تنش کم آبی با اختلال در فرآیند فتوسنتز، کاهش این صفت را منجر شده است. نتایج

همانندی در ارتباط با کاهش عدد SPAD تحت تنش خشکی در پنبه توسط ماساکی و همکاران (۲۰۰۸) و در گندم توسط پاکنژاد و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است. پژوهشگران با تجزیهٔ مسیر صفات آگروفیزیولوژیک بر عملکرد دانه در شرایط دیم نشان دادند که صفات شمار روز تا ظهور سنبله و رسیدن فیزیولوژیک، طول برگ پرچم، ارتفاع بوته، میزان آب نسبی برگ و طول سنبله بر عملکرد دانه اثر مستقیم مثبت داشتند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹الف). به دلیل رابطهٔ نزدیکی که بین محتوی سبزینهٔ گیاه و مؤلفه‌های فلورسانس سبزینه با تثبیت و تبادل دی‌اکسیدکربن در گیاه وجود دارد، این مشخصه می‌توانند برآورد خوبی از تأثیر تنش‌های محیطی روی رشد گیاه باشند (آرائوس و همکاران، ۱۹۹۸). تفاوت دمای سایه‌انداز با دمای هوا همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه گندم نان دارد (ریس و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج آزمایشات نشان دادند در ارقام جدید گندم بهاره، دمای سایه‌انداز در مقایسه با رقم‌های قدیمی کاهش یافته است (لوپز و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۲-۹. خاک‌ورزی حفاظتی، کربن و عناصر غذایی خاک

آزمایشات درازمدت نشان داده که، بیشترین مقدار کربن آلی خاک در لایه ۰ تا ۵ سانتی‌متری در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا به‌دست می‌آید (فوئنتس و همکاران، ۲۰۱۰). شخم کاهش‌یافته توأم با کنترل علف‌های‌هرز با علف‌کش و تداوم کشت، کربن آلی خاک را افزایش داد (کمپبل و زنتنر، ۱۹۹۷). در مقایسه پنج ساله سه روش خاک‌ورزی، کربن آلی خاک در عمق ۰ تا ۷/۵ سانتی‌متری، در تیمار شخم برگردان در مقایسه با بدون شخم ۲۰ درصد کاهش و در عمق ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متری ۱۵ درصد افزایش و در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تفاوتی نداشت. در عملیات کم‌خاک‌ورزی در عمق ۱۰ سانتی‌متری در مقایسه با بدون شخم نیتروژن معدنی خاک ۳۷ درصد کاهش و pH نه درصد افزایش یافت (کتلر و همکاران، ۲۰۰۰). مقایسه سیستم‌های شخم بر کیفیت خاک نشان داد، متوسط pH در ۰ تا ۵ سانتی‌متری خاک در بدون شخم نسبت به شخم متداول کمتر بود. بین غلظت عناصر میکرو، آهن، مس،

روی و منگنز، فقط آهن تحت تأثیر مدیریت شخم و بقایا قرار گرفت به‌طوریکه غلظت آهن در شخم متداول با مخلوط کردن بقایا نسبت به بدون شخم با حفظ بقایا کمتر بود (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۱). شخم از طریق فرسایش بادی در طی آیش باعث خسارت می‌شود. کاهش شخم فشرده و افزایش مقدار بقایای برگشته به خاک می‌تواند باعث افزایش کربن آلی خاک در مقایسه با شخم متداول شود (هالورسون و همکاران، ۲۰۰۲). در سیستم‌های حفاظتی و بدون شخم اکسیداسیون ماده آلی خاک کاهش یافته و موجب حفظ ماده آلی خاک می‌شود (ویلکینز و همکاران، ۲۰۰۲). ظرفیت نگهداری آب، کربن آلی، زیست‌توده میکروبی خاک و کل نیتروژن در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با حذف بقایا، مساوی و یا بیش از ۱/۱ برابر بود (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹). شخم حفاظتی از طریق مدیریت کارآیی آبیاری، کودهی و مصرف آفتکش‌ها می‌تواند میزان مواد آلی خاک را افزایش داده و شدت تلفات مواد آلی خاک را تعدیل نماید (وست و مارلند، ۲۰۰۲). استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در طی زمان موجب افزایش ماده آلی خاک شد که به دلیل کاهش دما، افزایش رطوبت و کاهش سرعت تجزیه مواد آلی خاک بود (نساری، ۱۳۸۹). مطالعات نشان داده مزایای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در خاک‌های با مواد آلی کمتر، با گذشت زمان مشهودتر خواهد شد (صفاری، ۱۳۷۸) . نتایج تحقیقات نشان داده است که در روش شخم مداوم و سوزاندن بقایا میزان تلفات کربن آلی خاک ۸/۲ تن در هکتار بود درحالی‌که این میزان در روش بدون شخم و حفظ بقایا، ۳/۸ تن در هکتار بدست آمد (هابز و همکاران، ۲۰۰۸). در سیستم بدون شخم و حفاظتی عناصر غذایی به میزان بیشتری حفظ شده و ماده آلی و ریزجانداران خاک نسبت به شخم متداول کمتر تخریب شدند (انتری و همکاران، ۱۹۹۶). میزان کربن و نیتروژن در سطح ده سانتی‌متری خاک تحت کشت بدون شخم نسبت به شخم متداول ۶۷ درصد بیشتر بود (وود و ادوارد، ۱۹۹۲).

۲-۲-۱۰. خاک‌ورزی حفاظتی و ترسیب کربن

شخم باعث تغییرات زیادی در شرایط محیطی زیر خاک و تجزیه بقایای گیاهی در نیمرخ خاک می‌شود (ماتگی و همکاران، ۲۰۱۰). میزان تغییر در کربن خاک به میزان فاصله از حالت پایدار کربن خاک بستگی دارد (اندرن و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش ترسیب کربن باعث افـزایش تولیـد زیسـت‌تـوده گیـاهی، بهبـود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، کاهش فرسایش آبی و بـادی مـی شـود (عبـدی و همکاران، ۱۳۸۸). سیستم بدون شخم و شخم کاهش‌یافته، کشت گیاهـان چنـدسـاله و همچنـین کشـت گیاهان دارای ریشه عمیق، نهاده های آلی، کود دامی و کمپوست، حفظ بقایـا در سـطح خـاک، تنـاوب و مدیریت ارگانیک به عنوان راهکارهای مدیریتی برای بهبود ترسیب کربن در بخش کشـاورزی مـی‌باشـند (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۰). بالا بودن محتوای کربن آلی خاک برای حفظ حاصلخیزی و رطوبت بوم نظام کشاورزی ضروری می‌باشد (گریس و همکاران، ۲۰۰۶). محققین میزان ترسیب کـربن و انتشـار گـازهـای گلخانه‌ای را در شرایط زراعت رایج (شخم عمیق تک‌کشتی و حذف بقایا) بـا عملیـات حفـاظتی (شـخم حداقل، تناوب و حفظ بقایا) مقایسه و گزارش نمودنـد کـه میـزان مـواد آلـی خـاک و ترسـیب کـربن در کشاورزی حفاظتی بیشتر از رایج بود (اندرن و همکـاران، ۲۰۰۴). کشـت بـدون شـخم نسـبت بـه شـخم متداول موجب افزایش ترسیب کربن تا ۲۳۳ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با ۱۴۱ کیلـوگرم در هکتـار در سال شده است (هالورسن و همکاران، ۲۰۰۲). ساینجو و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که شخم حفاظتی علاوه بر افزایش میزان ترسیب کربن نسبت به شخم رایج، میزان ترسیب نیتروژن را نیز بهبـود بخشـید و سیستم بدون شخم به دلیل کاهش دستکاری و تخریب خاک در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر می باشد (موزیر و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲-۱۱. خاک‌ورزی حفاظتی و رشد و نمو

در حالت کلی رشد عبارت از تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول و یا افزایش ماده خشک گیاه می باشد. رشد گیاه مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاصی است کـه بـر یکـدیگر اثـر متقابـل

داشته و تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. هدف از بررسی شاخص‌های رشد مطالعه چگونگی عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی است. شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی مهم‌ترین شاخص‌های رشدی هستند که در زراعت از آنها استفاده می‌شود (بیندرا و خروارا، ۱۹۹۴). سیستم شخم، تناوب و مدیریت بقایا، رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۱). رشد و پر شدن دانهٔ گندم و جو توسط سه منبع مواد فتوسنتز جاری تولیدشده توسط برگ‌ها و ساقه، فتوسنتز جاری سنبله و انتقال دوبارهٔ کربوهیدرات‌ها و ترکیبات نیتروژن‌دار موجود در اندام‌های سبز گیاه به سنبله تأمین می‌شود (پلات و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۲-۱۲. خاک‌ورزی حفاظتی و عملکرد

عملیات بدون خاک‌ورزی در مقایسه با عملیات متداول طی یک دوره چندساله منجر به افزایش عملکرد گندم گردید (تارکالسونا و همکاران، ۲۰۰۶). در کشت بدون شخم با حفظ بقایا روی سطح خاک بیشترین عملکرد و بهترین کیفیت خاک بدست آمد (سژاناوارو و همکاران، ۲۰۱۰ الف). بررسی‌ها نشان می‌دهد عملکرد گندم دیم در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی به میزان ۷۸ درصد بیش از خاک‌ورزی مرسوم بود (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین نتایج بررسی سه ساله همت و اسکندری (۲۰۰۶) در گندم دیم نشان داد، روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد داشتند به طوری که روش بدون خاک‌ورزی در صورت حفظ کل بقایا در سطح زمین، با تولید حدود 38 درصد عملکرد دانهٔ بیشتر، بهتر از روش خاک‌ورزی مرسوم به علت توانایی نگهداری آب بیشتر توسط بقایا بود. گزارش دیگر پژوهشگران دیگرگویای برتری روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بدون‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی) نسبت به سیستم خاک‌ورزی متداول در مناطق دیم از نظر افزایش عملکرد محصول گندم است (لوپز-بلیدو و همکاران۱۹۹۶ و هالورسون و همکاران، ۱۹۹۹). تولید محصول گیاهان زراعی یک پدیده پیچیده

بوده و هماهنگی با این پیچیدگی و شناخت عمیق عوامل فیزیولوژیکی زارعی و محیطی برای حفظ و افزایش بهره‌وری ضروری است (ابراهیم پور و همکاران، ۱۳۸۶).

۲-۳. مدیریت بقایای گیاهی

۲-۳-۱. مدیریت بقایای گیاهی و ساختمان خاک

حفظ بقایا در سطح خاک نه تنها تشکیل خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهد بلکه از شکسته شدن خاکدانه‌ها از طریق کاهش فرسایش، جلوگیری نموده و همچنین از آن‌ها در برابر ضربات قطرات باران نیز محافظت می‌نماید (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۱). بقایای گیاهی می‌توانند با جایگزینی و با فراهم‌کردن عناصر غذایی در خاک سبب حفظ قدرت بارآوری خاک، افزایش ماده آلی خاک، حفظ آب در خاک، کاهش تبخیر، تحریک فعالیت‌های میکروبی، افزایش دانه‌بندی خاک، کاهش نوسانات دمایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک گردد. همچنین با حفظ ساختمان خاک و کاهش فرسایش آن و جذب عناصر آلاینده‌ها و مواد شیمیایی سبب کاهش منابع آلاینده، رواناب و آلودگی محیط شوند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۰). حفظ بقایای گیاهی با بهبود ساختمان خاک بر آب، دما و هوای خاک تأثیر گذاشته و سبب کنترل رواناب و فرسایش می‌شوند (کومار و جوه، ۲۰۰۰). در کوتاه مدت بقایای گیاهی منجر به کاهش عملکرد دانه ذرت می‌شود ولی در درازمدت با بهبود خصوصیات خاک مانند ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک، عملکرد بیشتری را نسبت به شرایط عدم وجود بقایا گیاهی نشان داد (نله و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۳-۲. مدیریت بقایای گیاهی و فرسایش

عملیات خاک‌ورزی متداول در درازمدت موجب افزایش فشردگی و تسریع فرسایش خاک می‌شود درحالی‌که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مدیریت بقایای گیاهی فرسایش خاک را کاهش می‌دهند (فالن و کت، ۲۰۱۴). باقی گذاشتن بقایا روی سطح خاک توأم با حداقل خاک‌ورزی، از کاهش مواد غذایی

خاک در اثر روانآب ممانعت به‌عمل می‌آورد (واگر و همکاران، ۱۹۸۹). فرسایش در بدون شخم توأم با مدیریت بقایای گیاهی حدود ۳۰ درصد کمتر از شخم متداول بود (آئسوالد و همکاران، ۱۹۹۴). کاهش شخم و مدیریت بقایا موجب کاهش فرسایش، افزایش عملکرد و راندمان بهتر مصرف آب شد (ادرسون و همکاران، ۱۹۹۰).

۲-۳-۳. مدیریت بقایای گیاهی و رطوبت خاک

حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین، یک محیط مناسب برای نفوذ آب در خاک فراهم کرده و می‌تواند میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد. همچنین، وجود بقایای گیاهی در سطح زمین با نگهداری برف در سطح خاک موجب ذخیرهٔ رطوبت می‌شود (هیلل، ۲۰۰۳). جیسلر و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند در شرایط حفظ بقایا میزان رطوبت خاک افزایش یافت. حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک منجر به بهبود وضعیت نگهداری رطوبت در خاک شده وکاربرد بقایا در سطح خاک باعث حفظ ۵۰ تا ۸۰ میلی‌متر ذخیره رطوبتی بیشتر (از آب باران) می‌شود. باقی گذاشتن بقایا در سطح خاک تعداد روزهای مرطوب خاک و نیز تعداد درجه روزهای مرطوب خاک را افزایش داده و در افزایش عملکرد گندم موثر بود.

۲-۳-۴. مدیریت بقایای گیاهی و کربن خاک

خاک‌ورزی حفاظتی باعث ایجاد تغییرات مهمی در پویایی کربن خاک شده و برای ترسیب کربن مفید می‌باشد. حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و عدم به هم زدن خاک منجر به کاهش سرعت تجزیه بقایای گیاهی و در نتیجه کاهش معدنی شدن مواد آلی خاک به دلیل تهویه کمتر و دسترسی کمتر ریزجانداران به آن‌ها شده که افزایش میزان کربن خاک را به دنبال دارد (بالوتا و همکاران، ۲۰۰۴ و مرادی، ۱۳۹۲). کشت و کار طولانی و مداوم در بسیاری از اراضی کشاورزی و خاک‌ورزی فشرده باعث کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی کربن خاک شده است (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۵). سوزاندن بقایای گیاهی اگر چه روشی سریع و موثر در مبارزه با علف‌های هرز است اما به مرور باعث کاهش حاصلخیزی خاک و آلودگی‌های

زیست‌محیطی می‌شود. یکی از روش‌های موثر برای حفاظت از منابع تولید (آب و خاک) حفظ بقایای گیاهی است. هر چند که مزایای خاک‌ورزی حفاظتی با اعمال طولانی مدت آن حاصل می‌گردد. در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد محصول می‌تواند بیشتر، کمتر و یا برابر خاک‌ورزی متداول باشد که ناشی از عوامل مختلفی از جمله تناوب زراعی، شرایط خاک ، اقلیم و فصل کاشت باشد (مرادی، ۱۳۹۲). بقایا با جذب کربن آلی و کاهش خروج دی‌اکسیدکربن و سایر گازها می‌توانند در متعادل نمودن اقلیم جهانی نیز نقش داشته باشند (سینگ و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۳-۵. مدیریت بقایای گیاهی و میکروارگانیسم‌های خاک

بقایا در سامانه بی‌خاک‌ورزی کمتر در معرض ریزجانداران قرار می‌گیرند و از سرعت تجزیه پایین‌تری برخوردار بوده و دیرتر از دسترس خارج می‌شوند (ماتگی و همکاران، ۲۰۱۰). ریزجاندران برای تجزیه بقایای گیاهی مقداری از نیتروژن موجود در خاک را مصرف می‌کنند. در مراحل اولیه قرارگیری بقایا در زمین بین آنها و گیاه برای جذب نیتروژن رقابت وجود دارد و بخشی از نیتروژن خاک توسط ریزموجودات مورد استفاده قرار می‌گیرد و از دسترس گیاه زراعی خارج می‌شود. با گذشت زمان و تجزیه بقایای گیاهی، نیتروژن آلی موجود در بقایای گیاهی به صورت معدنی درآمده و در خاک آزاد می‌شود (گایلو و همکاران، ۲۰۱۱ و جنتیل و همکاران، ۲۰۱۰). کیفیت و نوع بقایای گیاهی اضافه شده به خاک در میزان زمان آزادسازی نیتروژن به خاک نقش مهمی خواهد داشت، بقایای بقولات در زمان کوتاهی بعد از اضافه شدن به خاک میزان زیادی نیتروژن به خاک اضافه می‌نمایند ولی در بقایای غلات بسته به شرایط اقلیمی و رطوبتی بین چهار تا هشت ماه زمان برای آزادسازی نیتروژن آن‌ها لازم است (جیان‌بین و همکاران، ۲۰۱۰). هر چه بقایای گیاهی بیشتر با خاک مخلوط شوند و سطح تماس آن‌ها با خاکدانه‌ها بیشتر باشد زودتر تجزیه شده و عناصر غذایی سریع‌تر آزادسازی می‌شوند (مرادی، ۱۳۹۲ و بلیس و راویندران،

۲۰۰۳). با افزایش میزان بقایا در خاک زیست‌توده میکروبی خاک افزایش قابل‌توجهی می‌یابد (رایت و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۳-۶. مدیریت بقایای گیاهی و آفات و بیماری‌ها

حفظ بقایا در سطح خاک اغلب موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد. اما برخی مواقع به دلیل کمبود ادوات مناسب، عدم مدیریت صحیح بقایا، کاهش تهویه خاک و سرد شدن آن و مشکلات ناشی از شیوع آفات و بیماری‌ها و علف‌های‌هرز موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود (آنگر و همکاران،۱۹۸۰). بر اساس مطالعات باراکو و همکاران (۲۰۰۷) مقادیر بالای بقایای ذرت موجب کاهش تعداد سنبله در متر مربع و در نتیجه کاهش عملکرد دانه گندم در حالت بدون خاک‌ورزی گردید. یک سیستم مدیریت بقایا برای تمام شرایط محیطی مناسب نیست بنابراین بایستی سیستم مدیریتی بقایا با توجه به عوامل محدودکننده تولید در هر منطقه انتخاب گردد (کومار و جوه، ۲۰۰۰).

۲-۴. خاک‌ورزی حفاظتی و علف‌های هرز

علف‌های‌هرز مانع دسترسی کامل گیاه زراعی به منابع غذایی، آب و نور می‌شوند به‌طوریکه یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد محسوب می‌شوند (قربانی و همکاران،۱۳۹۲). حدود ۱۱ درصد از تولیدات کشاورزی جهان در اثر خسارت علف‌های هرز کاهش می‌یابد (احمدی، ۱۳۷۶). تغییر در عملیات خاک‌ورزی جمعیت علف‌های‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد (نایس و همکاران، ۲۰۰۷). بانک بذر و علف‌های هرز موجود در هر مزرعه به شدت تابع نوع عملیات زراعی و نحوه مدیریت اجرایی می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۰ و سوانتون و همکاران، ۱۹۹۹ و رنی و ترسی، ۲۰۰۷). علف‌های هرز تحت تأثیر مدیریت‌های زراعی قرار گرفته و می‌تواند باعث کاهش ذخایر بذر علف‌های هرز شود (سومودی و همکاران، ۱۹۸۴). تغییر در عملیات خاک‌ورزی می‌تواند بر پویایی جمعیت علف‌های هرز شامل توزیع بذر علف‌های هرز و فراوانی در بانک بذر خاک اثرگذار باشد (مالاگتا و استولتنبرگ، ۱۹۹۷ و بوهلر و مستر، ۱۹۹۱).

شخم با قرار دادن بذر علف‌های هرز در حال خواب در معرض اکسیژن و نور جوانه‌زنی بذور علف‌های هـرز را تسریع و تحریک می‌کند (کوچکی و همکاران،۱۳۸۴). سیستم خاک‌ورزی می‌توانـد اثـرات مهمـی را در پویایی علف‌های هرز و تداخل آن‌ها با گیاه زراعی داشته باشد (کلمنتس و همکاران، ۱۹۹۵). شخم عمیق اغلب منجر به ظهور علف هرز بیشتری نسبت به شخم سطحی می‌شـود (راشـد محصـل، ۱۳۸۵). بـدون شخم با حفظ بقایا در دراز مدت شرایط مطلوب و ثبات اکولوژیکی جدیدی را به‌وجود مـی‌آورد. همچنـین پتانسیل زیادی برای کنترل بیولوژیکی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز دارد (گوارتز و همکـاران، ۲۰۰۸). در سیستم بدون شخم و در مدیریت علف‌های هرز در سال‌های ابتدایی نیاز به کنترل آن‌ها افزایش می‌یابد (نیسن و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی وضعیت تـراکم و گونـه‌های علف‌هـای هـرز در سیسـتم‌های بـدون شخم، شخم حداقل و شخم فشرده اعلام گردید سیستم بدون شخم کمترین تراکم علف‌های هرز را داشت به‌طوریکه فقط ۱۸ درصد در بدون شخم تراکم بیش از ۳۰ بوته در متر مربع در مقایسه بـا ۲۶ درصـد در شخم فشرده بود (لیسون و توماس، ۲۰۰۹). نتایج دیگر نشان داد مدیریت زراعی، ماده خشک علـف‌هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد به‌طوریکه بـیش‌تـرین و کـم‌تـرین مقـدار مـاده خشـک علـف‌هرز بـه ترتیـب در سیستم‌های کم‌نهاده (بدون شخم) و پرنهاده (چهار نوبت شخم) به‌دست آمد (خرمدل و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین اعلام شد با کشت بدون شخم و انجام تناوب می‌توان به طور معنی‌داری تراکم علف‌هـای هـرز را کاهش داد (یانگ و تورنه، ۲۰۰۴). در خصوص اثر مدیریت بقایا بر وضعیت علف‌های هرز اعلام گردید کـه حفظ بقایای محصول قبلی به بذور علفهای هرز که اغلب بذور آن‌ها برای جوانه‌زنی نیاز به نور دارند، اجازه سبز و رشد نمی‌دهد و به کاهش آلودگی علف‌های هرز کمک می‌کند (هابز و همکاران، ۲۰۰۸). اما نتـایج بعضی از تحقیقات نشـان داد کـاهش خـاک‌ورزی بـه علـت افـزایش بانـک بـذر در لایـه سـطحی خـاک کونن(۲۰۰۶) و تورسن، اسکاتراد (۲۰۰۲) حضور علفهای هرز را افزایش می‌دهد و نیاز به نیروی کـارگری بیشتر می‌شود (نورث‌ورثی، ۲۰۰۸). در این راستا زمانی که سرعت جوانه‌زنی علـف هـرز نسـبت بـه گیـاه

زراعی با تأخیر و کندتر باشد گیاه زراعی سریع تر مستقر شده و کارآیی رقابتی بیشتری نسبت به علف هرز خواهد داشت (سومودی و همکاران، ۱۹۸۴). همچنین گزارش شد مالچهای قابل تجزیه زیستی مانند کاه و کلش یا کمپوست موجب حفظ رطوبت خاک، کاهش فرسایش خاک و جلوگیری از رشد علفهای هرز است (اصغر پور و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهشگران دلیل متناقض بودن برخی از نتایج در آزمایشات را تغییر شرایط خواب بذر در طی ماه‌های مختلف سال و همچنین تغییر حساسیت نوری بذور اعلام نمودند (جاروسزک و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۵. جایگاه و اهمیت ذرت

ذرت گیاهی است یکساله از تیره غلات (Gramineae) که دارای ساقه توپر و سه نوع ریشه جنینی، دائمی و هوایی می‌باشد. در سال ۱۷۳۷ لینه ذرت را *Zea mays* نامید. کلمه Zea لغتی یونانی است که ریشه آن Zoein به معنی زندگی است. تاریخچه ورود ذرت به ایران به طور دقیق مشخص نیست ولیکن ورود ذرت به ایران را به پرتغالی‌ها و به سال ۹۲۱ هجری شمسی در زمان اشغال جزیره هرمز نسبت می‌دهند. ذرت یکی از با ارزش‌ترین گیاهان زراعی است و این گیاه به عنوان سلطان غلات معروف است (سلیمی، ۱۳۸۹). سطح زیر کشت و تولید ذرت در دنیا رو به افزایش است و طبق آخرین آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) تولید کل آن ۱/۰۱۷ میلیارد تن بوده که بیش‌ترین تولید به ترتیب در آمریکا با ۳۵۳/۷، چین با ۲۱۸/۵ و برزیل با ۸۰/۳ میلیون تن بوده است (فائو، ۲۰۱۶). دو مرکز اولیه ذرت را در آمریکا نام برده‌اند ۱- ناحیه شمال خط استوا (آمریکا، مکزیک، آمریکای مرکزی، کلمبیا و ونزوئلا) و۲- ناحیه جنوب خط استوا (اکوادر، پرو، بولیوی، پاراگوئه، برزیل و آرژانتین) (سلیمی، ۱۳۸۹). اهمیت اقتصادی ذرت که کشت آن از هزاران سال پیش رواج داشته است، بر همگان روشن است. زیرا کلیه قسمت‌های آن، اعم از دانه و شاخ و برگ و حتی چوب بلال و کاکل آن استفاده می‌شود، در تغذیه انسان، در امور صنعت و داروسازی و در دام و طیور مصارف فراوانی دارد (میرهادی، ۱۳۸۱).

۲-۶. جایگاه و اهمیت گندم

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی است و نزدیک به یک سوم از کل زمین‌های قابل کشت دنیا را به خود اختصاص داده است (امام و همکاران، ۱۳۸۹). غلات یکی از با ارزش‌ترین تولیدات غذایی برای انسان می‌باشد و تقریباً ۵۵ درصد از پروتئین‌ها، ۱۵ درصد چربی‌ها، ۷۰ درصد گلوسیدها و به‌طورکلی ۵۰ تا ۵۵ درصد کالری مصرف شده توسط انسان در دنیا به وسیله غلات تأمین می‌گردد (هوشمندی و همکاران، ۱۳۹۴) . گندم نان (*Triticum aestivum* L) از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان است و غذای اصلی مردم را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد. در این مناطق، کمبود آب، عامل اصلی کاهش رشد گیاه و عملکرد دانه به شمار می‌رود (مانس و همکاران، ۲۰۰۶) . در میان غلات، گندم از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده که رشد فزاینده جمعیت نیز بر ضرورت افزایش تولید آن افزوده است و از این لحاظ این گیاه دارای ارزش راهبردی ویژه در دنیا می‌باشد (آنت و همکاران، ۱۳۹۲). گندم گیاهی زراعی است که در مناطق وسیعی از جهان سازگاری دارد و از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا محسوب می‌شود (ساتوره و اسلافر، ۱۹۹۹). این گیاه از نظر تولید و سطح زیرکشت جهانی نسبت به دیگر غلات دانه‌ای رتبهٔ اول را دارا است. لذا بررسی در زمینهٔ صفات مختلف زراعی ارقام گندم و تعیین روابط بین این صفات، روشی ارزشمند و بسیار سودمند است که شانس موفقیت به‌نژادگر را افزایش می‌دهد (قربانی و بهرام نژاد، ۱۳۷۸). گندم از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و مقدار تولید در جهان است و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد. در نتیجه، افزایش عملکرد در واحد سطح این محصول چالشی برای تغذیهٔ جهانی محسوب می‌شود (تیلمن و همکاران، ۲۰۰۲). گندم محصولی است که ۲۰۰ میلیون هکتار از اراضی زراعی دنیا را به خود اختصاص داده و ۲۱ درصد از غذای مردم را تامین می‌کند (اورتیز و همکاران، ۲۰۰۸). میزان تولید گندم نان حدود ۶۲۰ میلیون تن در سال می‌باشد (اوگبونایا و همکاران، ۲۰۱۳). کاهش سطح اراضی قابل کشت

ناشی از توسعه شهر ها، فرسایش، کاهش حاصلخیزی، شورشدن، اسیدی‌شـدن و فشـردگی خـاک در اثـر تکرار عملیات زراعی است (پاو و همکاران، ۲۰۰۰). سطح زیر کشت گندم در ایـران بـالغ بـر۶/۴ میلیـون هکتار است که ۲/۵ میلیون هکتار آن به صورت آبی با میانگین تولید 3500 کیلوگرم در هکتار و حـدود ۳/۹ میلیون هکتار دیگر به صورت دیم کشت می‌شود که میانگین تولید آن 976 کیلوگرم در هکتار است میانگین تولید گندم در سطح جهان 3300 کیلوگرم در هکتار بود این میـزان در کانـادا، امریکـا و ترکیـه 3200و 3600 و ۲۸۰۰ کیلوگرم و در ایران ۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشـد (چقـازردی و همکـاران، ۱۳۹۴).

فصل سوم:
مواد و روش‌ها

۳-۱. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش

این تحقیق در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳- ۱۳۹۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. بافت خاک لومی و بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه در منطقه خشک و سرد قرار داشت.

۳-۲. وضعیت اقلیمی محل آزمایش

کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک دنیا واقع شده است، میانگین بارش ایران حدود ۲۴۰ میلی‌متر و میانگین بارش دنیا ۸۶۰ میلی‌متر می‌باشد، که با میانگین کشور ما خیلی تفاوت دارد و نمی‌توان با متوسط بارش دنیا مقایسه کرد (طریق‌الاسلامی، ۱۳۹۱). آمار هواشناسی در سال‌های انجام آزمایش در جدول ۳-۱ آورده شده است.

جدول۳-۱ - آمار هواشناسی منطقه

سال زراعی	میانگین بارندگی (mm)	میانگین دمای (°C)سالانه	میانگین دمای (°C)حداکثرها	میانگین دمای (°C)حداقل‌ها	میانگین رطوبت نسبی (٪)
۱۳۹۱-۹۲	۲۵۹/۶	۱۶/۱	۲۳	۹/۳	۴۷/۵
۱۳۹۲-۹۳	۲۰۱/۲	۱۵/۷	۲۲/۵	۸/۷	۴۴/۳
بلند مدت(سی ساله)	۲۵۴/۳	۱۴/۸	۲۱/۸	۸/۱	۵۵

در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ میانگین بارش‌ها تقریبا معادل میانگین بارش‌های بلند مدت بود اما در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ میزان بارش‌ها حدود ۲۰ درصد کم‌تر از میانگین بلند مدت بود . وضعیت دما در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ حاکی از سالی گرم‌تر از سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و حتی میانگین دوره آماری بود.

۳-۳. طرح آزمایشی

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: الف) شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح شامل: ۱- شیوه متداول خاک‌ورزی (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، ۲- بدون شخم (کاشت مستقیم با بذرکار) و ۳- شخم کاهش یافته (چیزل پکر + کاشت با بذرکار) در کرت‌های اصلی و ب) مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: ۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰٪ بقایا و ۳- حفظ ۶۰٪ بقایای گیاهی در کرت‌های فرعی قرار داده شدند.

۴-۳. خصوصیات خاک محل آزمایش

قبل از انجام آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۳-۲ آورده شده است.

جدول ۳-۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (قبل از کشت ذرت)

بافت خاک	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	ماده آلی ($g\ kg^{-1}$)	نیتروژن ($g\ kg^{-1}$)	فسفات ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($g\ kg^{-1}$)
لومی	۷/۹	۱/۰۷	۴/۶	۰/۶	۶/۵	۰/۱۸۵

۵-۳. روش کاشت

در روش بدون شخم، کشت با بذرکار کشت مستقیم انجام شد. در روش کم‌خاک‌ورزی یک نوبت چیزل‌پکر استفاده و سپس برای کشت از بذرکار استفاده شد. در روش متداول، خاک‌ورزی توسط گاوآهن برگرداندار و دیسک اجرا و سپس کشت با بذرکار انجام شد.

تاریخ کشت در سال اول (ذرت علوفه‌ای) بیست و یکم خرداد ماه بود. از رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ برای کشت استفاده شد. ابعاد هر کرت فرعی آزمایشی ۳۰×۱۲ متر (۳۶۰ متر مربع) با ۱۶ ردیف کشت و

فواصل بین ردیف ۷۵ و روی ردیف ۱۲/۱۲ سانتی‌متر برای ذرت بود. برای ذرت ۳۵ کیلـوگرم در هکتـار (با وزن هزاردانه ۲۶۵ گرم) بذر مصرف شد. تراکم ایجاد شده ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار بود.

تاریخ کشت در سال دوم (گندم) پانزدهم آبان ماه بود. به‌منظور محاسبه میزان بقایا، از عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت استفاده شد. محصول (کاه و دانه) در متر مربع محاسبه و میزان بقایای آن در متر مربع نیم کیلوگرم اندازه‌گیری شد برای ۳۰ درصد بقایا (۱۵۰ گرم در مترمربع) و برای ۶۰ درصد بقایا (۳۰۰گرم در متر مربع) با تغییر ارتفاع هد کمباین به میزان ۱۵ و ۲۵ سانتیمتر تنظیم شد. بخشی از بقایای محصول گندم (محصول قبل از کشت ذرت) به‌صورت ایستاده و مابقی روی سطح خاک پخش شـد. از رقـم گنـدم پارسی که رقمی با تیپ بهاره است برای کشت استفاده شد. ابعاد هر کـرت فرعـی آزمایشـی ۳۰×۱۲ متـر (۳۶۰ متر مربع) با ۷۰ ردیف کشت و فواصل ردیف ۱۷ سانتی‌متر بود. همچنین بین هر دو کرت آزمایشی، یک متر فاصله در نظر گرفته شد. مساحت هر کرت اصلی ۱۰۸۰ متر مربع و مساحت کل آزمـایش ۹۷۲۰ متر مربع بود. سیستم آبیاری، تحت فشار و با استفاده از لوله‌های نواری تیپ بود. لوله‌های تیپ بـا فاصـله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی زمین قرار داده شدند. میزان کود مصرفی برای هر محصول بر اسـاس نتـایج اولیه تجزیه خاک و برای تمام تیمارها یکنواخت و به میزان ۱۵۵ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیوم فسـفات و ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود. یک سوم کود نیتـروژن و تمـامی کـود فسفره و پتاسه مورد نیاز همزمان با کاشت و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله ابتدای ساقه‌رفتن و ابتـدای ظهور سنبله مصرف شد. برای گندم ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار (با وزن هزاردانه ۴۰ گرم) بذر مصـرف شـد. تراکم ایجاد شده ۴۲۰ بوته در متر مربع بود. علف‌هـای‌هرز بـا اسـتفاده از علـف‌کش توفـوردی در قبـل از ساقه‌دهی کنترل شدند.

پس از رسیدگی دو متر مربع از هر کرت برداشت و سپس وزن کل و وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شد.

۳-۶. صفات مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری

۳-۶-۱. سطح برگ

سطح برگ ذرت در پنج مرحله از مراحل مهم رشدی شامل پنج برگی (۱۸ روز بعد از کاشت)، ۱۰ برگی (۴۵ روز بعد از کاشت)، اوایل گلدهی (۶۰ روز بعد از کاشت)، اوایل شیری شدن دانه (۷۲ روز بعد از کاشت) و خمیری شدن دانه (۹۰ روز بعد کاشت) با برداشت سه گیاه متوالی معادل ۰/۲۷۲ متر مربع از هر کرت از سطح خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. سطح برگ گندم نیز در شش مرحله از مراحل مهم رشدی شامل دو تا سه برگی (۲۶ روز بعد از کاشت)، ابتدای پنجه‌زنی (۵۹ روز بعد از کاشت)، ابتدای طویل‌شدن ساقه (۱۱۴ روز بعد از کاشت)، طویل‌شدن ساقه (۱۴۹ روز بعد از کاشت)، ظهور سنبله (۱۸۱ روز بعد کاشت) و مرحله خمیری (۲۱۱ روز بعد از کاشت) با برداشت مجموع دو نیم متر طول از هر کرت از سطح خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری سطوح برگ با استفاده از دستگاه دیجیتال (Nebraska،LI-3100C Area meter lincoln USA) انجام شد.

۳-۶-۲. وزن خشک گیاه و شاخص‌های رشد

برای بررسی روند رشد گیاه ذرت در طول فصل، نمونه برداری در ۱۸ روز پس از کاشت آغاز و در کل پنج مرحله رشدی شامل ۱۸ ، ۴۵ ، ۶۰، ۷۲ و ۹۰ روز پس از کاشت که به ترتیب در مراحل پنج برگی، ۱۰ برگی، اوایل گل دهی، اوایل شیری شدن و خمیری شدن دانه بود انجام شد. در هر مرحله از نمونه برداری تعداد سه گیاه متوالی معادل ۰/۲۷۲ متر مربع از هر کرت از روی زمین برداشت شد. نمونه ها ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند و سپس وزن خشک آنها تعیین گردید و برای گندم در سال دوم نمونه برداری در ۲۶ روز پس از کاشت آغاز و در کل شش مرحله رشد شامل ۲۶ ، ۵۹ ، ۱۱۴، ۱۴۹ ، ۱۸۱ و ۲۱۱ روز پس از کاشت که به ترتیب در مراحل دو تا سه برگی، ابتدای پنجه زنی، ابتدای طویل شدن ساقه ، طویل شدن ساقه، ظهور سنبله و مرحله خمیری شدن دانه بود انجام شد. در هر مرحله از نمونه

برداری یک متر طول از هر کرت از سطح خاک برداشت شد. نمونه ها ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند پس از تعیین وزن خشک نمونه ها، آنالیز های رشدی گیاه از معادله های (۴-۱) و (۴-۲) و برازش معادلات محاسبه شدند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۷ و کریمی و عزیزی، ۱۳۷۶).

$$CGR = (W2-W1/T2-T1)*1/GA \qquad (۴-۱)$$

W1: وزن خشک گیاه در واحد سطح در نمونه برداری اولیه

W2: وزن خشک گیاه در واحد سطح در نمونه برداری ثانویه

T2-T1: تعداد روز فاصله بین برداشت اول و دوم

GA: سطح سایه اندازی کانوپی بر سطح سانتیمتر مربع

$$RGR = Ln\ W2-LnW1/T2-T1 \qquad (۴-۲)$$

W1: وزن خشک گیاه در واحد سطح در نمونه برداری اولیه

W2: وزن خشک گیاه در واحد سطح در نمونه برداری ثانویه

T2-T1: تعداد روز فاصله بین برداشت اول و دوم

۳-۶-۳. محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از برگ‌های پرچم ۲۰ تکه پانچ و پس از توزین با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) داخل آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد داخل یخچال قرار داده شد تا آماس کنند. سپس وزن آماس اندازه‌گیری و نمونه‌ها ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری و محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد.

(۴-۳) ۱۰۰ *وزن خشک-وزن اشباع/ وزن خشک-وزن تر= محتوای نسبی آب برگ (گونزالس و گونزالس-ویلار، ۲۰۰۱).

۳-۶-۴. دمای سایه انداز و قرائت SPAD

دمای سایه‌انداز با استفاده از دماسنج مادون قرمز دستی (testo-Quicktemp 850-1 infrared thermometer) در مرحله ظهور سنبله و پر شدن دانه‌ها قبل از آبیاری انجام شد (ریس و همکاران، ۱۹۹۳). قرائت SPAD در مراحل ابتدای سنبله‌دهی و ابتدای پر شدن دانه برای متوسط پنج نقطه از پنج برگ پرچم و با دستگاه (MinoltaT, Japan) انجام شد (ریس و همکاران، ۱۹۹۳ و پاسبان- اسلام و همکاران، ۲۰۰۰).

۳-۶-۵. تشعشع جذب شده

اندازه‌گیری میزان نفوذ تشعشع به درون سایه‌انداز با دستگاه Sun Scan (type ss1 DELTA-T – DEVICES Cambridge-England) در مراحل سنبله‌دهی، گل‌دهی و پر شدن دانه از ساعت ۱۲ تا ۱۴ و در سه جهت در زیر سایه‌انداز و همچنین بالای سایه‌انداز (با آسمان بدون ابر و اندازه‌گیری دمای محیط) انجام شد (اوکونل و همکاران، ۲۰۰۴ و پورسل، ۲۰۰۰ و روزیارا و همکاران، ۲۰۰۸).

۳-۶-۶. پتانسیل آب برگ

به‌منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ در مرحله دانه‌بندی از برگ‌های پرچم که در یک جهت نسبت به آفتاب قرار داشتند و تا قبل از ساعت ۹ صبح انجام شد. نمونه‌ها پس از برداشت در پلاستیک و در کلمن محتوای یخ با فاصله قرار داده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و با دستگاه اتاقک محفظه فشار (ARIMAD 3000 – D 530 Digital plant water) اندازه‌گیری انجام شد (چادهاری و ایدسو، ۱۹۸۵ و ساتو و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۶-۷. انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - حداکثر وزن خشک ساقه در گرده‌افشانی = انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه (۴-۴)

(Papakosta & Gagianas, 1991)(۴-۵) ۱۰۰ * حداکثر وزن خشک ساقه در گرده‌افشانی/ میزان انتقال مجدد = کارایی انتقال مجدد

(۴-۶) ۱۰۰ * عملکرد دانه (وزن دانه در سنبله) / میزان انتقال مجدد = مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه (Niu *et al.*, 1993)

(۴-۷) ۱۰۰* حداکثر وزن خشک ساقه در گرده افشانی / حداکثر وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی = اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله

۳-۶-۸. دمای خاک

دمای خاک در سه عمق ۵، ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متری و قبل از پوشش کامل کانوپی در دو مرحله و با استفاده از دماسنج‌های میله‌ای جیوه‌ای اندازه‌گیری شد.

۳-۶-۹. مایکوریزا

برای اندازه‌گیری اسپورهای مایکوریزا نمونه‌های خاک از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری از پنج نقطه هر کرت برداشت و مخلوط شد و ۱۰۰ گرم از آن وزن و در بشر ۵۰۰ سانتی‌متر مکعبی با استفاده از آب مقطر سوسپانسیونی تهیه و با عبور از الک‌های با ۵۰۰ میکرومتر (مش ۳۵)،۲۵۰ میکرومتر (مش ۶۰) و ۱۵۰ میکرومتر (مش ۱۰۰) محتویات الک‌ها به بشرهای مربوطه منتقل و با قطره چکان بر روی کاغذ صافی پخش شد. به‌منظور شفاف‌سازی و ممانعت از چروکیده شدن اسپورها، به محلول لاکتوفنل منتقل و زیر بینوکولر شناسائی و شمارش اسپورها انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک خاک نیز نمونه خاک برای ۷۲ ساعت در آون با دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد قرارداده و وزن خشک نیز اندازه‌گیری شد (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹ و اسچالاماک و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۶-۱۰. جرم حجمی خاک

در انتهای دوره رشد نمونه‌های دست نخورده از خاک توسط رینگ‌های مخصوص تهیه و اندازه‌گیری جرم حجمی ظاهری و حقیقی انجام شد (انتری و همکاران، ۱۹۹۶ و بلیک و هارتج، ۱۹۸۶).

۳-۶-۱۱. تخلخل

میزان تخلخل با استفاده از جرم حجمی ظاهری و حقیقی و قبل از برداشت گندم محاسبه شد (سسیز و گارسوی، ۲۰۱۰).

(۴-۸) ۱۰۰*جرم حجمی حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب)/جرم حجمی ظاهری(گرم بر سانتی متر مکعب)= تخلخل

۳-۶-۱۲. ظرفیت نگهداری آب خاک

برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب خاک، نمونه برداری تا عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک انجام و ظرفیت نگهداری آب خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و تحت فشار ۰/۳ بار (در نقطه ظرفیت مزرعه) و ۱۵ بار (در نقطه پژمردگی دائم) برای ۲۴ ساعت قرار داده شدند. سپس رطوبت خاک با روش وزنی اندازه‌گیری شد (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹).

۳-۶-۱۳. مقاومت به نفوذپذیری خاک

میزان مقاومت به نفوذپذیری خاک با استفاده از دستگاه Netherland-Version 5.08 -PENETROMETR و تا عمق ۲۵ سانتی‌متری در حالت عمودی و با فشار وارده یکنواخت در مراحل گل‌دهی و دانه‌بندی اندازه‌گیری شد (فوئنتس و همکاران، ۲۰۰۹).

۳-۶-۱۴. علف‌های هرز

اندازه‌گیری تراکم، وزن خشک و نوع علف‌های هرز در مراحل مهم رشدی در ذرت در مراحل پنج برگی (۱۸ روز بعد از کاشت)، ۱۰ برگی (۴۵ روز بعد از کاشت)، اوایل گل‌دهی (۶۰ روز بعد از کاشت)، اوایل شیری (۷۲ روز بعد از کاشت) و خمیری دانه (۹۰ روز بعد از کاشت) و در گندم اواخر پنجه زنی (۱۱۴ روز بعد از کاشت)، ساقه‌دهی (۱۴۹ روز بعد از کاشت)، ظهور سنبله (۱۸۱ روز بعد از کاشت)، خمیری دانه (۲۱۳ روز بعد از کاشت) و با استفاده از کوادرات‌هایی به ابعاد ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. علف‌های هرز از سطح خاک برداشت، شمارش و به تفکیک نوع جهت اندازه‌گیری وزن‌تر و خشک به آزمایشگاه

منتقل شد. پس از توزین وزن‌تر نمونه‌های علف هرز به مدت ۲۴ ساعت در آون با ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس وزن خشک نمونه‌ها به تفکیک اندازه‌گیری شد. کنترل علف‌های هرز در ذرت با استفاده از علف‌کش توفوردی (۲۱ روز پس از کاشت به‌میزان ۲ لیتر در هکتار) و علف‌کش کروز (نیکوسولفورون) (۲۸ روز پی از کاشت به‌میزان ۱/۵ لیتر در هکتار) انجام شد و در گندم از علف‌کش توفوردی (قبل از ساقه‌دهی به‌میزان ۲ لیتر در هکتار) استفاده شد.

۳-۶-۱۵. محاسبات آماری

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ (برای تشعشع، محتوای نسبی آب، قرائت SPAD و تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط، دمای خاک و مقاومت به نفوذپذیری از اسپلیت پلات در زمان استفاده شد) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

فصل چهارم:
نتایج و بحث

۴-۱. نتایج سال اول (ذرت)

۴-۱-۱. کلروفیل برگ پرچم

مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کلروفیل برگ پرچم ذرت معنی‌دار نبود ولی میزان بقایای مختلف باعث بروز اختلاف معنی‌داری بر کلروفیل برگ پرچم در ذرت شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ پرچم ذرت در بقایای ۶۰ درصد با ۴۴/۸ بدست آمد که نسبت به میزان کلروفیل برگ پرچم در تیمار بدون بقایا ۲۶ درصد افزایش نشان داد اما نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد هر چند که چهار درصد نسبت به آن نیز بیشتر بود (شکل۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان کلروفیل برگ پرچم معنی‌دار شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ پرچم با ۴۶/۴ و ۴۶/۱ به ترتیب در تیمار شخم حداقل و میزان بقایای ۶۰ درصد و ۳۰ درصد بدست آمد (جدول۴-۳). حفظ بقایا در روی سطح خاک توأم با کاهش خاک‌ورزی احتمالا موجب ذخیره بیشتر رطوبت در خاک، کاهش تبخیر، رشد و استقرار سریعتر گیاه و رشد بهتر ریشه و قسمت‌های هوایی شد. وجود آب قابل‌دسترس بیشتر باعث تعدیل دمای خاک و اثرات مثبت بر جذب عناصر غذائی شد. دمای مطلوب، وجود عناصر غذائی و آب قابل‌دسترس و عدم تنش، بهبود وضعیت کلروفیل و فتوسنتز را به دنبال داشت. اما به‌نظر می‌رسد در روش بدون شخم با توجه به سال اول اجرای طرح و نیاز به زمان و فرصت بیشتر برای احیای خاک،کاهش فشردگی‌های متمادی ناشی از تردد ادوات و ماشین‌آلات در طی سال‌ها و کاهش روانآب و افزایش نفوذپذیری خاک و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، میزان کلروفیل با افزایش بقایا در تیمار حداقل شخم بیشتر از تیمار بدون شخم بود.

جدول ۴-۱- میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده ذرت در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	کلروفیل برگ پرچم	کلروفیل برگ بلال	محتوای آب نسبی	تعداد برگ	سطح برگ بلال	سطح برگ پرچم	ارتفاع بوته	قطر ساقه	ارتفاع تشکیل بلال
تکرار	۲	۹/۵ ns	۱/۰۶ ns	۶/۶ ns	۳/۵ ns	۰/۰۴ ns	۱۸۸۴/۴ ns	۱۳/۳ ns	۱۴/۹ ns	۱/۲۴ ns	۲۰/۲ ns
خاک‌ورزی(T)	۲	۵۶/۲ ns	۲۲/۱ ns	۲۶/۵ *	۱۸/۹ *	۰/۳۵۸ ns	۲۲۴۴۴ **	۳۴۰۷/۳ **	۲۵۱۸ **	۲۱۵/۳ **	۸۵۳/۷ **
خطای اصلی	۴	۱۴/۶	۵/۶	۱/۵۶	۳/۳۵	۰/۱۱۹	۱۲۷۹/۳	۵۶/۳	۵/۹۵	۱/۷۲	۹/۷۸
میزان بقایا (R)	۲	۲۶۵/۱ **	۲۱۶/۹ **	۶۲/۹ **	۱۳۱/۵ **	۳/۱۱ **	۱۹۰۲۱/۱ **	۲۰۳۷۱ **	۵۶۱/۴ **	۱۸/۵ **	۱۰۶۵ **
T * R	۴	۱۱۵/۲ *	۳۲/۲ *	۲۳/۲ *	۳۱/۵ **	۱/۵۲ **	۵۵۷۲/۹ *	۶۵۷/۷ **	۶۶۳/۱ **	۴/۰۱ ns	۶۲۰/۳ **
خطای فرعی	۱۲	۳۳/۰۴	۷/۰۶	۵/۳۶	۴/۱۳	۰/۰۴۵	۱۱۰۷	۶۹	۳۴/۸	۲/۶۱	۲۶/۸۲
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۱۷	۶/۴۵	۵/۴۴	۲/۵۳	۱/۹۱	۴/۳۶	۳/۶۳	۲/۲۱	۶	۳/۳۴

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار

جدول شماره ۴-۲- مقایسه میانگین عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا در ذرت

تیمارهای آزمایش	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	کلروفیل برگ پرچم (SPAD)	کلروفیل برگ بلال (SPAD)	محتوای آب نسبی (٪)	تعداد برگ در بوته (No.)	سطح برگ بلال (cm^2)	سطح برگ پرچم (cm^2)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع تشکیل بلال (cm)
شخم متداول	۸۰/۵ a	۴۰/۷ a	۴۲ b	۷۹/۶ ab	۱۵/۰۸ a	۷۴۵/۹ b	۲۲۶/۸ b	۲۷۳/۸ b	۲۲/۳ c	۱۵۸/۶ a
بدون شخم	۷۷/۴ a	۳۹/۷ a	۴۱/۱ b	۷۸/۹ b	۱۵/۰۱ a	۷۲۱/۱ b	۲۱۰/۵ c	۲۴۷/۱ c	۳۲ a	۱۴۳/۷ b
حداقل شخم	۸۲/۳ a	۴۲/۸ a	۴۴/۴ a	۸۱/۷ a	۱۵/۳۸ a	۸۱۷/۳ a	۲۴۹/۳ a	۲۷۷/۹ a	۲۵/۷ b	۱۶۲ a
بقایای صفر درصد	۷۳/۸ b	۳۵/۶ b	۳۹/۵ b	۷۵/۸ b	۱۴/۵ c	۷۱۲/۹ c	۱۸۳/۶ c	۲۵۷/۵ b	۲۸/۲ a	۱۴۲/۴ b
بقایای ۳۰ درصد	۸۳/۳ a	۴۳ a	۴۳/۶ a	۸۱/۲ a	۱۵/۴ b	۷۶۷/۱ b	۲۲۴/۶ b	۲۶۸/۷ a	۲۵/۳ b	۱۵۹/۲ a
بقایای ۶۰ درصد	۸۳/۱ a	۴۴/۸ a	۴۴/۴ a	۸۳/۲ a	۱۵/۶ a	۸۰۴/۳ a	۲۷۸/۵ a	۲۷۲/۷ a	۲۶/۵ ab	۱۶۲/۷ a

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون (برای خاک‌ورزی و میزان بقایا) در سطح پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

۴-۱-۲. کلروفیل برگ بلال

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل برگ بلال ذرت داشت (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ بلال در تیمار حداقل شخم ۴۴/۴ بدست آمد اما در تیمار بدون شخم و شخم متداول تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴-۲). با افزایش میزان بقایا، اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل برگ بلال ذرت وجود داشت (جدول۴-۱). میزان بقایای ۶۰ درصد دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ بلال بود که نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد، دو درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا ۱۲/۵درصد افزایش نشان داد. هر چند در تیمار بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد تفاوت معنی‌داری نبود (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان کلروفیل برگ بلال معنی‌دار شد (جدول۴-۱). میزان کلروفیل برگ بلال در تیمارهای حداقل شخم و بدون شخم با بقایای ۶۰ درصد به‌میزان ۴۶ و ۴۵/۳ درصد به ترتیب حاصل شد (جدول۴-۳). محققین اعلام داشتند که بین محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری وجود نداشت، اما همبستگی مثبت عملکرد دانه با مقدار کلروفیل برگ نشان‌دهندهٔ آن است که با افزایش محتوای کلروفیل برگ، عملکرد دانه افزایش داشته است (قلی زاده و همکاران، ۱۳۹۳). علامت پیری زرد شدن برگ است و آن هنگامی است که محتوای کلروفیل برگ حدود 48درصد نسبت به برگ سبز طبیعی کاهش یافته است. بنابراین مشاهدهٔ پیری از طریق اندازه‌گیری کلروفیل برگ قابل بررسی است (چاو و همکاران، ۲۰۰۲). کاهش خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی بیشتر به نظر می‌رسد از طریق حفظ رطوبت خاک، کاهش تبخیر و وجود آب قابل دسترس بیشتر موجب امکان سبز و استقرار زودتر شد. استفاده زودتر از منابع موجب رشد قسمت‌های هوایی و حمایت از ریشه گردید. وجود آب بیشتر در خاک و تعدیل دمای خاک باعث جذب بهتر عناصر غذایی شد و با تأثیر مثبت که می‌تواند بر عملکرد روزنه‌ها داشته باشد بر میزان فتوسنتز تأثیرگذار بود. فراهمی دمای مناسب برای فعالیت آنزیم‌ها و عدم تنش موجب افزایش میزان کلروفیل گردید. در تیمار بدون شخم با توجه به سال

اول اجرای طرح و نیاز به زمان بیشتر برای احیاء خاک و کاهش فشردگی و افزایش نفوذپذیری و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، میزان کلروفیل در تیمار بدون شخم کمتر از تیمار حداقل شخم بود.

۴-۱-۳. محتوای نسبی آب برگ

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر محتوای نسبی آب برگ ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ با ۸۱/۷ درصد در تیمار حداقل شخم بدست آمد و پس از آن تیمار شخم متداول با ۷۹/۶ درصد و تیمار بدون شخم با ۷۸/۹ درصد قرار داشتند (جدول۴-۲). محتوای نسبی آب برگ نشان دهنده وضعیت آب گیاه است که متأثر از تغییرات فیزیولوژیکی آب سلولی می‌باشد. به نظر می‌رسد در تیمار حداقل شخم به دلیل ثبات بیشتر بستر خاک نسبت به تیمار شخم متداول موجب کاهش تلفات تبخیر شد. احتمالاً افزایش نفوذپذیری و کاهش روانآب نسبت به تیمار بدون شخم موجب کاهش تلفات آب و افزایش آب قابل دسترس بیشتر برای گیاه شد. در تیمار شخم متداول زیر و رو کردن مداوم خاک ضمن افزایش تلفات آب خاک از طریق تبخیر، موجب فشردگی لایه های زیرین خاک شد و ظرفیت نگهداری آب خاک کاهش یافت. در تیمار بدون شخم نیز فرصت کافی برای احیای خاک، کاهش فشردگی، افزایش نفوذپذیری و حفظ رطوبت بیشتر وجود نداشت. تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرات معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ شد (جدول۴-۱). به‌طوری که با افزایش میزان بقایا از بقایای صفر درصد (۷۵/۸ درصد) به بقایای ۶۰ درصد (۸۳/۲ درصد)، محتوای نسبی آب برگ ذرت ۱۰ درصد افزایش یافت، ضمن‌آنکه نسبت به بقایای ۳۰ درصد (۸۱/۲ درصد) نیز ۲/۵ درصد افزایش داشت اگر چه تیمارهای میزان بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد تفاوت معنی‌داری به لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر محتوای نسبی آب برگ ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). در هر سه روش خاک‌ورزی هنگامیکه با افزایش مقدار بقایا توأم شد از محتوای نسبی آب

برگ بیشتری برخوردار گردید به‌طوریکه این میزان در تیمارهای شخم متداول، حداقل شخم و بدون شخم با بقایای ۶۰ درصد به ترتیب ۸۵/۷، ۸۴/۵ و ۷۹/۵ درصد بود (جدول۴-۳). حفظ بقایای بیشتر روی سطح خاک ممکن است با افزایش امکان نفوذ آب به درون خاک و روانآب کمتر و ممانعت از برخورد تابش مستقیم نور خورشید به سطح خاک کاهش تبخیر و حفظ رطوبت بیشتر را به دنبال داشت که آب بیشتری را در اختیار گیاه قرار داد. اثرات مثبت و نقش مدیریت بقایا در اثرات متقابل هر سه روش خاک‌ورزی با بقایا قابل مشاهده می‌باشد و در هر سه روش خاک‌ورزی بیشترین محتوای نسبی آب برگ با میزان بقایای بیشتر، افزایش یافت.

۴-۱-۴. تعداد برگ در بوته

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی نتوانست اثر معنی‌داری بر تعداد برگ در بوته ذرت داشته باشد (جدول۴-۱). تعداد برگ در بوته ذرت در تیمارهای حداقل شخم، شخم متداول و بدون شخم به ترتیب ۱۵/۳۸، ۱۵/۰۸ و ۱۵/۰۱ بود (جدول۴-۲). با افزایش میزان بقایا، اختلاف معنی‌داری در تعداد برگ در بوته ذرت مشاهده شد (جدول۴-۱). در میزان بقایای بیشتر، تعداد برگ در بوته افزایش یافت به‌طوری که در تیمار بقایای ۶۰ درصد با ۱۵/۶، نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد با ۱۵/۴، ۱/۵ درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا با ۱۴/۵، ۸ درصد افزایش در تعداد برگ در بوته ذرت مشاهده شد (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر تعداد برگ در بوته ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). تعداد برگ در بوته در اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا، همراه با افزایش میزان بقایا افزایش یافت به‌طوریکه در هر سه روش خاک‌ورزی بیش‌ترین میزان تعداد برگ در بوته در میزان بقایای ۶۰ درصد حاصل شد (جدول۴-۳). حفظ بقایا روی سطح خاک مانع تبخیر زیاد شد و شرایط را برای رطوبت قابل‌دسترس بیشتر فراهم نمود و وجود آب در تعدیل دمای خاک موثر بود در چنین شرایطی احتمالا جذب عناصر غذایی نیز بهتر انجام

شد و در پتانسیل گیاه برای افزایش تعداد برگ موثر بود که با افزایش میزان فتوسنتز، مواد غذایی بیشتری ساخته شد و در رشد نیز تأثیر داشت.

۴-۱-۵. سطح برگ بلال ذرت

روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر سطح برگ بلال معنی‌دار شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین سطح برگ بلال با ۸۱۷/۳ سانتی‌متر مربع در تیمار حداقل شخم بدست آمد که ۱۳/۳ درصد بیشتر از تیمار بدون شخم و ۱۰ درصد بیشتر از تیمار شخم متداول بود. تیمار بدون شخم و تیمار شخم متداول اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول۴-۲). به نظر می‌رسد شرایط مطلوب‌تر ایجاد شده در تیمار حداقل شخم باعث افزایش نفوذپذیری خاک و آب قابل دسترس بیشتر برای گیاه گردید که این موضوع می‌تواند بر هدایت روزنه ای موثر بوده و موجب افزایش فتوسنتز، رشد و سطح برگ بیشترگردید. سطح برگ بیشتر موجب افزایش جذب تشعشع توسط پوشش گیاهی شد که اثرات متقابلی با فتوسنتز و رشد داشت. تیمارهای مختلف میزان بقایا باعث بروز اثرات معنی‌داری در سطح برگ بلال شد (جدول۴-۱). سطح برگ بلال ذرت در تیمارهای بقایای ۶۰ درصد، ۳۰ درصد و بدون بقایا به ترتیب ۸۰۴/۳ ، ۷۶۷/۱ و ۷۱۲/۹ سانتی‌متر مربع بود (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا موجب بروز اختلاف معنی‌داری بر سطح برگ بلال شد (جدول۴-۱). در اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا، تیمارهای خاک‌ورزی با درصد بقایای بیشتر منجر به سطح برگ بلال بیشتری شد و بیش‌ترین میزان در تیمار شخم حداقل و ۶۰ درصد بقایا به میزان ۸۸۸/۹ سانتی‌متر مربع حاصل شد (جدول ۴-۳). وجود بقایای بیشتر روی سطح خاک همراه با کاهش عملیات خاک‌ورزی احتمالا ضمن کاهش تبخیر از سطح خاک باعث ذخیره آب بیشتر در خاک شد. بقایای بیشتر و رطوبت مناسب موجب تعدیل دمای سطح خاک شد که ممکن است بر فعالیت میکروارگانیزم‌ها نیز موثر بوده و در چنین شرایطی، موقعیت برای رشد بهتر ریشه فراهم گردید و با جذب مواد غذایی و آب بیشتر موجب رشد بهتر و افزایش سطح برگ بلال ذرت شد.

۴-۱-۶. سطح برگ پرچم ذرت

روش‌های مختلف خاک‌ورزی موجب اختلاف معنی‌داری بر سطح برگ پرچم ذرت شد (جدول۴-۱). سطح برگ پرچم ذرت در تیمارهای حداقل شخم، شخم متداول و بدون شخم به ترتیب ۲۴۹/۳، ۲۲۶/۸ و ۲۱۰/۵ سانتی‌متر مربع بود (جدول۴-۲). شرایط مناسب تر بوجود آمده در تیمار حداقل شخم نسبت به تیمار بدون شخم با توجه به نیاز به فرصت بیشتر برای تأثیر عدم خاک‌ورزی بر بهبود وضعیت خاک و همچنین نسبت به تیمار شخم متداول به دلیل تردد زیاد وسایل و ماشین‌آلات کشاورزی و ایجاد لایه های سخت، موجب شد که تیمار حداقل شخم با شرایط مطلوب‌تری در سال اول احتمالا از نظر وجود خلل و فرج و نفوذپذیری بیشتر خاک از طریق کاهش روانآب مواجه شود و با دسترسی به آب بیشتر، فتوسنتز و رشد بهتری فراهم گردد. اثر میزان متفاوت بقایا بر سطح برگ پرچم ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان سطح برگ پرچم ذرت در تیمار بقایای ۶۰ درصد بدست آمد و پس از آن مربوط به تیمار بقایای ۳۰ درصد و تیمار بدون بقایا بود (جدول۴-۲). به نظر می‌رسد پوشش بقایای بیشتر روی سطح خاک مانع تبخیر رطوبت ناشی از تابش نور خورشید شد. وجود آب بیشتر در خاک احتمالا امکان افزایش هدایت روزنه‌ای و تبادلات گازی را فراهم نمود و موجب فتوسنتز، رشد و افزایش سطح برگ گیاه شد. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر سطح برگ پرچم ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). در اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا، در هر یک از سه روش خاک‌ورزی، سطح برگ پرچم در میزان بقایای ۶۰ درصد افزایش یافت و بیش‌ترین میزان ۲۹۶/۵ سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار حداقل خاک‌ورزی و بقایای ۶۰ درصد بود (جدول۴-۳). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا تأثیرات مطلوبی داشت به‌طوریکه حتی در خاک‌ورزی متداول نیز حفظ بقایای بیشتر اثرات مثبت خود را نشان داد و با تعدیل شرایط، برگ پرچم در تیمارهای خاک‌ورزی با افزایش میزان بقایا، از سطح بیشتری برخوردار گردید.

۴-۱-۷. ارتفاع بوته ذرت

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین ارتفاع بوته ذرت در تیمار حداقل شخم با ۲۷۷/۹ سانتی‌متر بدست آمد و پس از آن به ترتیب ۲۷۳/۸ و ۲۴۷/۱ سانتی‌متر مربوط به تیمارهای شخم متداول و بدون شخم بود (جدول۴-۲). در تیمار حداقل شخم شرایط مناسب‌تری به جهت استقرار مطلوب‌تر بوته و توسعه ریشه، حمایت از قسمت‌های هوایی، استفاده بهتر از منابع و رشد بهتر ساقه فراهم گردید. تیمارهای مختلف میزان بقایا باعث بروز اثرات معنی‌داری در ارتفاع بوته شد (جدول۴-۱). هرچند ارتفاع بوته در تیمارهای ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت. ارتفاع بوته ذرت در تیمار ۶۰ درصد بقایا بیش‌ترین (۲۷۲/۷ سانتیمتر) و ۶ درصد بیشتر از ارتفاع بوته نسبت به تیمار بدون بقایا بود (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر ارتفاع بوته ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). حفظ بقایا توأم با روش‌های خاک‌ورزی که خاک به هم می‌خورد، توانست موجب افزایش ارتفاع بوته ذرت شود (جدول۴-۳). وجود بقایای بیشتر و رطوبت مناسب‌تر در تیمارهای دارای بقایای بیشتر نسبت به تیمار بدون بقایا ممکن است موجب کاهش مقاومت خاک و سهولت رشد و گسترش ریشه شد که استقرار بهتر بوته را بدنبال داشت. ریشه نیز با جذب بهتر آب و مواد غذایی در رشد ساقه موثر بود.

۴-۱-۸. قطر ساقه

روش‌های مختلف خاک‌ورزی دارای اثر معنی‌داری به لحاظ آماری بر صفت قطر ساقه ذرت داشت (جدول۴-۱). بیش‌ترین قطر ساقه ذرت در تیمارهای بدون شخم، حداقل شخم و شخم متداول به ترتیب ۳۲، ۲۵/۷ و ۲۲/۳ میلی‌متر بود (جدول۴-۲). صفت قطر ساقه به طور معنی‌داری تحت تأثیر مقادیر مختلف بقایا قرار گرفت. اما اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر قطر ساقه ذرت معنی‌دار نشد (جدول۴-۱). قطر ساقه در تیمار بدون بقایا، بقایای ۶۰ و ۳۰ درصد به ترتیب ۲۸/۲ ، ۲۶/۵ و ۲۵/۳ میلی‌متر بود (جدول۴-۲). قطر ساقه با توجه وضعیت ارتفاع بوته در روش‌های مختلف خاک‌ورزی تحت

تأثیر قرار گرفته و با افزایش ارتفاع بوته از قطر آن کاسته شده و با کاهش ارتفاع، بوته‌ها از قطـر بیشـتری برخوردار شدند.

۴-۱-۹. ارتفاع تشکیل بلال

روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر صفت ارتفاع تشکیل بلال دارای اثر معنی‌داری بود (جدول۴-۱). ارتفاع تشکیل بلال ذرت در تیمارهای حداقل شخم، شـخم متـداول و بـدون شـخم بـه ترتیـب ۱۶۲، ۱۵۸/۶ و ۱۴۳/۷ سانتی‌متر بود (جدول۴-۲). اثر میزان متفاوت بقایا بر ارتفاع تشکیل بلال ذرت تفاوت معنـی‌داری را نشان داد (جدول۴-۱). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا نیز موجب بـروز اخـتلاف معنـی‌داری بـر ارتفاع تشکیل بلال شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان در تیمار حداقل شخم و ۳۰ و ۶۰ درصـد بقایـا بـه ترتیب به میزان ۱۷۴/۸ و ۱۷۲سانتی‌متر حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جـدول۴-۳). با توجه به اینکه معمولا بلال در برگ شماره ۷ تشکیل می‌شود لذا متناسب بـا افـزایش ارتفـاع بوتـه، ارتفاع تشکیل بلال نیز افزایش یافت. احتمالا شرایط نسبتا مناسب تر ایجاد شده در تیمـار حـداقل شـخم نسبت به تیمار بدون شخم با توجه به نیاز به فرصت بیشـتر بـرای بـروز تـاثیر اثـرات عـدم خـاک‌ورزی و همچنین نسبت به تیمار شخم متداول و تاثیرات نامطلوب آن بر خاک، موجب این اختلاف شد. محققـین در بررسی تأثیر روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بر ذرت اعلام نمودند ارتفاع تشکیل بلال، وزن بـلال، تعـداد دانه در بلال و وزن ۱۰۰ دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (الدربی و لووری، ۱۹۸۶).

۴-۱-۱۰. عملکرد

روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر صفت عملکرد علوفه ذرت تـأثیر معنـی‌داری نداشـت (جـدول۴-۱). میزان عملکرد در تیمارهای حداقل شخم، شخم متداول و بدون شخم به ترتیب ۸۲/۳، ۸۰/۵ و ۷۷/۴ تـن در هکتار بود (جدول۴-۲). با توجه به اجرای سال اول طرح انتظار هم می‌رفت که تیمـار بـدون شـخم از عملکرد بالایی برخوردار نباشد. احیای خاک و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی آن نیاز به زمان بیشـتری

دارد و حتی انتظار کاهش عملکرد در سال‌های اولیه تیمار بدون شخم طبیعی است هر چند که در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین عملکرد علوفه ذرت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی دیده نشد. فشردگی ناشی از تردد ادوات و ماشین‌آلات در طی سال‌های متمادی و انجام شخم و عملیات آماده سازی خاک که موجب اثرات تخریبی و کاهش تخلخل و کاهش فضاهای خاک شده است نیاز به فرصت بیشتری برای احیای خاک دارد که با فراهم‌شدن شرایط مناسب برای ریزجانداران، کرم‌های خاکی و کاهش تردد نهایتاً منجر به بهبود وضعیت تخلخل و کیفیت خاک گردد. اما با توجه به کاهش هزینه‌های آماده‌سازی و خاک‌ورزی تیمار بدون شخم، در شرایط مساوی نیز از سود خالص بیشتری برخوردار بود. اثر میزان متفاوت بقایا بر عملکرد علوفه ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول۴-۱). تیمارهای با میزان بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد از عملکرد علوفه بیشتری نسبت به تیمار بدون بقایا برخوردار بودند. بین تیمار ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا اختلاف معنی‌داری در عملکرد علوفه ذرت مشاهده نشد. عملکرد در تیمار با بقایای ۶۰ درصد ۸۳/۱ تن بود که نسبت به تیمار بدون بقایا (۷۳/۸ تن)، ۱۲/۶ درصد افزایش نشان داد (جدول۴-۲). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر عملکرد علوفه ذرت معنی‌دار شد (جدول۴-۱). بیش‌ترین میزان عملکرد در تیمار شخم متداول و بقایای ۶۰ درصد، تیمار حداقل شخم و میزان بقایای ۳۰ درصد به ترتیب ۹۱/۳ و ۸۷/۶ تن در هکتار بود (جدول۴-۳). به نظر می‌رسد وجود بقایا در روی سطح خاک، از تابش اشعه خورشید ممانعت نموده و با کاهش تبخیر منجر به حفظ رطوبت بیشتری در خاک شد. رطوبت بیشتر شرایط را احتمالاً برای فعالیت ریزجانداران و موجودات خاکزی فراهم نمود و در تجزیه بقایا و تبدیل شدن به مواد آلی کمک کرد. پوشش سطح خاک از فرسایش جلوگیری و موجب شد نفوذپذیری خاک نیز افزایش یابد و روانآب کاهش و از بارش‌ها نیز بهتر استفاده گردد. حفظ بقایا و رطوبت بیشتر در تعدیل دمای خاک نیز موثر بود که این موضوع در سبز و استقرار بوته و کاهش تنش‌ها نیز نقش مهمی داشت. اما تأثیر بقایا در اثرات متقابل آن با تیمار بدون شخم کمتر در عملکرد موثر بوده است که ممکن است نیاز به

زمان بیشتر در این روش خاک‌ورزی برای احیای خاک،کاهش فشردگی‌ها، بهبود خصوصیات خاک و ظهور اثرات مثبت آن، از عوامل این امر باشد. صالحی (۲۰۰۶) گزارش کرد روش بدون شخم و میزان بقایا در سال اول تأثیر چندانی بر عملکرد نداشت اما با گذشت زمان اثرات مفید این عوامل بروز می‌کند. میزان عملکرد دانه ذرت در سال اول آزمایش تحت تأثیر نوع شخم قرار نگرفت در حالیکه در سال دوم مدیریت شخم تأثیر معنی‌داری بر میزان این صفت داشت (مرادی، ۱۳۹۲) . مطالعه علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) در تأثیر انواع شخم و همچنین سطوح مختلف بقایای ذرت نشان داد که در هر دو سال آزمایش میزان عملکرد دانه گندم در شخم حفاظتی بیشتر از شخم رایج بود. تاچ و هاسر (۲۰۱۱) نیز اظهار داشتند که تفاوتی در عملکرد دانه ذرت تحت تاثیر شخم رایج و حفاظتی مشاهده نشد.

نگهداری بقایا در سطح خاک در سال اول به دلیل رقابت بین گیاه زراعی و ریزموجودات خاک باعث کاهش عملکرد ذرت شد ولی در سال‌های بعد عملکرد در شرایط وجود بقایا بیشتر از عدم وجود بقایا بود (آدیکو و همکاران، ۲۰۰۹). شفی و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بررسی تأثیر حفظ بقایای گندم و نخود بر عملکرد دانه ذرت بیان داشتند که به طورکلی میزان عملکرد در شرایط وجود بقایای گیاهی ۲۳ درصد بیشتر از عدم وجود بقایا بود. عملکرد در سیستم‌های شخم کاهش‌یافته به علت حفظ رطوبت در خاک نسبت به شخم رایج در سال‌های خشک بیشتر است (آلوارز و استینباخ، ۲۰۰۹) و عملکرد پایین در سیستم بدون شخم در سال‌های مرطوب به علت کاهش دمای خاک و جوانه‌زنی است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). محققین الدربی و لووری (۱۹۸۶) و کوکس و همکاران (۱۹۹۰) و فورتین و همکاران (۱۹۹۳) رشد کند اولیه ذرت را در روش‌های حفاظتی و بدون شخم به دلیل پایین بودن درجه حرارت خاک در اثر بقایای سطح خاک دانستند.

جدول(۴-۳)- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده ذرت علوفه‌ای

تیمارهای آزمایشی		عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	کلروفیل برگ پرچم (SPAD)	کلروفیل برگ بلال (SPAD)	محتوای آب نسبی (٪)	تعداد برگ در بوته (No.)	سطح برگ بلال (cm^2)	سطح برگ پرچم (cm^2)	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع تشکیل بلال (cm)
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۷۲/۱ c	۳۹/۳ cd	۴۰/۵ ab	۷۳/۵ d	۱۳/۵ e	۷۱۷ c	۱۷۲ d	۲۶۶/۱ cd	۱۴۸/۶ c
	بقایای ۳۰ درصد	۷۷/۹ bc	۴۰ bcd	۴۳/۶۳ ab	۷۹/۴ b	۱۵/۶ b	۷۶۹ bc	۲۱۴/۳ c	۲۶۶/۶ c	۱۶۳ b
	بقایای ۶۰ درصد	۹۱/۳ a	۴۲/۸ abc	۴۲ ab	۸۵/۷ a	۱۶/۱ a	۷۵۱ bc	۲۹۴/۳ a	۲۸۸/۸ ab	۱۶۴ b
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۷۰/۶ c	۳۱/۳ e	۳۴/۶ c	۷۸/۲ bc	۱۴/۶۶ d	۶۳۶ d	۱۷۰/۶ d	۲۵۱/۳ ef	۱۴۶/۵ c
	بقایای ۳۰ درصد	۸۴/۲ ab	۴۲/۹ abc	۴۳/۳ ab	۷۹/۱ bc	۱۵/۱ c	۷۵۴/۳ bc	۲۱۶/۳ c	۲۴۳ f	۱۳۹/۸ cd
	بقایای ۶۰ درصد	۷۷/۳ bc	۴۵/۱ ab	۴۵/۳ a	۷۹/۵ b	۱۵/۲۶ bc	۷۷۳ b	۲۴۴/۶ b	۲۴۷ ef	۱۴۴/۸ c
حداقل خاک ورزی	بقایای صفر درصد	۷۸/۷ bc	۳۶ de	۴۳/۳ ab	۷۵/۷ cd	۱۵/۳ bc	۷۸۵ b	۲۰۸/۳ c	۲۵۴/۹ de	۱۳۲ d
	بقایای ۳۰ درصد	۸۷/۶ ab	۴۶/۱ a	۴۴ ab	۸۴/۹ a	۱۵/۳۶ bc	۷۷۸ b	۲۴۳/۱ b	۲۹۶/۴ a	۱۷۴/۸ a
	بقایای ۶۰ درصد	۸۰/۷ abc	۴۶/۴ a	۴۶ a	۸۴/۵ a	۱۵/۴۶ bc	۸۸۸/۹ a	۲۹۶/۵ a	۲۸۲/۳ b	۱۷۲ a

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون (برای خاک‌ورزی و میزان بقایا) در سطح پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

۴-۲. نتایج سال دوم (گندم)

رشد گیاه در نتیجهٔ فرآیندهای هماهنگ و منظم فیزیولوژیک است. فرآیندهای فیزیولوژیک تحت تأثیر عوامل مختلفی‌اند و در پاسخ گیاه به تنش‌ها اهمیت دارند. فتوسنتز از جمله مهم‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان است که در طی آن کربن هوا در متابولیسم گیاهی وارد می‌شود. محصول فتوسنتز، نزدیک به 38 درصد مادهٔ خشک گیاه را تشکیل می‌دهد، بنابراین با کم‌ترین تغییر در فتوسنتز تغییرات زیادی در عملکرد محصولات زراعی به وجود می‌آید. شدت فتوسنتز می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی قرار گیرد.

۴-۲-۱. تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط (Δt)

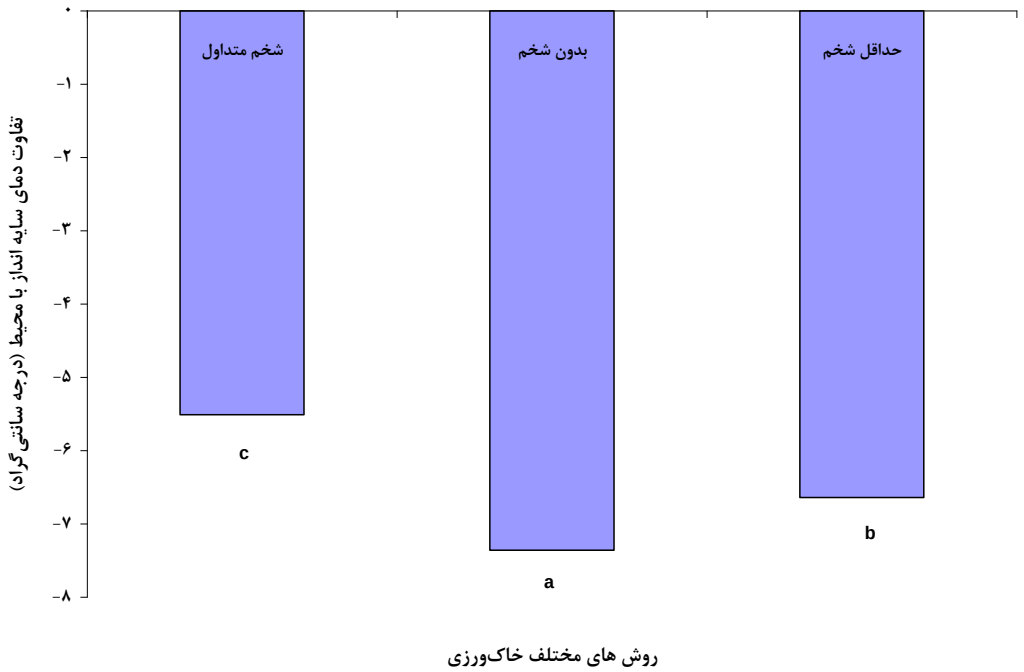
مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط معنی‌دار بود (جدول۴-۴). بیش‌ترین تفاوت مربوط به تیمار بدون شخم و به میزان ۷/۳۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد که نسبت به تیمار حداقل شخم (۶/۶۴- درجه سانتی‌گراد) ۱۱ درصد و نسبت به تیمار شخم متداول (۵/۵۱- درجه سانتی‌گراد) ۳۳/۵ درصد افزایش نشان داد (شکل۴-۱). شرایط رطوبتی مناسب ایجاد شده باعث کاهش دمای سایه‌انداز شد و سیستم‌های متابولیسم، فتوسنتز و انتقال تحت تأثیر دمای سایه‌انداز قرار گرفتند. ارتباط مثبت Δt با عملکرد به دلیل اثر آن بر هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز بود. دمای خنک سایه‌انداز بخصوص در طول دوره پر شدن دانه اثرات مهم فیزیولوژیکی بر پر شدن دانه و عملکرد دارد. مانیجال و رنا (۲۰۰۳) سایه‌انداز با دمای خنک در طول دوره پر شدن دانه در گندم را یک اصل مهم فیزیولوژیکی بیان کردند. میزان بقایای مختلف باعث بروز اختلاف معنی‌داری بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط شد (جدول۴-۴). تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط در میزان بقایای ۶۰ و ۳۰ درصد و شاهد به ترتیب ۷- ، ۶/۵۴- و ۵/۹۶- درجه سانتی‌گراد بود (شکل۴-۲). وجود بقایا در سطح خاک موجب حفظ رطوبت و وضعیت مناسب آب خاک شد که احتمالا تعرق بیشتر انجام شده، کاهش

دمای سایه‌انداز را فراهم نمود و علاوه بر این سیستم‌های انتقال مواد فعال‌تر شد و باز بودن مدت بیشتر روزنه‌ها بر فتوسنتز نیز اثرات مثبتی داشت. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر تفاوت دمای سایه‌انداز با محیط معنی‌دار نشد (جدول۴-۴). این نتایج با یافته‌های سایر محققین که اظهار داشتند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا با عملکرد دانه گندم دارد، مطابقت داشت (ریس و همکاران، ۱۹۹۳ و بیلج و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج آزمایشات هابز و همکاران (۲۰۰۸) نیز تاکید بر این موضوع دارد که کشت بدون شخم توأم با بقایا نسبت به شخم متداول موجب کاهش تلفات آب خاک ناشی از تبخیر و تعرق شد و عملکرد افزایش یافت. گونزالس-داگو و همکاران (۲۰۰۵) افزایش دمای گیاه را در شرایط کمبود آب اعلام نمودند. ارتباط منفی بین دمای سایه‌انداز و مصرف آب توسط استارک و همکاران (۱۹۹۱) و متایی و همکاران (۱۹۸۱) گزارش شده است. تفاوت دمای سایه‌انداز و محیط تحت تأثیر عوامل محیطی و بیولوژیکی مانند وضعیت آب خاک، سیستم‌های انتقال، متابولیسم گیاه، دمای هوا، رطوبت نسبی و تشعشع قرار می‌گیرد (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۱). همبستگی منفی بین دمای سایه‌انداز و تحمل به تنش رطوبتی وجود دارد (آنت و همکاران، ۱۳۹۲). رشید و همکاران (۱۹۹۹) گزارش نمودند که ارتباط معنی‌داری بین دمای سایه انداز گندم و عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی وجود دارد. لوپز و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود بر ژنوتیپ‌های گندم به این نتیجه رسیدند که ارقام جدیدگندم از دمای سایه‌انداز پایین‌تری برخوردار هستند.

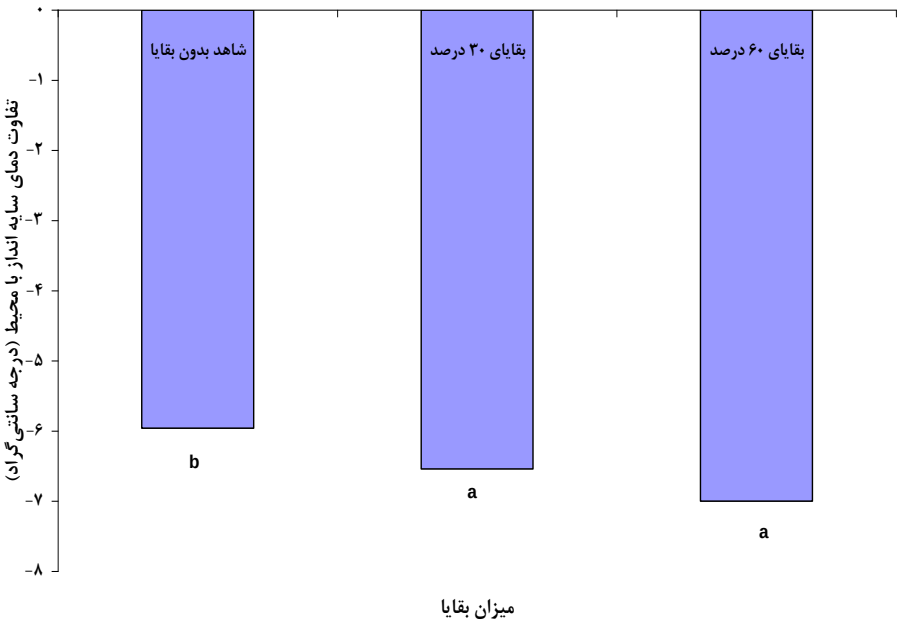
جدول۴-۴- میانگین مربعات برای صفات اندازه گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمانهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	عدد SPAD	محتوای نسبی آب برگ	تفاوت دمای سایه انداز با محیط
تکرار	۲	۰/۸۰۱ ns	۱۶/۴۸ ns	۰/۶۰۱ ns
خاک‌ورزی	۲	۳۰۳/۶۹ **	۷۸۰/۸۷**	۱۵/۶۶**
خطای a	۴	۱/۲۲	۱۱/۲۶	۰/۰۸
میزان بقایا	۲	۹/۵۲ ns	۳۰۴/۴**	۴/۸۷**
خاک‌ورزی * میزان بقایا	۴	۹/۸۱ ns	۲۰/۷ ns	۰/۲۴ ns
خطای b	۱۲	۶/۸۰	۳۰/۴۸	۰/۵۰
زمان	۱	۶۲/۰۸*	۳/۷۷ ns	۶/۷۵**
خاک‌ورزی * زمان	۲	۲۹/۲۶*	۱۴۰/۰۱*	۱/۵۱ ns
خطای c	۶	۴/۸۷	۲۴/۲۱	۰/۶۱
میزان بقایا * زمان	۲	۳/۱۰ ns	۰/۲۳ ns	۱/۵۱ ns
خاک‌ورزی * میزان بقایا * زمان	۴	۶/۸۳ ns	۳۵/۶۹ ns	۱/۱۹ ns
خطا	۱۲	۷/۰۹۷	۲۹/۱۴	۰/۴۳
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۲	۷	۱۰/۱۳

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی‌دار



شکل۴-۱- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تفاوت دمای سایه انداز با محیط



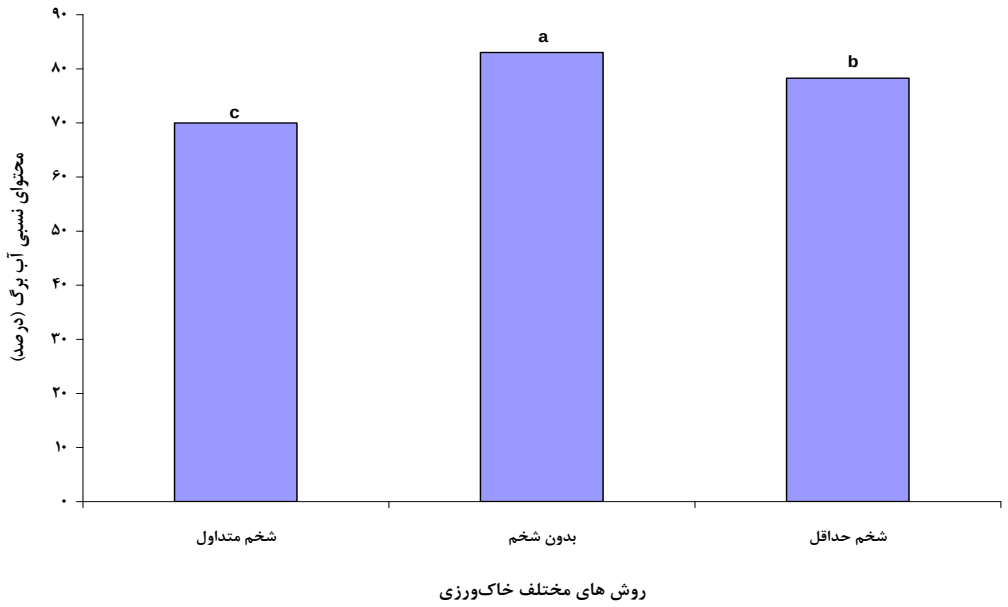
شکل۴-۲- اثر میزان بقایا بر تفاوت دمای سایه انداز با محیط

۴-۲-۲. محتوای نسبی آب برگ (RWC)

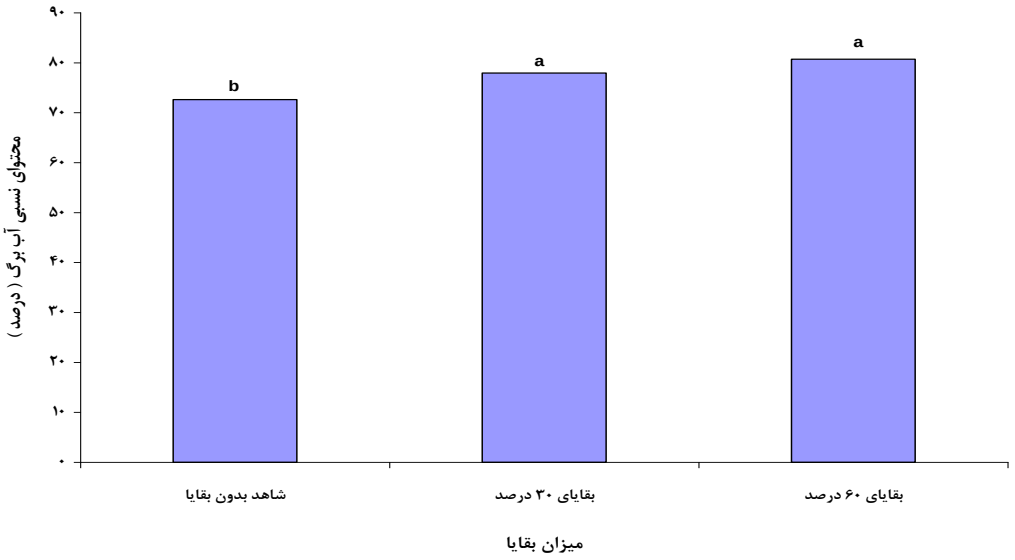
روش‌های مختلف خاک‌ورزی، تـأثیر معنـی‌داری بـر محتـوای نسـبی آب بـرگ داشـت (جـدول۴-۴). بیش‌ترین میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار بدون شخم با ۸۳ درصد بدست آمد و پس از آن مربوط به تیمارحداقل شخم و تیمار شخم متداول بود (شکل۴-۳). محتوای نسبی آب برگ، یک صفت مناسبی از وضعیت آب گیاه بر حسب نتیجه یا اثر فیزیولوژیکی کمبود آب سلولی است. در تیمار بدون شخم احتمالاً به علت شرایط مطلوب تر ایجاد شده ناشی از ثبات بستر خاک و به حداقل رساندن تلفات آب و وجود آب قابل‌دسترس بیشتر در خاک باعث تأمین میزان آب بیشتری در برگ شد و میـزان پتانسـیل آب در بـرگ افزایش یافت همچنین کاهش فشردگی خاک موجب افزایش تخلخل و فضای بیشتر برای ذخیره‌سازی آب در خاک شد به نظر می‌رسد محتوای نسبی آب برگ بیشتر موجب افزایش هـدایت روزنـه‌ای و بـاز بـودن

روزنه‌ها برای مدت طولانی‌تر و تأمین دی اکسید کربن بیشتر و افزایش رشد و شاخص سطح برگ شد. از طرفی سرعت سبز سریع‌تر و بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز و پوشش سطح خاک مانع تبخیر سریع آب از سطح خاک بود و مدت بیشتری رطوبت در خاک ذخیره شد. تیمارهای مختلف میزان بقایا باعث بروز اثرات معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ شد (جدول۴-۴) به‌طوری که با افزایش میزان بقایا از تیمار فاقد بقایا به تیمار بقایای ۶۰ درصد، محتوای نسبی آب برگ ۱۱/۱ درصد افزایش یافت (شکل۴-۴). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نشد(جدول۴-۴). بقایای بیشتر نیز با بوجود آوردن وضعیت مناسب‌تر به نظر می‌رسد از طریق کاهش فرسایش، امکان نفوذ بیشتر آب به درون خاک، کاهش روانآب، کاهش تبخیر و حفظ رطوبت، موجب بهبود وضعیت آب در گیاه شد. این نتایج با یافته‌های بیکر و ساکستون (۲۰۰۷) که اعلام داشتند افزایش آب قابل‌دسترس گیاه اولین اثر قابل توجه کشت بدون شخم می‌باشد و بقایا و حداقل خاک‌ورزی، تبخیر را کاهش و نفوذپذیری را افزایش می‌دهد، منطبق می‌باشد. همچنین فنایی و همکاران (۱۳۸۸) بر ارتباط مثبت محتوای نسبی آب برگ با افزایش هدایت روزنه‌ای و عملکرد گندم تاکید نمودند نتایج این پژوهش با نتایج این محققین مطابقت دارد. گوارتز و همکاران (۲۰۰۸) و سژاناوارو و همکاران (۲۰۱۰ب) و ویلیامز و وست (۲۰۱۱) نیز افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک، تعدیل دمای خاک و حفظ بیشتر رطوبت را در خاک‌ورزی حفاظتی (بدون شخم) توأم با حفظ بقایای گیاهی نسبت به شخم متداول گزارش کردند. فشردگی خاک اثر منفی بر نفوذپذیری آن، رشد ریشه و عملکرد محصول دارد (صفری و همکاران، ۱۳۹۳). پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ به طور معنی‌داری به علت کمبود آب کاهش یافت (پاسبان- اسلام و همکاران، ۲۰۰۰). جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی اظهار داشتند که تفاوت معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ پرچم بین ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل ممکن است به دلیل سازوکارهای متفاوتی باشد که ژنوتیپ‌ها را از یکدیگر متمایز می‌کند که این سازوکارها شامل بسته‌تر شدن روزنه‌ها، افزایش سنتز هورمون

اسیدآبسیزیک، پایداری غشاهای سلولی برگ و یا اندازه حجم سلول‌ها باشد. علی محمدی و میرمحمـدی میبدی (۱۳۹۰) در مطالعات خود همبستگی بین محتوای نسبی آب برگ و عملکرد را بالا گزارش کردند.



شکل۴-۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر محتوای نسبی آب برگ

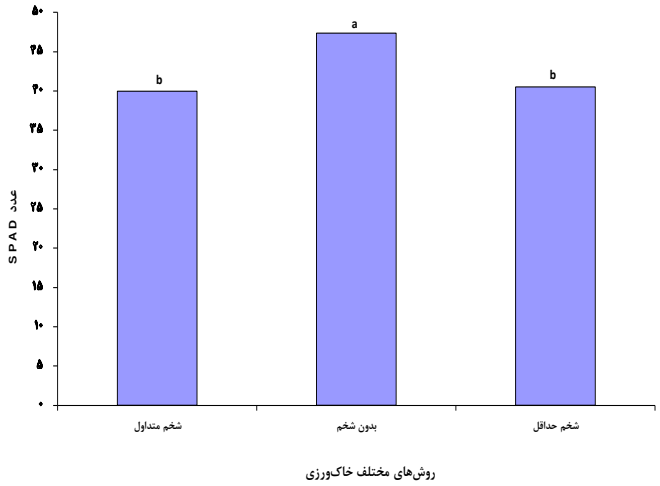


شکل ۴- ۴- اثر میزان بقایا بر محتوای نسبی آب برگ

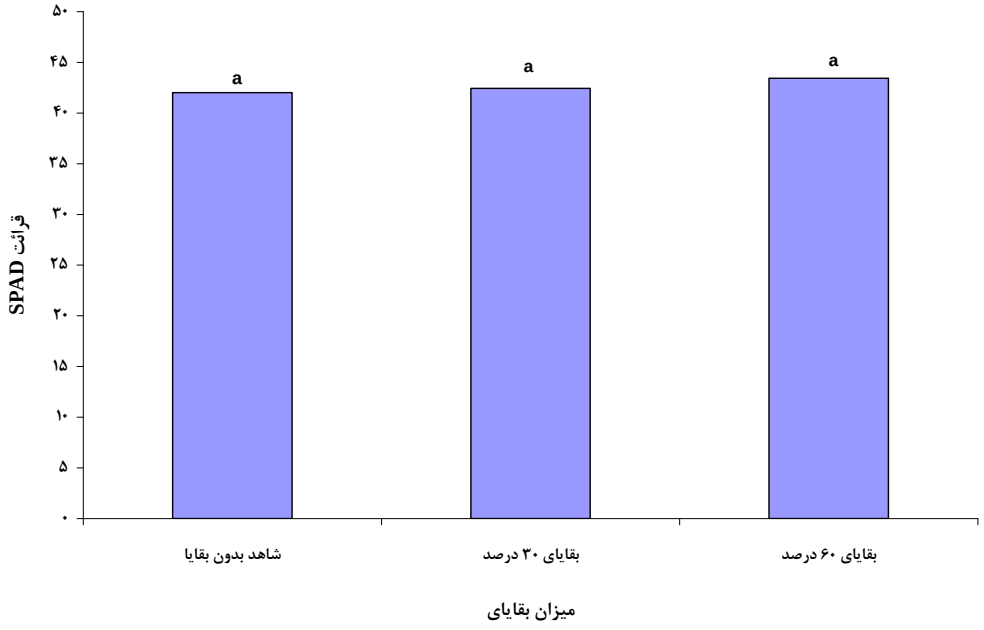
۴-۲-۳. عدد SPAD (SPAD values)

تیمارهای مختلف روش‌های خاک‌ورزی باعث بروز اثرات معنی‌داری بر عدد SPAD شد (جدول۴-۴). به‌طوریکه در تیمار بدون شخم بیش‌ترین عدد SPAD با ۴۷/۳۵ و کم‌ترین آن در تیمار خاک‌ورزی متداول با ۳۹/۹۷ بدست آمد. عدد SPAD در تیمار بدون شخم نسبت به تیمار حداقل شخم ۱۷ درصد و نسبت به تیمار شخم متداول ۱۸/۵ درصد بیشتر بود (شکل۴-۵). به‌نظر می‌رسد در تیمار بدون شخم عدم به هم زدن خاک باعث حفظ رطوبت، کاهش تبخیر و دسترسی به آب بیشتر موجب تسریع در جوانه‌زنی و استقرار گیاه و رشد بهتر ریشه می‌شود که بر رشد قسمت‌های هوایی نیز موثر بود. قسمت‌های هوایی نیز با تأمین بهتر نیازهای ریشه موجب رشد و توسعه سریعتر ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی شد. همچنین تأمین آب و دمای مطلوب‌تر در خاک و سایه‌انداز موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و افزایش فتوسنتز گردید. فعالیت مناسب‌تر آنزیم‌های مربوطه و تعادل بهتر بین عناصر غذایی، عدم ایجاد تنش و دوام سطح برگ، باعث افزایش میزان کلروفیل شد. میزان مختلف بقایا و همچنین اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر عدد SPAD معنی‌دار نبود (جدول۴-۴). نتایج حاصله با یافته‌های فنایی و همکاران (۱۳۸۸) که اظهار داشتند ارتباط معنی‌دار و مثبتی بین عدد SPAD و عملکرد دانه وجود داشت، منطبق می‌باشد (شکل ۴-۵ و ۴-۱۳) . در آزمایشی آراس و همکاران (۱۹۹۸) با تحقیق دربارهٔ واریته‌های گندم گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانهٔ گندم همبستگی مثبتی دارند. همچنین محتوای کلروفیل برگ به دلیل داشتن همبستگی قوی با عملکرد دانه و سهولت اندازه‌گیری می‌تواند به عنوان یک شاخص مفید در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش در گندم مدنظر قرار گیرد (شوفیلد و همکاران، ۱۹۸۸). بسیاری از محققان نیز همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و محتوای کلروفیل برگ گزارش کردند (آراس و همکاران، ۱۹۹۸ ؛ بوگس و همکاران، ۲۰۰۳ ؛ رامش و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ کابانووا و چایکا، ۲۰۰۱ و برونسون و همکاران،۲۰۰۳). فیزیولوژیست‌های گیاهی از محتوای کلروفیل برگ به عنوان ابزاری برای پاسخ به تنش بهره می‌گیرند که علت آن، اندازه‌گیری سریع و غیرتخریبی است و ازاین رو، روشی مناسب

در مطالعات تنش و دیگر مطالعات بـه شـمار مـی‌رود (پنـالاس و فـیللا، ۱۹۹۸ و گیتلسـون و همکـاران، ۲۰۰۳). در مطالعات متعدد ثابت شده است که اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ، روش معتبر و اطمینان بخش‌تری برای مطالعهٔ فرآیند فتوسنتز و ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه است (بحرا و همکاران، ۲۰۰۲ و گرفتس و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین صفت محتوای کلروفیل برگ به علت کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان، شاخصی مناسب در بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه می‌باشد.



شکل۴-۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عدد SPAD

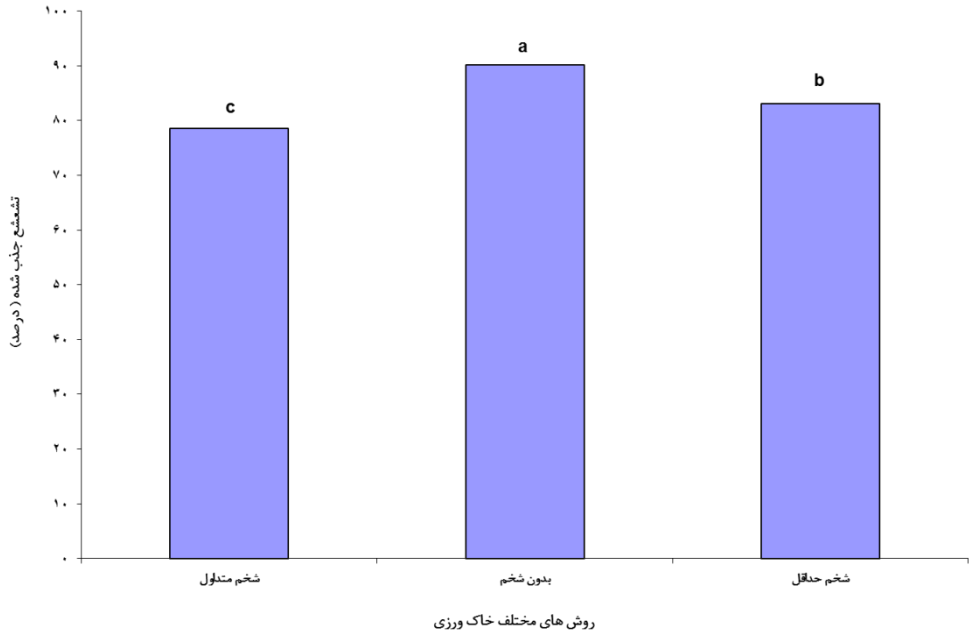


شکل ۴-۶ - اثر میزان بقایا بر عدد SPAD

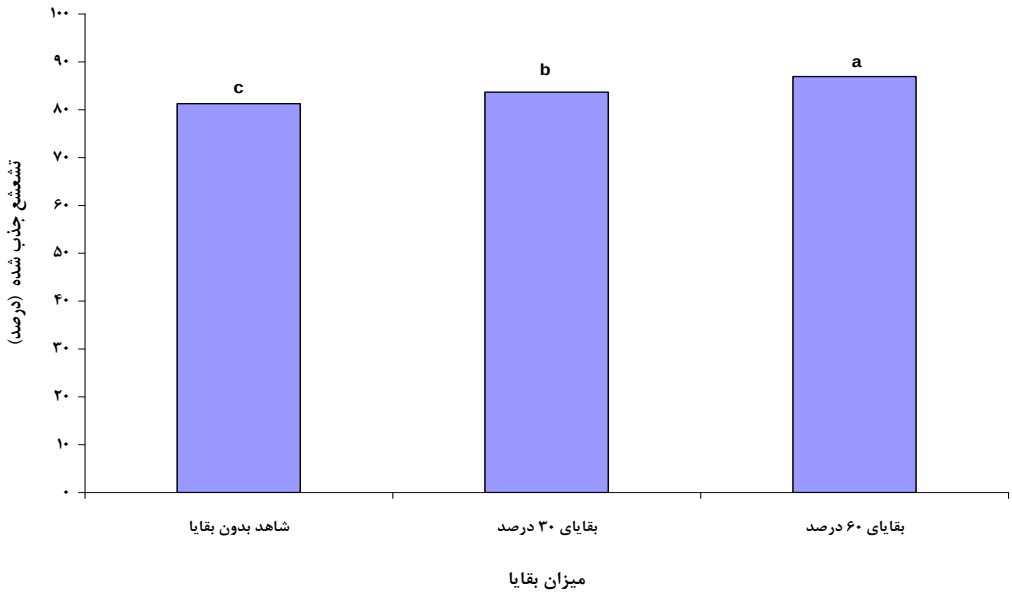
۴-۲-۴. تشعشع جذب شده

روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر صفت میزان تشعشع جذب شده تفاوت معنی‌داری را نشان داد ولی اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان تشعشع جذب شده معنی‌دار نشد (جدول۴-۵). تشعشع جذب شده در تیمارهای شخم متداول، حداقل شخم و بدون شخم به ترتیب ۷۸/۵۲، ۸۳/۰۸ و۹۰/۲۲ درصد بود (شکل۴-۷). در تیمار بدون شخم گمان می‌رود عدم بهم‌زدن خاک با فراهم نمودن شرایط مطلوب رطوبتی و دمای مناسب در سایه‌انداز و خاک، تسریع در جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاه را بدنبال داشت. استقرار و بسته شدن سریعتر سایه‌انداز موجب جذب بیشتر تشعشع توسط سایه‌انداز شد، میزان تلفات آن کاهش یافت و از نور استفاده بیشتر و بهتری شد. جذب بیشتر تشعشع موجب افزایش میزان فتوسنتز و تولید گردید. این وضعیت باعث توسعه بیشتر سطح برگ شد و سطح برگ بیشتر باعث

جذب بیشتر تشعشع گردید. با افزایش میزان بقایا، اختلاف معنی‌داری در میزان تشعشع جذب شده مشاهده شد (جدول۴-۵). در تیمارهای با میزان بقایای بیشتر، درصد تشعشع جذب شده افزایش یافت به‌طوری که در تیمار بقایای ۶۰ درصد نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد، ۴ درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا، ۷ درصد افزایش در تشعشع جذب شده مشاهده شد (شکل۴-۸). در حفظ بقایای بیشتر احتمالاً از طریق ممانعت برخورد تشعشع زیاد به سطح خاک باعث کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش آب قابل‌دسترس گیاه و توسعه سطح برگ شد که این امر جذب بیشتر تشعشع را به‌همراه داشت. در این خصوص هابز و همکاران (۲۰۰۸) نیز در آزمایش ده ساله خود اعلام نمودند در کشت بدون شخم نسبت به شخم متداول زمان استقرار گیاه به حداقل رسید و از عملکرد بالاتری برخوردار گردید. استقرار سریعتر و رشد بهتر موجب بسته‌شدن سریعتر سایه‌انداز شد که خود موجب شد درصد کمتری از تشعشع به پایین سایه‌انداز رسیده و امکان جذب بیشتر تشعشع توسط سایه‌انداز فراهم گردد. در این رابطه اوکونل و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند مدیریت زراعی در ایجاد فرصت برای گیاه در جذب بیشتر تشعشعات فعال فتوسنتزی موثر می‌باشد. تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده عامل اصلی تعیین رشد در گندم است (اباته و همکاران، ۱۹۹۷).



شکل۴-۷- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تشعشع جذب شده



شکل ۴-۸- اثر میزان بقایا بر تشعشع جذب شده

جدول ۴-۵- میانگین مربعات برای تشعشع جذب شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف

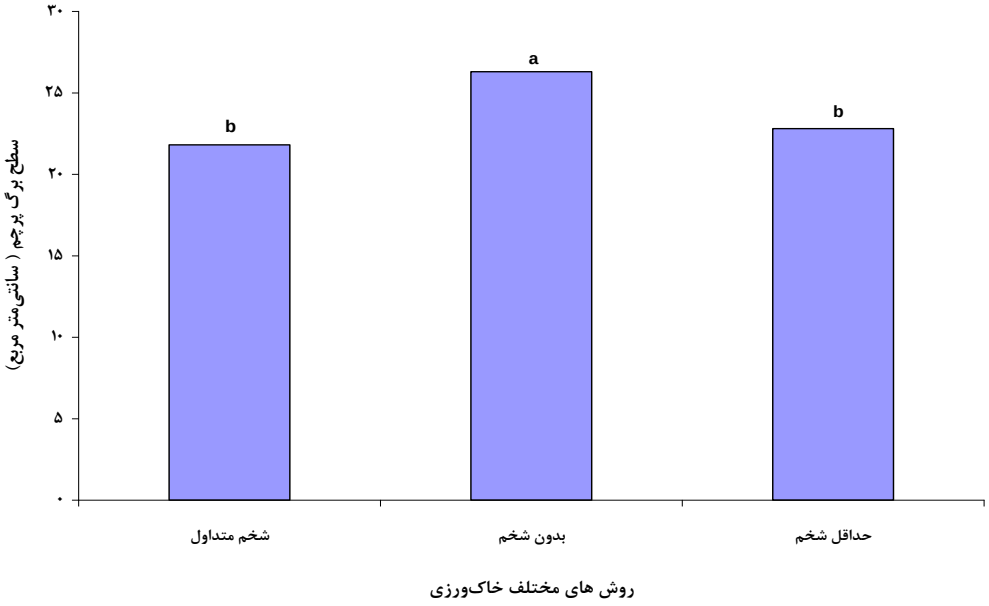
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد تشعشع جذب شده
تکرار	۲	۵/۵۰ ns
خاک‌ورزی	۲	۹۳۹/۶۲**
خطای a	۴	۲/۱۸
میزان بقایا	۲	۲۱۷/۳۳**
خاک‌ورزی * میزان بقایا	۴	۱۵/۷۷ ns
خطای b	۱۲	۱۰/۸۱
زمان	۲	۷۸/۵۷ **
خاک‌ورزی * زمان	۴	۲۲/۶۵*
خطای c	۱۲	۱۳/۷۹
میزان بقایا * زمان	۴	۸/۳۱ ns
خاک‌ورزی * میزان بقایا * زمان	۸	۱۴/۲۹*
خطا	۲۴	۵/۹۹
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۹

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی‌دار

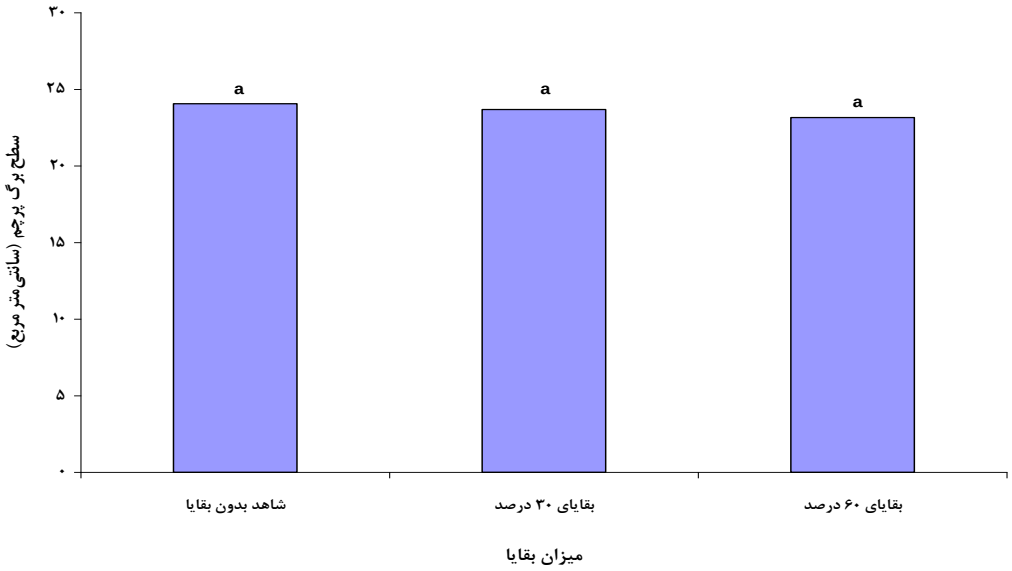
۴-۲-۵. سطح برگ پرچم

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر سطح برگ پرچم معنی‌دار شد (جدول۴-۶). سطح برگ پرچم در تیمارهای بدون شخم، حداقل شخم و شخم متداول به ترتیب ۲۶/۳، ۲۲/۸ و ۲۱/۸ سانتی‌متر مربع بود (شکل۴-۹). اثر میزان بقایای مختلف و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا نتوانست اثر معنی‌داری بر سطح برگ پرچم داشته باشد (جدول۴-۶). گمان می‌رود در تیمار بدون شخم شرایط مطلوب‌تر به دلیل کاهش عملیات فشرده در خاک و تردد کمتر، باعث افزایش نفوذپذیری، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی، ازدیاد خلل و فرج و کاهش تبخیر از سطح خاک و بهبود وضعیت آب و کیفیت خاک شد. آب قابل‌دسترس بیشتر موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و تبادل بیشتر گازهای درون سلولی شد که خود باعث افزایش فتوسنتز، رشد و افزایش سطح برگ بود. افزایش شاخص سطح برگ و سطح برگ پرچم نیز

موجب افزایش دریافت تشعشع توسط پوشش گیاهی و افـزایش فتوسـنتز و رشـد گردیـد. ایـن نتـایج بـا یافته‌های ساینگ و همکاران (۱۹۹۵) که گزارش کردند ارتباط مثبت و معنی‌دار بین سطح برگ پـرچم و عملکرد دانه گندم وجود دارد، منطبق می‌باشد. کاشیف و خلیک (۲۰۰۴) نیز ارتبـاط بهبـود سـطح بـرگ پرچم با عملکرد دانه گندم را مثبت ولی غیر معنی‌دار اعلام نمودند.



شکل۴-۹- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر سطح برگ پرچم



شکل۴-۱۰- اثر میزان بقایا بر سطح برگ پرچم

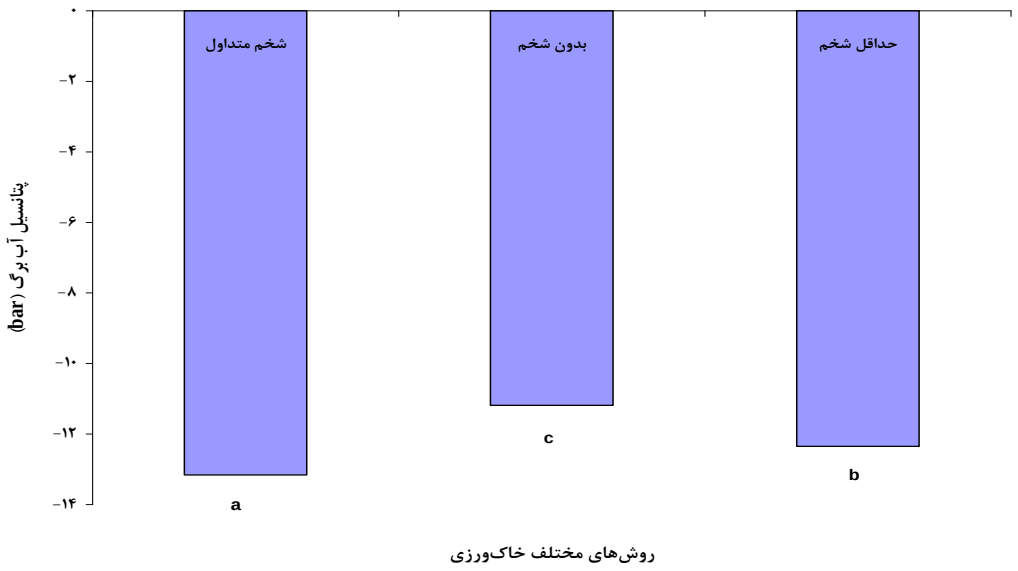
جدول(۴-۶)- میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	سطح برگ پرچم	پتانسیل آب برگ
تکرار	۲	۷۷۷۶۱/۵ ns	۱۰/۳۱۴ ns	۰/۰۲۹ ns
خاک‌ورزی	۲	۷۱۷۵۰۱/۲۸*	۵۰/۲۵**	۸/۸۳**
خطای اصلی	۴	۶۵۶۶۶	۱/۷۳۳	۰/۲۶۵
میزان بقایا	۲	۱۲۰۲۱۸۵/۵۹**	۱/۸۴ ns	۱/۰۸ ns
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۱۰۰۴۲۸/۱ ns	۳/۹۶ ns	۰/۶۲ ns
خطای فرعی	۱۲	۱۴۰۶۹۵/۹	۶/۰۳	۰/۴۱
ضریب تغییرات(درصد)		۵/۶۸	۲/۴۵	۵/۲۶

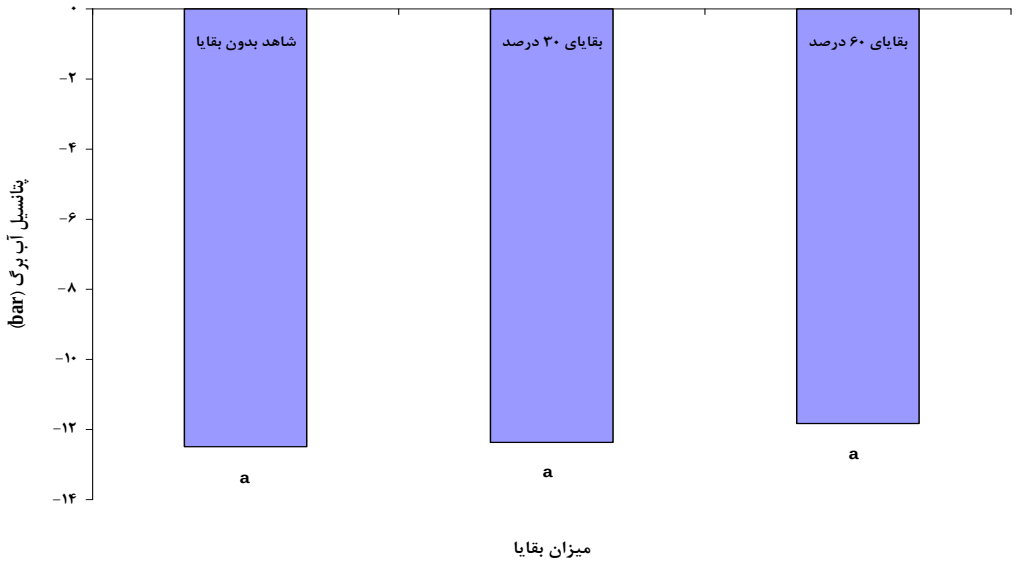
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی‌دار

۴-۲-۶. پتانسیل آب برگ

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر صفت پتانسیل آب برگ معنی‌دار شد (جدول۴-۶). پتانسیل آب برگ در تیمارهای بدون شخم، حداقل شخم و شخم متداول به ترتیب ۱۱/۱۹-، ۱۲/۳۵- و ۱۳/۱۶- بار بود (شکل۴-۱۱). در تیمار شخم متداول به هم‌زدن خاک و تبخیر آب بیشتر از سطح آن، میزان آب کمتری را در خاک فراهم نمود اما در تیمار بدون شخم ثبات سطح خاک موجب حفظ رطوبت و کاهش تبخیر شد و میزان آب بیشتری نسبت به تیمار متداول برای گیاه قابل‌دسترس بود که پتانسیل آب برگ آن از تیمار شخم متداول بیشتر شد. اثر میزان بقایای مختلف و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر پتانسیل آب برگ معنی‌دار نشد (جدول۴-۶). ساپکوتا و همکاران (۲۰۱۴) مصرف آب کمتر را درکشت بدون شخم گندم نسبت به شخم متداول گزارش نمودند. مصرف آب کمتر موجب حفظ رطوبت و تأمین آب قابل‌دسترس بیشتری برای گیاه می‌شود. این نتایج با یافته‌های صفری و همکاران (۱۳۹۳) نیز که در بررسی سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی اظهار داشتند کشت بدون شخم نسبت به سایر سیستم‌های خاک‌ورزی بیش‌ترین میزان رطوبت خاک را دارا بود، مطابقت دارد. در این خصوص ماتئو و همکاران (۲۰۱۲) بر تأثیر عملیات شخم درظرفیت نگهداری آب خاک تاکید نموده‌اند. نتایج سایر محققان نیز بر حفظ بیشتر رطوبت در خاک‌ورزی حفاظتی و افزایش آب قابل‌دسترس تأکید دارند (ویلیامز و وست، ۲۰۱۱ ؛ سژاناوارو و همکاران، ۲۰۱۰ب ؛ گوارتز و همکاران، ۲۰۰۸ و بیکر و ساکستون، ۲۰۰۷). پتانسیل آب برگ گندم می‌تواند تحت تأثیر گونه، مرحله رشدی و یا محیط (مدیریت) قرار گیرد (ساتو و همکاران، ۲۰۰۶). تحقیقات نشان داد در شرایط عدم تنش، پتانسیل آب برگ گندم کمتر از ۱/۸۷- مگاپاسکال نبود (چادهاری و ایدسو، ۱۹۸۵).



شکل۴-۱۱- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر پتانسیل آب برگ



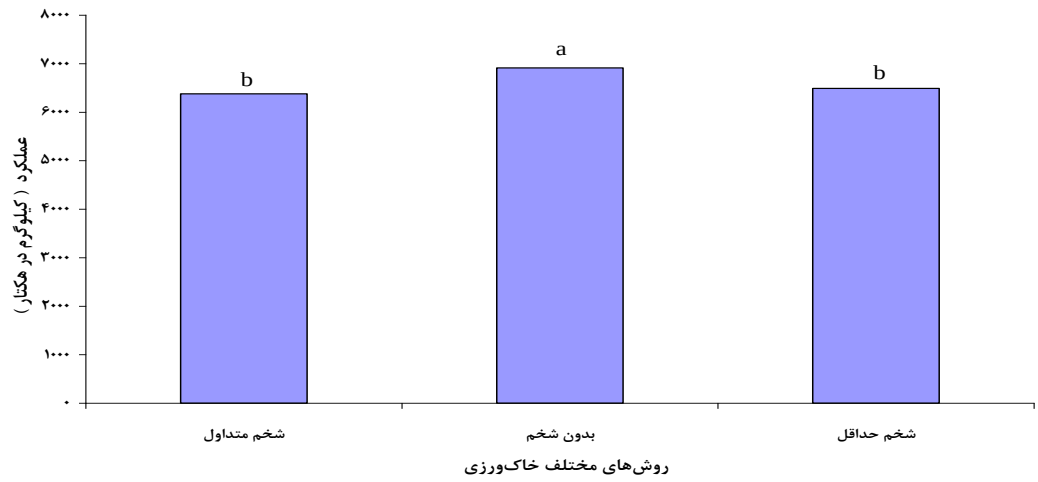
شکل ۴-۱۲- اثر میزان بقایا بر پتانسیل آب برگ

۴-۲-۷. عملکرد دانه گندم

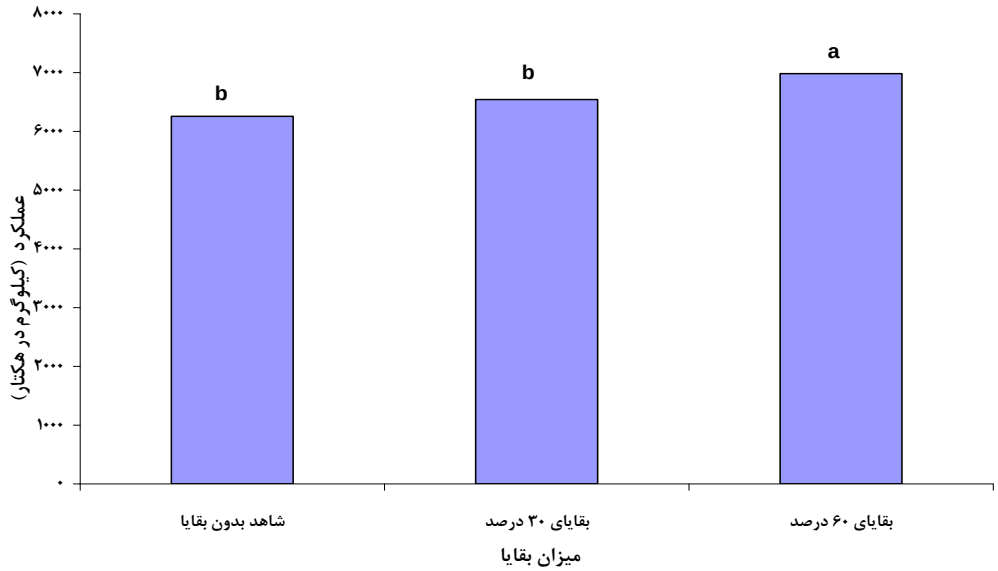
اثر عامل روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول۴-۶). تیمار بدون شخم بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را داشت که ۶/۵ درصد بیشتر از عملکرد در تیمار حداقل شخم و ۸/۴ درصد بیش از تیمار شخم متداول بود (شکل۴-۱۳). با توجه به کاهش هزینه تولید شامل آماده‌سازی، انرژی و... در تیمار بدون شخم، در صورت عدم افزایش تولید نیز، این روش می‌تواند توجیه داشته باشد. به دلیل نیاز به زمان برای احیاء و بهبود کیفیت خاک، ماده آلی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌ها، تخلخل و...، عدم افزایش زیاد در عملکرد در سال‌های اولیه، منطقی به‌نظر می‌رسد و حتی در صورت مساوی بودن عملکرد نیز تیمار بدون شخم دارای مزیت نسبی بیشتری می‌باشد. در تیمار بدون شخم کاهش تردد وسایل و ماشین‌آلات، کاهش فشردگی، افزایش تخلخل و همچنین عدم به هم‌زدن خاک و کاهش پودر شدن خاک، سله بستن کمتر و ذخیره آب بیشتر موجب تسریع در جوانه‌زنی، سبز، استقرار گیاه و شاخص سطح برگ (شکل ۴-۳۵) بیشتر شد. احتمالاً حفظ خلل و فرج ایجاد شده توسط کرم‌های خاکی علاوه بر ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و فعالیت بیولوژیکی، باعث توسعه ریشه‌ها نیز شد و افزایش فعالیت بخش‌های هوایی (بالای خاک) و زیرزمینی (زیر خاک) گیاه موجب استفاده بهتر از منابع تولید، توسط گیاه در تیمار بدون شخم و افزایش عملکرد شد. تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرات معنی‌داری در عملکرد دانه شدند (جدول ۴-۶). بیش‌ترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار با بقایای ۶۰ درصد به مقدار ۶۹۸۰/۸ کیلوگرم بود. هر چند بین تیمار با میزان بقایای ۳۰ درصد و تیمار بدون بقایا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما میزان عملکرد در تیمار بقایای ۳۰ درصد به میزان ۴/۶ درصد بیشتر از تیمار بدون بقایا بود (شکل۴-۱۴). اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر صفت عملکرد دانه معنی دار نشد(جدول ۴-۶). حفظ بقایا در سطح خاک موجب تعدیل دمای خاک و دمای خنک‌تر در تابستان و گرم‌تر در زمستان شد. همچنین موجب حفظ رطوبت و مانع تبخیر از سطح خاک و آب قابل‌دسترس بیشتر برای گیاه شد و باعث تسریع در جوانه‌زنی و استقرار و رشد سریع‌تر (شکل ۴-۳۶)

گردید. تخلخل و تهویه مطلوب‌تر خاک و رشد بهتر ریشه‌ها و حفظ بقایا گمان می‌رود شرایط را برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی فراهم نمود که مسلماً بر بهبود وضعیت مواد آلی تأثیر داشت. وجود بقایا مانع برخورد قطرات باران به ذرات خاک و عدم پراکنده شدن آنها شد. نفوذپذیری خاک افزایش و فرسایش کاهش یافت. وجود بقایا مانع تغییرات شدید دمایی در سطح خاک شد و از خسارت سرمازدگی و تنش سرمایی کاست. ورهالست و همکاران (۲۰۱۲) و تیرفلدر و وال (۲۰۱۰) گزارش نمودند کشاورزی حفاظتی و کشت بدون شخم به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش شاخص‌های کیفی خاک، فعالیت‌های بیولوژیکی، تنوع و فراوانی کرم‌های‌خاکی و قارچ مایکوریزا نسبت به روش شخم متداول شد. افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی شرایط مناسب‌تری برای رشد ریشه‌ها را فراهم می‌نماید. ارتباط معنی‌داری بین سیستم کشت و حاصلخیزی وجود دارد (سیسترا و همکاران، ۲۰۱۴). آزمایشات ماتئو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد روش بدون شخم و شخم کاهش یافته به‌طور معنی‌داری میزان ماده آلی بیشتری در مقایسه با سیستم شخم متداول داشتند. بسیاری از محققین گزارش نمودند خاک‌ورزی حفاظتی و روش بدون شخم توأم با حفظ بقایا روی سطح خاک منجر به افزایش عملکرد گندم در مقایسه با شخم متداول شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰ ؛ تارکالسونا و همکاران، ۲۰۰۶ ؛ ورهالست و همکاران، ۲۰۱۱ و گاتالا و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین بر اساس پژوهش‌های نوروود (۲۰۰۰) بیش‌ترین میزان عملکرد گندم پس از ذرت در تیمار خاک‌ورزی کاهش‌یافته بدست آمد این افزایش عملکرد بیشتر به دلیل افزایش تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله بود. این نتایج با گزارشات محققین دیگرکه ارتباط عملکرد با انتقال مجدد را معنی‌دار ندانستند، هماهنگ است (بلوم و همکاران، ۱۹۹۴ ؛ جودی و همکاران، ۲۰۱۰ و مجتبایی زمانی و همکاران، ۱۳۹۲). انتقال مجدد فرآیندی انرژی خواه و پر هزینه است که جهت جلوگیری از کاهش بیشتر عملکرد بوسیله گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (بلام، ۱۹۸۸). انتقال مجدد ذخایر در شرایط غیرمطلوب در مقایسه با شرایط مطلوب اهمیت نسبی آن افزایش می‌یابد (آئوستین و

همکاران، ۱۹۸۰). در بررسی حفظ بقایای ذرت پس از دو سال بر عملکرد گندم گزارش شد که با افزایش حجم بقایای دو ساله ذرت، میزان نیتروژن و کربن خاک افزایش معنی‌داری نشان داد (علیجانی و همکاران،۱۳۹۰). تحقیقات نشان داد سیستم‌های بدون شخم و شخم کاهش‌یافته توأم با حفظ بقایا منجر به عملکرد برابر و حتی بیشتر از روش شخم رایج در دامنه وسیعی از شرایط محیطی شده است(هاشمی دزفولی و هربرت، ۱۳۷۵). سیستم عدم شخم و حفظ بقایا می‌تواند رشد و عملکرد را در مقایسه با روش شخم متداول افزایش دهد (گاجری و همکاران، ۲۰۰۴). در بررسی اثرات خاک‌ورزی در تناوب گندم نخود بیان شد که عملکرد گندم در روش شخم کاهش‌یافته ۱۴ درصد بیشتر از روش شخم رایج بود (همت و اسکندری، ۲۰۰۴). سیستم بدون شخم با حفظ بقایا باعث حفظ رطوبت بیشتر و افزایش عملکرد شد اما در عدم بقایا تفاوت معنی‌داری در عملکرد بین روش شخم متداول و روش بدون شخم دیده نشد (سو و همکاران، ۱۹۹۷). عملکرد در روش بدون شخم بیشتر از روش شخم متداول بود که ناشی از بهبود کیفیت خاک و افزایش راندمان مصرف آب گیاه بود (ساماراجوا و همکاران، ۲۰۰۶). در سال‌های اولیه عملکرد در سیستم شخم حفاظتی برابر و یا پایین‌تر از روش شخم متداول بود اما در سال‌های بعد عملکرد در طول زمان افزایش یافت که به علت بهبود خصوصیات خاک سطحی بود (فاولرا و راکسترومب، ۲۰۰۱ و گاجری و همکاران، ۲۰۰۴). در آزمایشی عملکرد سویا در روش بدون شخم پایین‌تر از سیستم شخم متداول اعلام شد که دلایل آن را کاهش درصد سبز و استقرار گیاه دانستند (فیلبروک و همکاران، ۱۹۹۱). در بررسی روش‌های خاک‌ورزی اعلام شد روش کشت بدون شخم در سال‌های اول و دوم نسبت به روش حداقل شخم از عملکرد کمتری برخوردار بود (یالسین و کاکیر، ۲۰۰۶). سیستم بدون شخم توأم با حفظ بقایا، بیش‌ترین عملکرد گندم، بهترین کیفیت خاک و حداقل مقدار پوسیدگی ریشه و کم‌ترین تعداد نماتد را دارا بود (سژاناوارو و همکاران، ۲۰۱۰ الف). در آزمایشی چهارده ساله، روش بدون شخم و حفظ بقایا بالاترین کیفیت خاک و عملکرد گندم را دارا بود (فوئنتس و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل۴-۱۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد



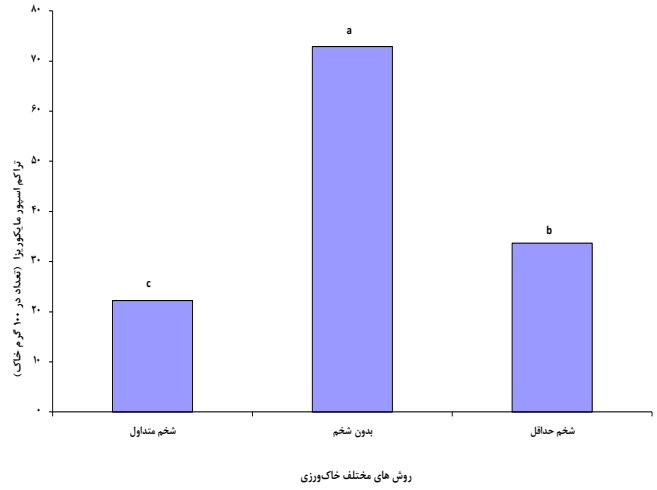
شکل۴-۱۴- اثر میزان بقایا بر عملکرد

۴-۲-۸. تراکم اسپور مایکوریزا

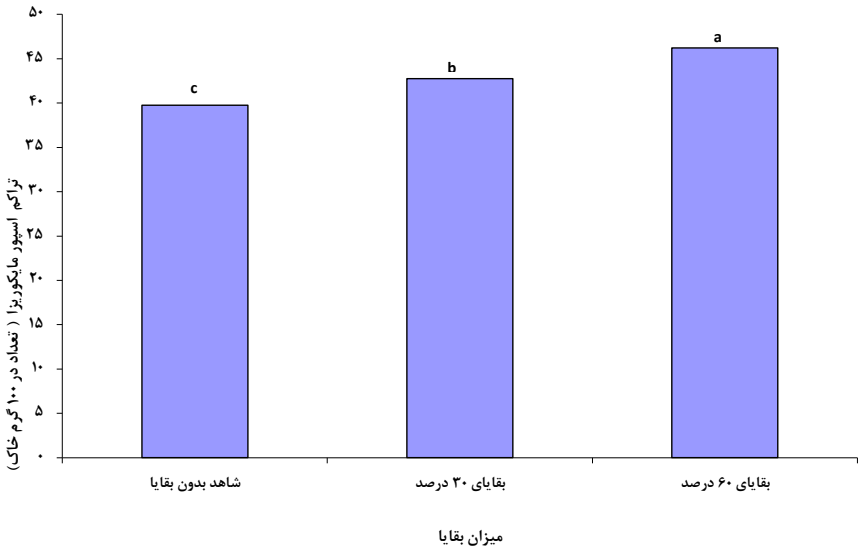
روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر تعداد اسپور مایکوریزا نشان دادند (جدول۴-۷). به‌طوریکه تراکم آن‌ها در تیمار بدون شخم، شخم حداقل و شخم متداول به ترتیب ۷۲/۸۸، ۳۳/۶۶ و ۲۲/۲۲ عدد در یکصد گرم خاک بود (شکل۴-۱۵). عدم به هم زدن خاک و ثبات سطح خاک علاوه بر حفظ رطوبت بیشتر، موجب شد تا میسیلیوم‌های قارچ‌ها که در اثر شخم تکه تکه می‌شدند، سالم مانده و امکان تولید و گسترش بیشتری برای آنها فراهم گردد. عدم تردد زیاد وکاهش ترافیک باعث کاهش فشردگی خاک و بهبود وضعیت خلل و فرج و همچنین بهبود وضعیت رطوبتی و تهویه خاک شده که این امر امکان فعالیت بیشتر کرم‌های خاکی و جانداران خاک را نیز فراهم نمود و این افزایش فعالیت بیولوژیکی اثرات متقابل مثبتی با قارچ‌های مایکوریزا داشته است (شکل ۴-۱۵). میزان بقایای متفاوت، اختلاف معنی‌داری را در تعداد اسپور مایکوریزا باعث شد (جدول۴-۷). بیش‌ترین اسپور مایکوریزا در تیمار بقایای ۶۰ درصد با تعداد ۴۶/۲۲ وجود داشت که نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد (۴۲/۷۷) هشت درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا (۳۹/۷۷) ۱۶/۲ درصد افزایش داشت (شکل ۴-۱۶) . نگهداری بقایای بیشتر در روی سطح خاک علاوه بر کاهش فرسایش با ممانعت از برخورد تابش مستقیم نور خورشید و جلوگیری از تبخیر رطوبت موجب حفظ رطوبت خاک و همچنین تعدیل دمای خاک را شد و از تغییرات شدید آن ممانعت نمود و مانع افزایش شدید دمای خاک شد. وجود بقایای بیشتر و تعدیل رطوبت و دمای خاک، گمان می‌رود شرایط را برای ریزجانداران و موجودات خاکزی مناسب‌تر نمود که موجب افزایش فعالیت آنها شد و وجود بقایا باعث افزایش ماده آلی خاک و بهبود شرایط برای فعالیت قارچ ها شد. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر تیمار کلونیزاسیون مایکوریزایی معنی‌دار نشد (جدول۴-۷). حفظ بقایا روی سطح خاک و شخم کاهش‌یافته، زیست توده میکروبی خاک را افزایش داد و انتشار دی اکسید کربن و N_2O را کاهش داد (سیکس و همکاران، ۲۰۰۴). عملیات شخم کاهش‌یافته و حفظ بقایا، ساختار خاک

را بهبود و زیست توده میکروبی خاک و حاصلخیزی خاک را افزایش داد (آلویر و همکاران، ۲۰۰۵). خاک با کیفیت مطلوب، تنوع میکروبی خاک را افزایش داده و محصول را در برابر آفات و بیماری‌ها از طریق رقابت برای مواد غذایی محافظت می‌کند (براسارد و همکاران، ۲۰۰۷). عملیات شخم کلونیزاسیون آربسکولار مایکوریزا (مک گونیگل و همکاران، ۱۹۹۰) و تراکم اسپور آربسکولار مایکوریزا را کاهش داد (کبیر و همکاران، ۱۹۹۸). قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند سبب تحریک ساخت مواد تنظیم کنندهٔ رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود تنظیم فشار اسمزی در وضعیت خشکی و افزایش مقاومت به دیگر تنش‌های محیطی شوند (خاوزی و همکاران، ۱۳۸۵). این قارچ‌ها می‌توانند به گیاه در جذب عناصری نظیر N ، Zn Cu P Fe ، نیز کمک کنند (الکاراکی، ۲۰۰۴). نتایج آزمایشات افزایش فتوسنتز گیاهان میکوریزایی در مقایسه با انواع غیر میکوریزایی را ذکر کرده‌اند (نتانس، ۲۰۰۴). گزارش شده است همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار سبب افزایش ارتفاع ساقه شد (الکاراکی، ۲۰۰۴). شخم و کود نتوانست منجر به کاهش اسپورهای قارچ آربسکولار مایکوریزا شود (اسچالاماک و همکاران، ۲۰۰۶). اثر مثبت روش بدون شخم و حفظ بقایا مرتبط با بهبود ساختار خاک و فراهم بودن بیشتر بستر آلی برای میکروارگانیسم‌های خاک است (سژاناوارو و همکاران، ۲۰۱۰ ب). در آزمایش شانزده ساله، بیش‌ترین مقدار کربن آلی خاک در لایه ۰ تا ۵ سانتی‌متری در سیستم بدون شخم و در لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری در سیستم شخم متداول با حفظ بقایا حاصل شد و در لایه ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری در روش بدون شخم همراه با حفظ بقایا وجود داشت (فوئنتس و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج نشان داد جمعیت قارچ‌ها و باکتریهایی همچون قارچ آربسکولار مایکوریزا و اکتینوباکتریا در سطح خاک روش بدون شخم بیشتر بود و عملیات شخم حفاظتی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک را بهبود بخشید (ماتئو و همکاران، ۲۰۱۲). مایکوریزا به‌عنوان شاخصه ویژه کیفیت خاک محسوب شده زیرا حساسیت بالایی به مواد شیمیایی کشاورزی (دومسچ و همکاران، ۱۹۸۳) و عملیات مدیریتی کشاورزی دارند (لروکس و همکاران، ۲۰۰۸). قارچ آربسکولار

مایکوریزا به عنوان گونه کلیدی برای رصد کیفیت خاک است (جفریس و همکاران، ۲۰۰۳). کلونیزاسیون مایکوریزایی همبستگی زیادی با نوع گیاه میزبان، استفاده از زمین و نوع عملیات مدیریتی دارد (کلینگ و جاکوبسون، ۱۹۹۸). در مقایسه با تغییرات سریع در خصوصیات بیولوژیکی که پس از تخریب خاک رخ می‌دهد تغییرات در خصوصیات فیزیکی با سرعت کمتری رخ می‌دهد (لروکس و همکاران، ۲۰۰۸). فراوانی و تنوع اسپور مایکوریزا در مدیریت‌های خاک‌ورزی فشرده و غیرفشرده متفاوت بود (اوهل و همکاران، ۲۰۰۳). برخی از خصوصیات بیولوژیکی خاک پاسخی به تغییرات در عملیات کشاورزی است (شرما و همکاران، ۲۰۱۰). شاخصه‌های میکروبی به انواع عمومی و ویژه تقسیم می‌شوند. عمومی شامل تنوع زیستی، پایداری و خود ترمیمی پس از تنش هستند (پار و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۱۵– اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم اسپور مایکوریزا



شکل ۴-۱۶– اثر میزان بقایا بر تراکم اسپور مایکوریزا

جدول۴-۷- میانگین مربعات برای صفت‌های اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییرات	آزادی درجه	عملکرد	تراکم اسپور مایکوریزا	تخلخل	ظرفیت نگهداری آب	
					در ظرفیت مزرعه	در نقطه پژمردگی دائم
تکرار	۲	۷۷۷۶۱/۵ ns	۹/۱۴۸ ns	۰/۶۲۲ ns	۰/۲۷۵ ns	۰/۷۲۵ ns
خاک ورزی	۲	۷۱۷۵۰۱/۲۸*	۶۳۵۴/۷ **	۷۳/۹۵۱ **	۵/۸۵۷ **	۰/۲۱۹ ns
خطای اصلی	۴	۶۵۶۶۶	۱/۲۰۳	۰/۸۰۳	۰/۱۴۹	۰/۰۶۷
میزان بقایا	۲	۱۲۰۲۱۸۵/۵۹**	۹۳/۵۹۲ **	۱۰/۵۲۹ *	۱/۹۷۶ *	۰/۱۱ ns
خاک ورزی* میزان بقایا	۴	۱۰۰۴۲۸/۱ ns	۸/۸۱۴ ns	۹/۳۹۴ *	۱/۷۶۶ *	۰/۲۷۴ ns
خطای فرعی	۱۲	۱۴۰۶۹۵/۹	۳/۷۴	۱/۸۵	۰/۴۸۸	۰/۲۷۵
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۶۸	۴/۵	۲/۲۷	۳/۳۷	۶/۲۸

** معنی‌دار شدن در سطح ۱٪ ، * معنی‌دار شدن درسطح ۵٪، ns معنی‌دار نبودن.

۴-۲-۹ . تخلخل خاک

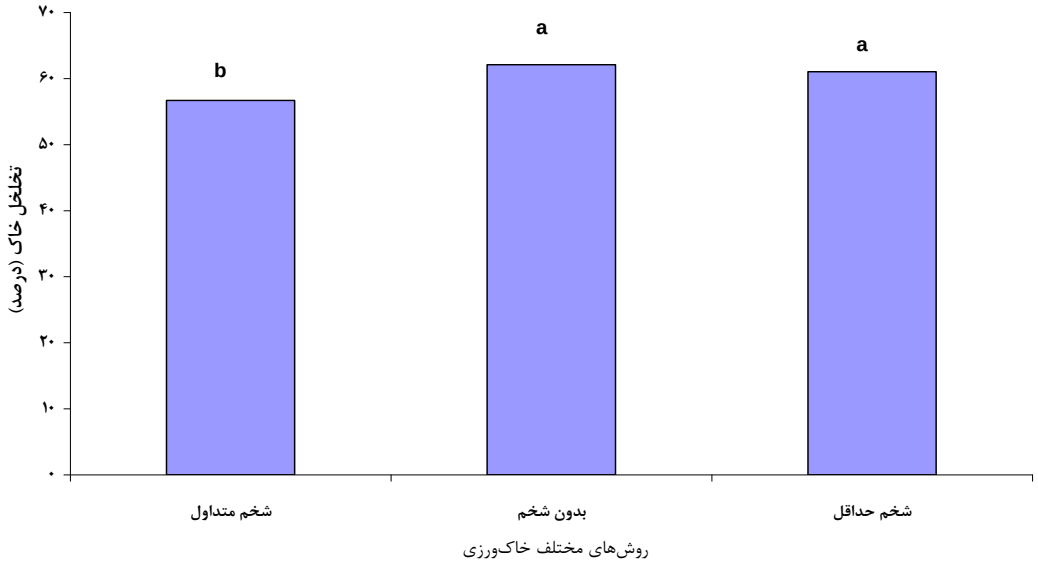
روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌داری بر میزان تخلخل شدند (جدول۴-۷). میزان تخلخل در تیمار بدون شخم ۶۲/۰۹ درصد بود که نسبت به تیمار شخم متداول (۵۶/۶۸ درصد) ۹/۵ درصد افزایش نشان داد (شکل۴-۱۷) هرچند که بین تیمارهای بدون شخم و شخم حداقل تفاوت معنی‌دار نبود ولی میزان تخلخل در تیمار بدون شخم نسبت به تیمار حداقل شخم بیشتر بود. در تیمار بدون شخم کاهش تردد و ترافیک ادوات و ماشین‌آلات کشاورزی در مزرعه موجب کاهش فشردگی خاک شد و عدم عملیات زراعی نیز گمان می‌رود از تخریب خاکدانه‌ها (کلوخه و یا پودر شدن) ممانعت نموده و فشردگی کمتر امکان فضای بیشتری را برای هوا و آب در خاک ایجاد نمود در این شرایط افزایش حجم خاک را شاهد بودیم و با افزایش حجم خاک، جرم حجمی خاک کاهش یافت. تأثیر میزان بقایای مختلف بر صفت میزان تخلخل خاک معنی‌دار بود (جدول۴-۷). میزان تخلخل در تیمارهای بقایای ۶۰ ،۳۰ درصد و بدون بقایا به ترتیب ۶۰/۸۲ ، ۶۰/۲۶ و ۵۸/۷۳ درصد بود (شکل۴-۱۸). افزایش میزان بقایا در روی سطح خاک با تعدیل دمای خاک و حفظ رطوبت شرایط را برای فعالیت‌های بیولوژیکی فراهم نموده که احتمالاً افزایش فعالیت جانداران در خاک علاوه بر افزایش تولید ماده آلی زنده و غیر زنده، بر فعالیت‌های فیزیکی و افزایش خلل و فرج خاک کمک کرد ضمن اینکه این شرایط به احتمال زیاد در بهبود وضعیت ماده آلی خاک نیز موثر بود.

۴-۲-۹-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان تخلخل

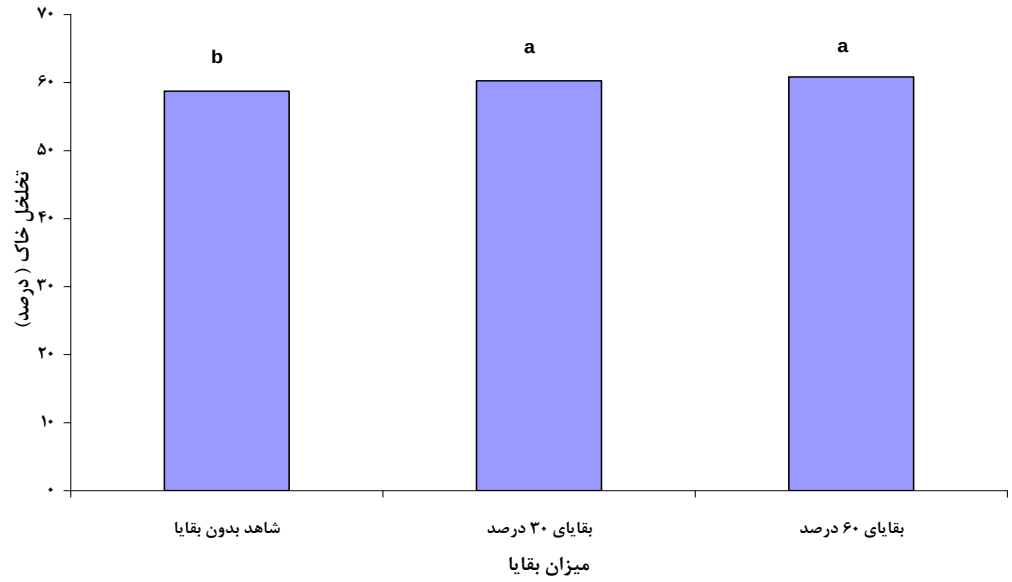
اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان تخلخل معنی‌دار شد (جدول۴-۷). اثر متقابل نشان داد که رفتار عامل اول (خاک ورزی) در سطوح مختلف عامل دوم (بقایا) یکسان و مشابه نبود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تخلخل در تیمار بدون شخم و میزان بقایای ۶۰ درصد و تیمار شخم متداول و بدون بقایا به ترتیب ۶۲/۴۸ و ۵۳/۵۹ درصد بود (جدول۴-۹). در تیمار بدون شخم کاهش تردد ادوات موجب کاهش فشردگی، افزایش تخلخل خاک شد و هنگامیکه با حفظ بقایا همراه شد موجب تشدید اثرات مثبت آن از

جمله حفظ رطوبت، تعدیل دما و کاهش فرسایش شد بطوریکه حفظ بقایای بیشتر توأم با عدم خاک‌ورزی موجب افزایش تخلخل خاک شد و برعکس افزایش خاک‌ورزی و عدم وجود بقایا باعث کاهش تخلخل خاک شد. نتایج نشان داد کاهش خاک‌ورزی همراه با حفظ بقایا تکمیل کننده و تشدید کننده اثرات مثبت یکدیگر بر تخلخل خاک می‌باشند. فشردگی خاک ناشی از تردد و فشار چرخ‌های تراکتور منجر به کاهش تخلخل و کاهش کیفیت ساختار خاک شد (سوان، ۱۹۹۰). بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی و بقایا نشان داد میزان تخلخل خاک در تیمار بدون شخم ۵۵/۵ درصد بدست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای شخم حداقل و شخم متداول بود (سسیز و گارسوی، ۲۰۱۰). شخم برگردان عامل تنزل ساختار خاک و خاکدانه‌ها و کاهش مواد آلی خاک بود. روش شخم متداول در مقایسه با روش بدون شخم تخلخل کل و تخلخل ریز را کاهش داد اما تخلخل درشت را افزایش داد (کتلر و همکاران، ۲۰۰۰). سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با سیستم شخم متداول باعث بهبود وضعیت خاکدانه‌ها و افزایش ثبات آنها گردید و خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشید (گوارتز و همکاران، ۲۰۰۹). در کشاورزی حفاظتی جمعیت کرم‌های خاکی، کربن کل و پایداری خاکدانه‌ها نسبت به شخم متداول بالاتر بود. در آزمایشی پنج ساله شاخص‌های کیفیت خاک ارتباط مثبتی با حفظ بقایا و کاهش شخم نشان داد اما اثر تناوب روی این موضوع بیشتر بود (تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰). حفظ بقایای گیاهی موجب بهبود ساختمان خاک و افزایش عملکرد ذرت نسبت به عدم وجود بقایا شد (سومر و همکاران، ۲۰۱۲). کاهش شخم به‌طور معنی‌داری پایداری توده خاک و محتوای آب پروفیل خاک را بهبود بخشید (برزگر و همکاران، ۲۰۰۳). محققین اعلام داشتند جرم مخصوص ظاهری خاک در اقلیم نیمه گرمسیر در شرایط بی‌خاک‌ورزی کمتر از دو روش دیگر خاک‌ورزی حداقل و خاک‌ورزی متداول بود که علت آن را فعالیت موجودات زندهٔ خاک مانند کرم‌های خاکی دانستند که فعالیت آنها منجر به افزایش خلل و فرج خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری می شود (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). نفوذ آب در خاک تحت

تأثیر تخلخل و جرم مخصوص ظاهری خاک بوده که به طور غالب عامل تعیین کنندهٔ نفوذپـذیری خـاک است (استوارت و پترسون، ۲۰۱۴). در بررسی ۶ ساله اثرات انـواع خـاک‌ورزی روی ذرت اعـلام شـد وزن مخصوص ظاهری خاک، منافذ زیستی با قطر بیش از یک میلی‌متر و جمعیت میکروارگانیسـم‌هـا در یـک گرم خاک در بدون شخم بیشتر بود (گانتزر و بلیک، ۱۹۷۸).



شکل۴-۱۷ – اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تخلخل خاک



شکل۴-۱۸ – اثر میزان بقایا بر تخلخل خاک

۴-۲-۱۰. ظرفیت نگهداری آب

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب خاک در ظرفیت مزرعه داشت (جدول۴-۷). در تیمار بدون شخم بیش‌ترین میزان با ۲۱/۵۹ درصد بدست آمد (شکل۴-۱۹). میزان بقایای متفاوت، اختلاف معنی‌داری را در ظرفیت نگهداری آب در ظرفیت مزرعه موجب شدند (جدول۴-۷). بقایای ۶۰ درصد با ۲۱/۱۱ درصد بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داد (شکل۴-۲۰).

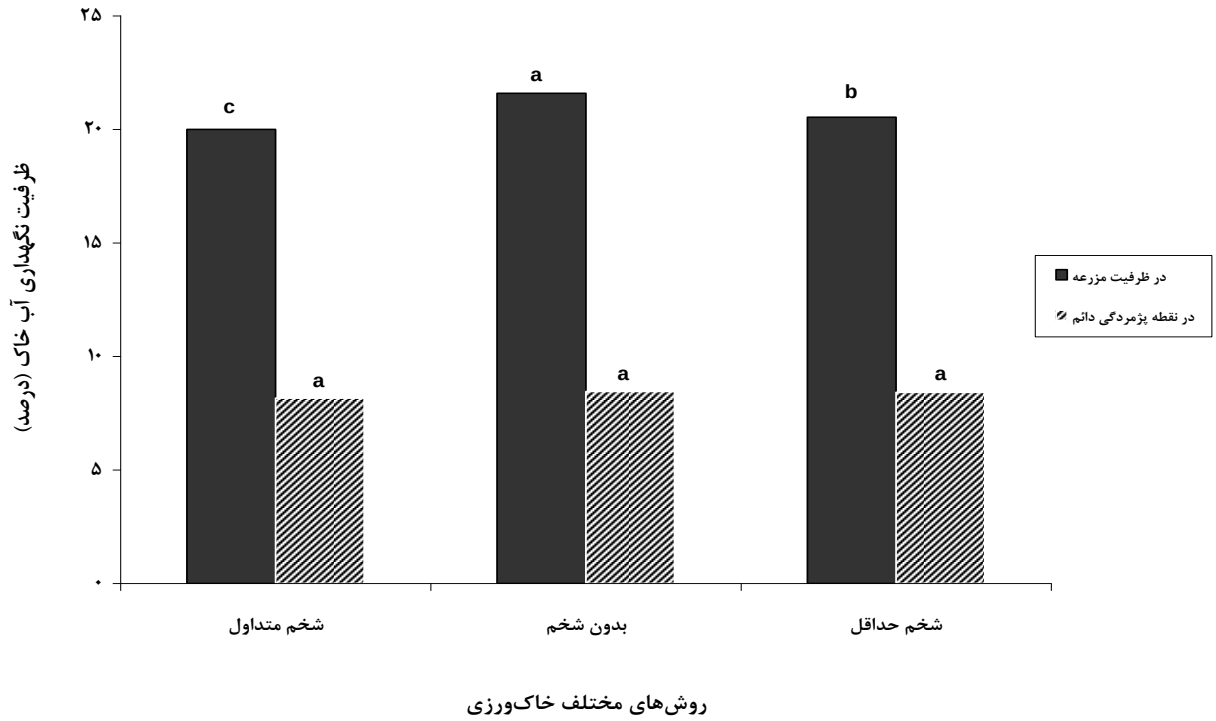
۴-۲-۱۰-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر ظرفیت نگهداری آب

اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر ظرفیت نگهداری آب در ظرفیت مزرعه معنی‌دار شد (جدول۴-۷). بیش‌ترین میزان آن در تیمار بدون شخم و بقایای ۶۰ درصد به میزان ۲۱/۹۷ درصد بود (جدول۴-۹). عدم شخم و به هم نزدن خاک موجب کاهش تبخیر و حفظ رطوبت بیشتر در خاک شد. کاهش تردد و ترافیک کم ماشین‌آلات در مزرعه نیز باعث کاهش فشردگی خاک و افزایش خلل و فرج و افزایش ذخیره

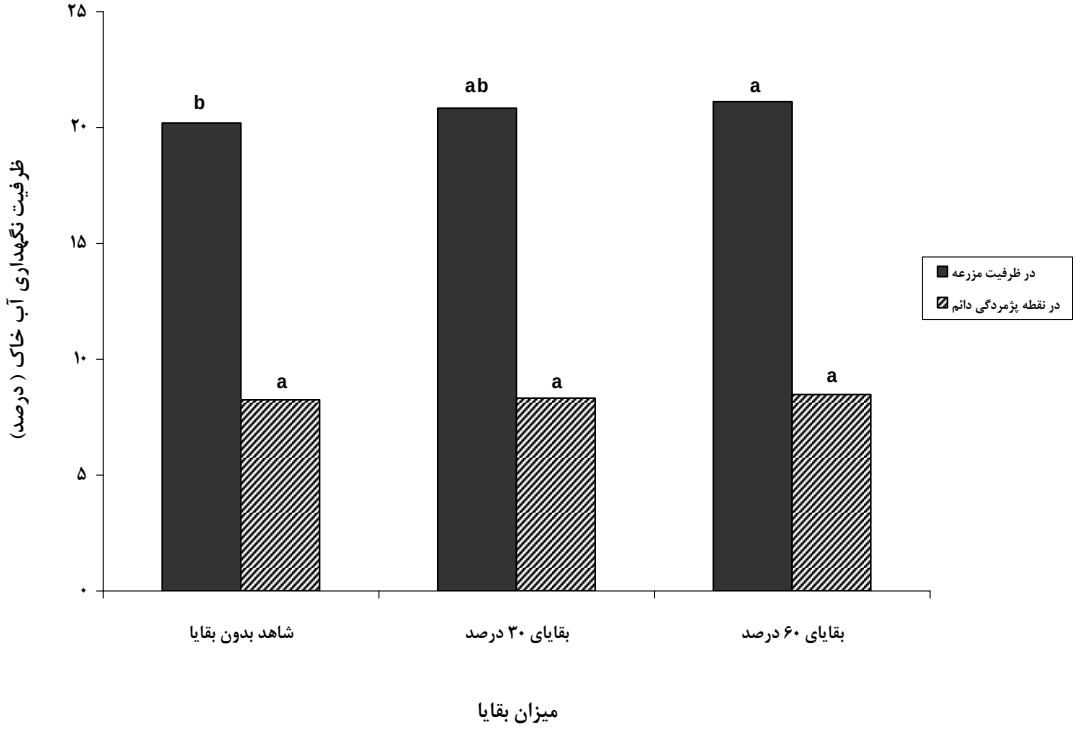
سازی رطوبت گردید. کاهش فشردگی به کاهش روان آب و نفوذ بیشتر آب به درون خاک نیز کمک کرد. افزایش میزان بقایای گیاهی احتمالاً در ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و جانداران خاک و افزایش میزان ماده آلی خاک نیز تاثیر داشت که در افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک موثر بود. همچنین بقایای بیشتر موجب کاهش تبخیر از سطح خاک،کاهش دمای خاک و کاهش روانآب و افزایش نفوذپذیری شد. تأثیرات مثبت آن در اثر متقابل تیمار بدون شخم و میزان بقایای ۶۰ درصد قابل مشاهده است که در آن عدم به هم زدن خاک موجب بهبود وضعیت خلل و فرج و کاهش فشردگی و امکان ذخیره سازی بیشتر شد و هنگامیکه با میزان بقایای بیشتر همراه شد اثرات تشدیدکنندگی آن‌ها در افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک مشهود بود (جدول۴-۹). شخم فشرده تجزیه بقایا را سریع و ماده آلی خاک را کاهش داد و اثرات دراز مدت منفی بر ساختار خاک داشت که منجر به کاهش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب خاک شد (ریوز و همکاران، ۱۹۹۲). فشردگی خاک ناشی از چرخ‌های تراکتور و ترافیک ادوات و دنباله‌بندها میزان آب خاک را در ظرفیت مزرعه کاهش داد (سوان، ۱۹۹۰). پوشش بقایا میزان ذخیره آب خاک، ماده آلی خاک، چرخش ازت را افزایش و خاک را در برابر فرسایش آبی و بادی محافظت کرد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۳). نگهداری بقایا روی سطح خاک موجب کاهش فرسایش و اثرات مثبتی بر کیفیت خاک و حفظ رطوبت داشت (سسیز و گارسوی، ۲۰۱۰). بقایای گیاهی در دراز مدت باعث بهبود خصوصیات خاک از قبیل ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی خاک و نسبت به شرایط عدم وجود بقایای گیاهی شد (نله و همکاران، ۲۰۱۱). حفظ بقایا موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک نسبت به عدم وجود بقایا شد (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۳). در مناطق خشک و نیمه خشک حدود ۴۰ تا ۷۰ درصد از اتلاف آب از سطح خاک در اثر تبخیر می‌باشد که می‌توان بوسیله مواد پوشاننده خاک از آن جلوگیری نمود (جالوتا، ۱۹۹۳). برخی محققین بیش‌ترین سطوح رطوبت خاک را در خاک پوش‌های کاه و کلش و برگ در مقایسه با خاک عاری از پوشش و پلی اتیلن شفاف مشاهده نمودند (اشورت و هریسون، ۱۹۸۳).

در آزمایشی پس از شش سال ظرفیت نگهداری آب، کربن آلی، بیومس میکروبی خاک و کل ازت در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با حذف بقایا، مساوی و یا بیش از ۱/۱ برابر بود. انتشار CO2 و N2O در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با سیستم شخم متداول کاهش داشت اما تولید NO3- افزایش یافت (پاتینوزانیگا و همکاران، ۲۰۰۹). تیمار بدون شخم با حفظ بقایا بیش‌ترین میزان رطوبت و تیمار شخم متداول میزان رطوبت متوسطی را دارا بودند. نتایج نشان داد که مخلوط کردن بقایا با خاک در شخم متداول در مقایسه با حفظ بقایا در بدون شخم عملیاتی است که تأثیر کمتری بر حفاظت خاک دارد (گوارتز و همکاران، ۲۰۰۹). روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز اختلاف معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب در نقطه پژمردگی دائم نشدند. همچنین میزان بقایای مختلف و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا تاثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب در نقطه پژمردگی دائم نداشت (جدول۴-۷). محققین ثابت کردند محتوای آب خاک در عدم خاک‌ورزی نسبت به تیمار شخم کاهش‌یافته و تیمار شخم متداول بیشتر بود (آلوارز و استینباخ، ۲۰۰۹). بررسی وضعیت رطوبت حجمی خاک تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی نشان داد بیش‌ترین درصد رطوبت حجمی خاک در روش بی‌خاک‌ورزی (۱۱/۹۷ درصد) بود و روش خاک‌ورزی متداول کم‌ترین درصد رطوبت حجمی خاک (۶/۲ درصد) را داشت، آنها دلیل آن را وجود بقایای گیاه پیشین در سطح خاک دانستند که بازدارندهٔ فرسایش شده و تبخیر سطحی را کاهش داد و در نتیجه محتوای رطوبتی خاک را بهتر از روش خاک‌ورزی متداول حفظ نمود (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). در دراز مدت تلفیق شخم حداقل با گیاهان پوششی باعث بهبود خصوصیات بیوفیزیکی خاک و افزایش عملکرد گیاه شد (راگ و همکاران، ۱۹۹۸). وجود بقایای کم عمده‌ترین علت کاهش ذخیرهٔ رطوبت ناشی از باران در خاک در سامانهٔ خاکپوش (مالچ) کلش مورد کاربرد در مرکز و شمال فلات بزرگ آمریکا گزارش شد (استوارت و پترسون، ۲۰۱۴). در دیمزارهای استرالیا، اگرچه میزان آب ذخیره شدهٔ خاک تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی اولیه قرار نگرفت

ولی در تیمارهایی که بقایا روی سطح زمین حفظ شده و علف‌های هرز کنترل شده بودند، میزان آب ذخیره شده افزایش یافت (فالن و کت، ۲۰۱۴).



شکل۴-۱۹- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ظرفیت نگهداری آب خاک در ظرفیت مزرعه



شکل۴-۲۰– اثر میزان بقایا بر ظرفیت نگهداری آب خاک

۴-۲-۱۱. دمای سطح خاک

روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌داری بر دمای سطح خاک شد (جدول۴-۸). دمای سطح خاک در تیمار بدون شخم، شخم حداقل و شخم متداول به ترتیب ۲۱/۴۴، ۲۴/۷۵ و ۲۴/۸۳ بدست آمد (شکل۴-۲۱). تیمار عدم شخم موجب کاهش تبخیر و افزایش ذخیره رطوبت شد. همچنین کاهش تردد و کاهش فشردگی خاک هم در بهبود نفوذپذیری خاک موثر بود. افزایش رطوبت خاک موجب تعدیل درجه حرارت آن و جلوگیری از افزایش آن شد. میزان بقایا تأثیر معنی‌داری بر دمای سطح خاک داشت (جدول۴-۸) به طوری که کمترین درجه حرارت سطح خاک در میزان بقایای ۶۰ درصد ۲۳/۰۵ درجه سانتی‌گراد بود که نسبت به تیمار بقایای ۳۰ درصد (۲۳/۶۹ درجه سانتی‌گراد) ۲/۷ درصد و نسبت به تیمار بدون بقایا (۲۴/۲۷ درجه سانتی‌گراد) ۵ درصد کمتر بود (شکل۴-۲۲). میزان بقایای بیشتر در روی

سطح خاک باعث برخورد میزان تابش کمتری از خورشید به سطح خاک شد و میزان تبخیر کاهش یافت ضمن اینکه رطوبت بیشتری در خاک حفظ شد و موجب کاهش درجه حرارت خاک نسبت به بدون بقایا و بقایای کمتر شد. بقایای بیشتر احتمالاً با بهبود ماده آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب را بر روی ذرات خاک افزایش داده و خود نیز موجب تعدیل دمای خاک شد. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر دمای سطح خاک معنی‌دار نشد (جدول۴-۸). در عدم خاک‌ورزی، خاک دارای رطوبت بیشتر و دمای کمتر است و در چنین شرایطی پایداری خاک دانه‌ها نیز افزایش می‌یابد(دریچ ۱۹۹۸). تحقیقات نشان داد که حفظ بقایا و شخم حفاظتی حداکثر درجه حرارت خاک را در عمق ۱ سانتی‌متری خاک از ۴۵/۵ به ۳۹/۳ درجه سانتی‌گراد کاهش داد (میشلز و همکاران، ۱۹۹۳ و پاول و آنگر، ۱۹۹۸). نتایج آزمایشات (صفاری، ۱۳۷۸) در بررسی مدیریت بقایا و خاک‌ورزی بر زراعت گندم، تاکید بر اثر افزایش بقایا و بدون شخم بر کاهش درجه حرارت خاک،کاهش تبخیر، افزایش رطوبت خاک و افزایش وزن دانه دارد. البته در مواردی حفظ بقایا موجب ایجاد دماهای کمتر از بهینه، نامناسب گردیدن بستر بذر، شیوع بیماری‌های خاکزاد و اثر سمی ناشی از مواد شیمیایی آزاد شده از بقایا شده است (امام و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول۴-۸- میانگین مربعات برای صفت های اندازه گیری شده در عملیات خاک ورزی و مدیریت بقایا در زمان‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	دمای خاک				مقاومت به نفوذپذیری خاک		
		۰	۵	۱۵	۲۵	۱۵	۲۰	۲۵
تکرار	۲	۰/۲۲۶ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۱۵۲ ns	۰/۱۲۱ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۱۹ ns	۰/۰۴۲ ns
خاک ورزی	۲	۶۷/۲۵ **	۵/۷۳ **	۳/۴۰۷ **	۰/۰۱۷ ns	۰/۰۱۴ ns	۰/۰۴۷ ns	۰/۴۲۴ ns
خطای a	۴	۰/۸۷۲	۰/۳۷۹	۰/۲۹۵	۰/۲۹۳	۰/۰۸۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱
میزان بقایا	۲	۶/۷۲۶ **	۱/۱۸۴ *	۰/۶۷۰ *	۰/۱۶۱ ns	۰/۵۱ **	۰/۷۸۲ **	۰/۲۲ ns
خاک ورزی * میزان بقایا	۴	۰/۶۸۵ ns	۰/۵۷ ns	۰/۴۲۳ *	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۹۷ ns	۰/۱۲۸ ns	۰/۱۴۱ ns
خطای b	۱۲	۰/۴۸۳	۰/۱۷۳	۰/۱۲۵	۰/۳۴۶	۰/۰۳۸	۰/۰۳۵	۰/۰۵۱
زمان	۱	۰/۵۶ ns	۲۱۰/۸۳ **	۲۲۸/۳۷ **	۱۷۴/۹۶ **	۸/۵۳۱ **	۱۰/۱۹ **	۱۱/۰۷ **
خاک ورزی * زمان	۲	۰/۴۲۱ ns	۰/۰۲۷ ns	۰/۳۹۲ ns	۱/۱۰۳ ns	۲/۴۱۲ **	۲/۱۵۸ **	۲/۲۹۷ **
خطای c	۶	۰/۵۶۴	۰/۲۶۴	۰/۲۰۲	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۸۴
بقایا * زمان	۲	۰/۱۴۳ ns	۰/۴۹۵ ns	۰/۳۹۵ ns	۰/۲۵۳ ns	۰/۳۰۴ *	۰/۵۹۸ **	۰/۸۶۷ *
خاک ورزی * بقایا * زمان	۴	۱/۲۹۶ *	۰/۴۵۸ ns	۰/۳۶ ns	۱/۶۳۹ *	۰/۲۰۸ *	۰/۲۷۷ *	۰/۲۷۷ ns
خطا	۱۲	۰/۳۲۱	۰/۴۰۸	۰/۱۲۲	۰/۴۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۱۲۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۳۹	۳/۰۸	۱/۷۸	۳/۶۱	۱۷/۳۶	۱۸/۰۴	۲۵/۲

** معنی‌دار شدن در سطح ۱٪ ، * معنی‌دار شدن درسطح ۵٪، ns معنی‌دار نبودن.

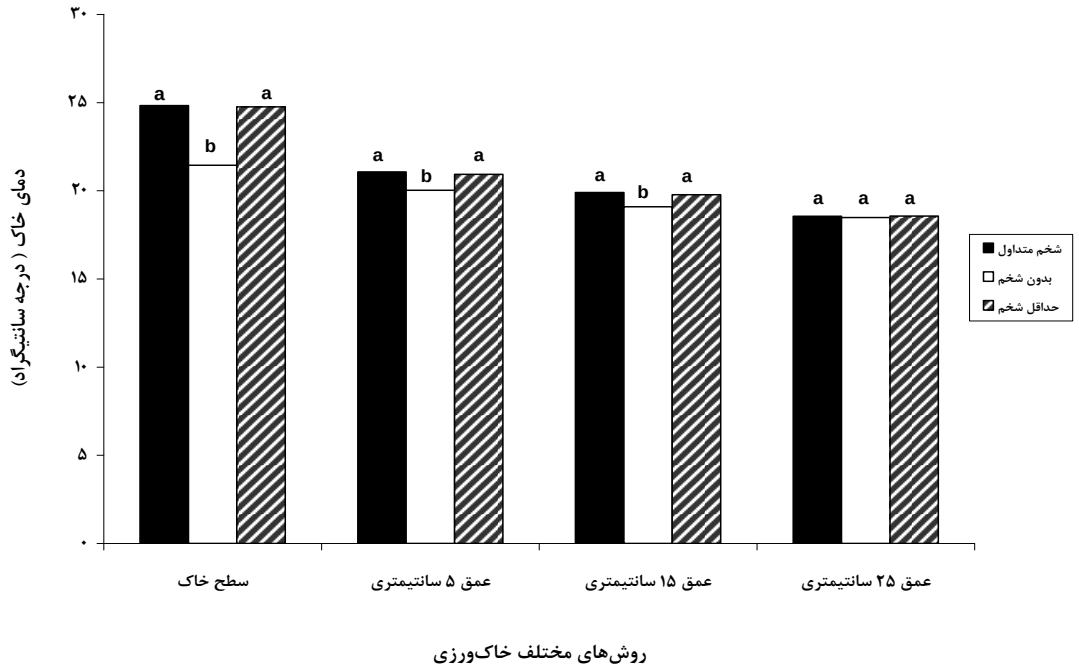
۴-۲-۱۲. دمای عمق خاک

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری را در دمای خاک در عمق‌های خاک نشان دادند (جدول۴-۸). در عمق‌های ۵ و ۱۵ سانتی‌متری خاک، تیمار بدون شخم دارای دمای کمتر و معنی‌داری نسبت به تیمارهای شخم حداقل و شخم متداول بود اما در ۲۵ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل۴-۲۱). میزان مختلف بقایا باعث بروز تفاوت معنی‌داری در دمای اعماق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری خاک شد (جدول۴-۸). کمترین دمای خاک در اعماق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری در تیمار بقایای ۶۰ درصد بدست آمد که به ترتیب ۲۰/۴۳ و ۱۹/۴۶ درجه سانتی‌گراد بود (شکل۴-۲۲).

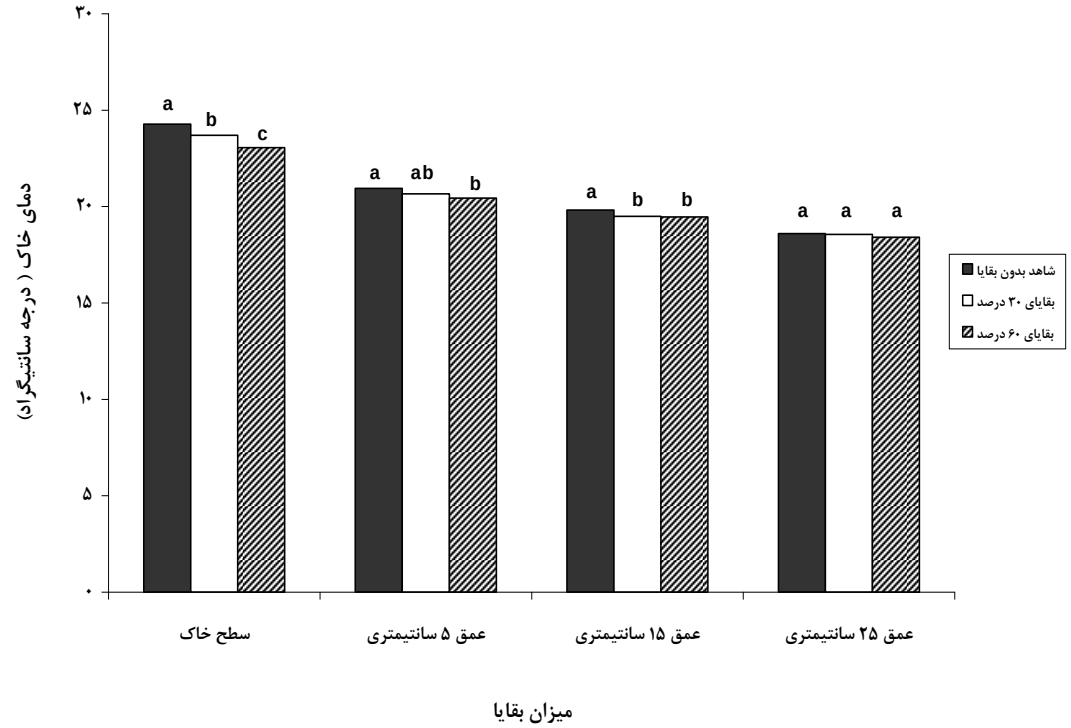
۴-۲-۱۲-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر دمای عمق خاک

اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر دمای عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک معنی‌دار شد (جدول۴-۸) و بیش‌ترین میزان دما که اختلاف معنی‌داری نیز نداشتند در تیمار حداقل شخم با بدون بقایا و تیمار شخم متداول با هر سه میزان بقایا بود (جدول۴-۹). شرایط فراهم شده برای میزان رطوبت بیشتر خاک در تیمار بدون شخم موجب شد که دمای خاک آن نسبت به تیمارهای شخم حداقل و شخم متداول کاهش یابد و این تفاوت در دما در عمق بیشتر نیز هر چند کمتر؛ ولی مشاهده می‌شود. حفظ بقایا در روی سطح خاک نیز با کاهش‌دادن جذب گرمای خورشید، موجب خنک‌تر شدن دمای خاک در اعماق مختلف شد. وجود بقایا روی سطح خاک مانع تبخیر بیشتر و موجب کاهش فرسایش و افزایش نفوذپذیری خاک شد که میزان رطوبت بیشتری را در خود نگهداری و به تعدیل دمای خاک کمک کرد. نتایج آزمایشات سژاناوارو و همکاران (۲۰۱۰ ب) نشان داد شخم کاهش یافته و حفظ بقایا نفوذپذیری خاک را تسهیل، ساختار خاک بهبود و میزان ماده آلی افزایش و درجه حرارت خاک تعدیل شد. همچنین ساختار خاک بهبود یافته موجب افزایش هوادهی و انتشار آب و مواد غذایی در پروفیل خاک شد و حفظ بقایا نیز باعث افزایش فعالیت میکروبی و محتوای بیومس میکروبی خاک شد. سسیز و گارسوی (۲۰۱۰) گزارش کردند

درجه حرارت خاک، میزان آب خاک،جرم حجمی، تخلخل، نفوذ پذیری تحت تاثیر سیستم های شخم قرار گرفتند. نتایج آزمایشات ایزارالد و همکاران (۱۹۸۶) در بررسی اثر مدیریت بقایا و روش‌های متفاوت شخم بر روی گندم زمستانه و خصوصیات فیزیکی خاک نشان داد میزان آب خاک در روش بدون شخم بیش از روش شخم متداول بود و حداکثر درجه حرارت خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در تیمار بدون شخم بطور متوسط ۳ درجه سانتی‌گراد کمتر از تیمار شخم متداول بود و عملکرد تیمار بدون شخم بیش از تیمار شخم متداول بود. محققین اعلام داشتند دمای سطح خاک در روش شخم متداول و بدون بقایا ۶ درجه فارنهایت نسبت به روش بدون شخم با پوشش بقایا گرمتر بود (سیمونز و نفزیگر، ۲۰۱۱). حفظ بقایا روی سطح خاک خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار داد و دمای اوج خاک را ۴ درجه سانتیگراد کاهش داد و آب قابل‌دسترس افزایش یافت (بائرکرت و همکاران، ۲۰۰۰). وجود بقایا در سطح خاک می‌تواند افزون بر تأثیر مفید در نگهداری رطوبت خاک، موجب بهبود بازدهی مصرف آب، کاهش دمای خاک، کاهش تبخیر و روانآب و در نهایت باعث افزایش عملکرد گندم شود (امام و همکاران، ۱۳۸۹). سیستم بدون شخم رژیم دمایی متفاوتی با خاک شخم خورده دارد (های هو و همکاران، ۱۹۹۶).



شکل۴-۲۱ - اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر دمای خاک



شکل ۴-۲۲- اثر میزان بقایا بر دمای خاک

جدول ۴-۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک ورزی و مدیریت بقایا بر بعضی صفات گندم

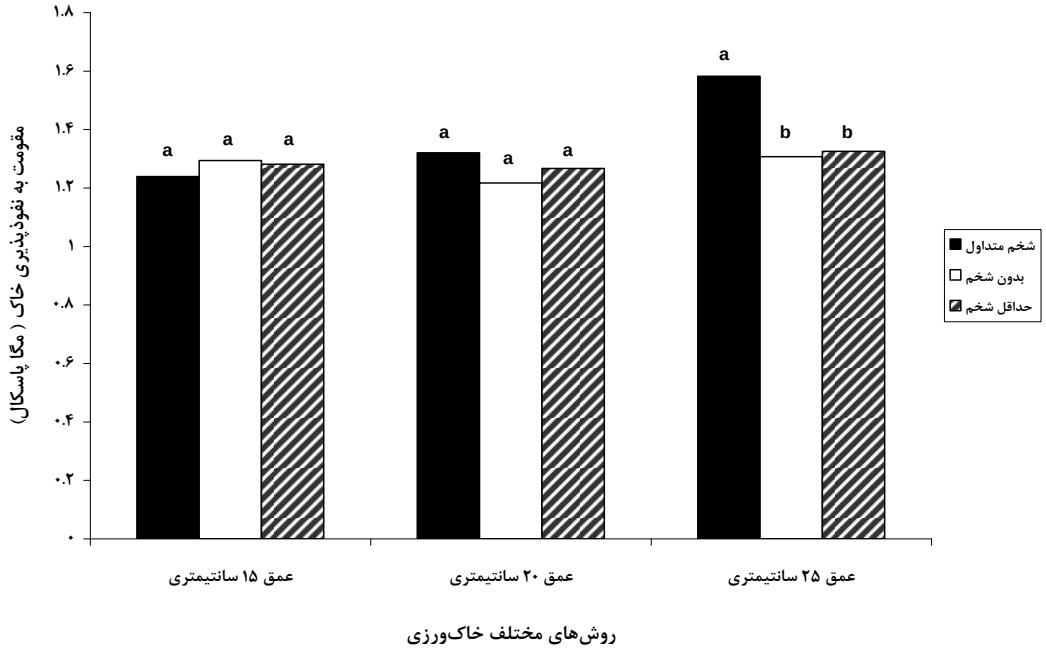
تیمار های آزمایشی		تخلخل (%)	ظرفیت نگهداری آب در ظرفیت مزرعه (%)	دمای خاک ۱۵ سانتیمتری (ºC)
شخم متداول	بقایای صفر درصد	۵۳/۵۹ d	۱۹/۵ d	۱۹/۸۵ ab
	بقایای ۳۰ درصد	۵۶/۷۳ c	۱۹/۴۲ d	۲۰/۰۵ a
	بقایای ۶۰ درصد	۵۹/۷۴ b	۲۱/۰۸ abc	۱۹/۸ ab
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۶۱/۸ ab	۲۱/۲۹ ab	۱۹/۳ cd
	بقایای ۳۰ درصد	۶۱/۹ ab	۲۱/۵ ab	۱۸/۸۸ d
	بقایای ۶۰ درصد	۶۲/۴۸ a	۲۱/۹۷ a	۱۹/۱ cd
حداقل شخم	بقایای صفر درصد	۶۰/۷ ab	۱۹/۷۹ cd	۲۰/۲۸ a
	بقایای ۳۰ درصد	۶۰/۷۸ ab	۲۱/۵۷ ab	۱۹/۵۵ b
	بقایای ۶۰ درصد	۶۱/۵ ab	۲۰/۲۸ bcd	۱۹/۵ bc

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون (برای خاک‌ورزی و میزان بقایا) در سطح پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

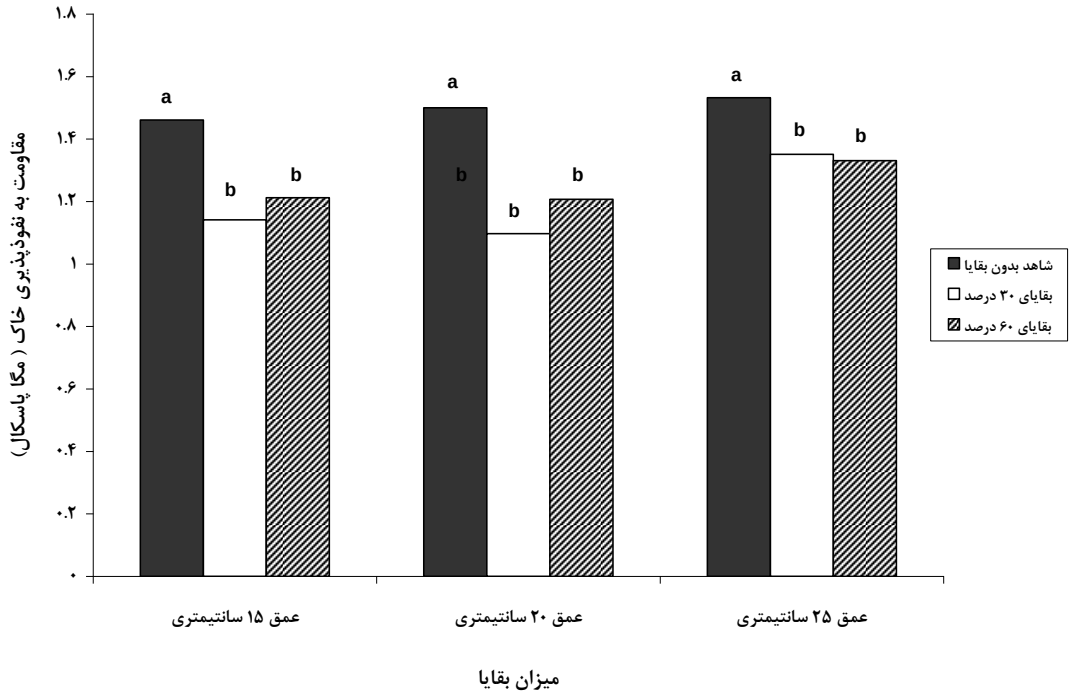
۴-۲-۱۳. مقاومت به نفوذپذیری خاک

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر میزان مقاومت به نفوذپذیری خاک نداشت (جدول۴-۸). شخم مکرر و تردد ادوات و ماشین‌آلات در طی سال‌های متوالی باعث افزایش فشردگی و نفوذپذیری کمتر خاک شده اما برای کاهش فشردگی نیاز به زمان بیشتری وجود دارد هر چند مقایسه میانگین‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری را نشان دادند و کم‌ترین مقاومت به نفوذپذیری مربوط به بدون شخم بود (شکل۴-۲۳). میزان بقایای مختلف تفاوت معنی‌داری را در میزان مقاومت به نفوذپذیری خاک در عمق‌های ۱۵ و۲۰ سانتی‌متری نشان دادند (جدول۴-۸). بین میزان بقایای ۶۰ و ۳۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما هر دو نسبت به بدون بقایا از فشردگی کمتری برخوردار بودند (شکل۴-۲۴). حفظ میزان بقایای بیشتر احتمالاً از طریق تعادل دمایی بهتر در خاک و ذخیره رطوبت بیشتر و ثبات محیط خاک منجر به ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها ، کرم‌های خاکی و سایر جانداران شد و تولید ماده آلی در خاک و ایجاد خلل و فرج بیشتر موجب افزایش نفوذپذیری خاک شد. همچنین در چنین شرایطی گمان می‌رود فعالیت ریشه‌ها نیز بهترشد که نفوذپذیری خاک را افزایش داد. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر میزان مقاومت به نفوذپذیری خاک معنی‌دار نشد (جدول۴-۸). افزایش ماده آلی خاک ممکن است فشردگی خاک را توسط ارتقاء مقاومت به تغییر شکل و یا توسط افزایش انعطاف‌پذیری خاک، کاهش دهد (انتری و همکاران، ۱۹۹۶). نفوذپذیری خاک نسبت به جرم حجمی خاک به خاک‌ورزی حساس‌تر می‌باشد (فابریزی و همکاران، ۲۰۰۵). آزمایش طولانی مدت روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا نشان داد بین سیستم‌های بدون شخم و شخم رایج تفاوت معنی‌داری درمیزان فشردگی خاک وجود ندارد، اما مقاومت به نفوذپذیری خاک در میزان بقایای بیشتر تفاوت معنی‌داری داشت و در بقایای بیشتر، کمتر بود (فوئنتس و همکاران، ۲۰۰۹). شخم کاهش‌یافته توأم با حفظ بقایا روی سطح خاک منجر به افزایش نفوذپذیری آب در خاک شد (لیچتر و همکاران، ۲۰۰۸). میزان نفوذپذیری، جمعیت کرم‌های خاکی، کربن کل و پایداری خاکدانه‌ها در شخم حفاظتی به‌طور

معنی‌داری نسبت به شخم متداول بیشتر بود (تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰). حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین و وجود ریشه‌های سطحی گیاهان کشت شده در خاک در مقایسه با زمین بدون پوشش و بدون ریشه‌های سطحی، فشردگی خاک را تا ۷۰ درصد کاهش می‌دهد (ریوز، ۱۹۹۷). همچنین اعلام شده که حفظ بقایا به مدت ۱۲ سال در مقایسه با حذف بقایا و سوزاندن آنها باعث کاهش تراکم خاک شد (شیپلی و رجیر، ۱۹۷۷). آزمایشات ۱۹ ساله روش‌های متفاوت خاک‌ورزی نشان داد وزن مخصوص ظاهری خاک در شخم متداول در حداکثر مقدار خود بود (پیکول و همکاران، ۱۹۹۳). اما نتایج آزمایش اثر درازمدت تناوب و خاک‌ورزی بر وزن مخصوص ظاهری و مقاومت خاک نشان داد که شخم حفاظتی باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری و افزایش مقاومت در لایه‌های سطحی شد (هامل، ۱۹۸۹). لاپن و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند که سیستم بدون شخم اغلب از فشردگی سطحی بیشتری برخوردار می‌باشد.



شکل۴-۲۳- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت به نفوذپذیری خاک



شکل ۴-۲۴- اثر میزان بقایا بر مقاومت به نفوذپذیری خاک

۴-۲-۱۴. طول ساقه گندم

روش‌های مختلف خاک‌ورزی موجب بروز اختلاف معنی‌داری بر طول ساقه شد (جدول۴-۱۱). به‌طوریکه میزان آن در تیمارهای بدون شخم، شخم حداقل و شخم متداول به ترتیب ۹۱/۱۸، ۸۳/۹۴ و ۸۱/۹۲ سانتی‌متر بود (جدول۴-۱۲). میزان بقایای متفاوت، تأثیر معنی‌داری بر صفت طول ساقه نداشت (جدول۴-۱۱).

۴-۲-۱۴-۱. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول ساقه

اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول ساقه معنی‌دار شد (جدول۴-۱۱). بیش‌ترین طول ساقه در تیمار بدون شخم و با هر سه میزان بقایا بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نیز نداشتند (جدول ۴-۱۰). در تیمار بدون شخم ثبات سطح خاک موجب حفظ رطوبت بیشتر شد و شرایط بهتر از نظر فشردگی خاک و بهبود وضعیت خلل و فرج احتمالاً باعث توسعه بهتر ریشه و جذب بیشتر آب و مواد غذایی را فراهم نمود که توسعه کانوپی و رشد بیشتر ساقه را به دنبال داشت. در اثر متقابل تیمارها، هنگامیکه بقایا

با کاهش خاک‌ورزی همراه شد، اثرات آن در طول ساقه مشهودتر شد. ساقه محل اصلی ذخیره قبل از گرده‌افشانی است و به طور معمول، بوته‌های گندم تا قبل از گلدهی، کمتر با عوامل نامساعد محیطی و درونی محدود کنندهٔ فتوسنتزی مواجهند (گایونتا و همکاران، ۱۹۹۵). برخی از ارقام گندم با نگهداری کربوهیدرات‌ها در ساقه خود باعث تنظیم اسمزی و در نتیجه جذب آب شده که منجر به کاهش انتقال مجدد می‌شوند (پلات و همکاران، ۲۰۰۴). تحقیقات نشان داد توانایی ذخیره‌سازی کربوهیدرات در ساقه بستگی به وزن مخصوص ساقه و طول ساقه داشته و شرایط محیطی قبل و بعد از گرده‌افشانی تا مرحله خطی رشد دانه بر مقدار تجمع کربوهیدرات در ساقه تاثیرگذار است (تاکاهاشی و همکاران، ۲۰۰۱). آلویر و همکاران (۲۰۰۵) و سژاناوارو و همکاران (۲۰۱۰) در یافته‌های خود اعلام نمودند عملیات شخم کاهش‌یافته توأم با حفظ بقایا، ساختار خاک و زیست‌توده میکروبی آن را بهبود و حاصلخیزی خاک را افزایش داد. لروکس و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند در مقایسه با تغییرات سریع در خصوصیات بیولوژیکی که پس از تخریب خاک رخ می‌دهد تغییرات در خصوصیات فیزیکی با سرعت کمتری انجام می‌شود.

جدول شماره ۴- ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر طول ساقه

تیمارهای آزمایشی		طول ساقه (cm)
شخم متداول	بقایای صفر درصد	۸۲/۴۳ b
	بقایای ۳۰ درصد	۷۴/۷۳ c
	بقایای ۶۰ درصد	۸۸/۶ ab
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۹۰/۸۶ a
	بقایای ۳۰ درصد	۹۲/۱ a
	درصد بقایای ۶۰	۹۰/۶ a
حداقل شخم	بقایای صفر درصد	۸۳/۱۳ b
	بقایای ۳۰ درصد	۸۶/۱۳ ab
	بقایای ۶۰ درصد	۸۲/۵۶ b

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۴- ۱۱- میانگین مربعات برای صفت‌های اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه گندم	طول ساقه	طول سنبله	طول پدانکل	برگ پرچم		
						طول	سطح	وزن خشک
تکرار	۲	۷۷۷۶۱/۵ ns	۳/۴۱ ns	۰/ ۳۷۹ ns	۰/ ۹۱۸ ns	۷/۲۶ ns	۱۰/۳۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns
خاک‌ورزی	۲	۷۱۷۵۰۱/۲۸ *	۲۱۳/۶۶ **	۵/۱۹۳ **	۳۲/۷۵ **	۱۸/۲۳ *	۵۰/۲۵ **	۰/۰۰۳ ns
خطای اصلی	۴	۶۵۶۶۶	۱۱/۳۶	۰/۵۹۹	۴/۳۲	۱/۲۳	۱/۷۳	۰/۰۰۰۵
میزان بقایا	۲	۱۲۰۲۱۸۵/۵۹ **	۱۹/۶۵ ns	۰/ ۱۹۳ ns	۱/۵۵ ns	۰/۷۰ ns	۱/۸۴ ns	۰/۰۰۱ ns
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۱۰۰۴۲۸/۱ ns	۶۹/۰۴ **	۰/ ۹۹۵ ns	۴/۴ ns	۲/۷۰ ns	۳/۹۶ ns	۰/۰۰۰۶ ns
خطای فرعی	۱۲	۱۴۰۶۹۵/۹	۱۲/۷۱	۰/۴۸۷	۱/۶۴	۲/۸۹	۳/۶	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۷	۳/۵	۰/۶۹	۱/۲۸	۱/۷	۲/۴۵	۰/۰۳

** معنی‌دار شدن در سطح ۱٪ ، * معنی‌دار شدن درسطح ۵٪، ns معنی‌دار نبودن.

جدول ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفت‌های اندازه‌گیری شده گندم در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

تیمار های آزمایشی	عملکرد	ماده خشک انتقال یافته از ساقه (gr)	اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله (٪)	مشارکت اسیمیلات های ذخیره‌ای در پر شدن دانه (٪)	بازده انتقال مجدد (٪)	طول ساقه (cm)	طول سنبله (cm)	طول پدانکل (cm)	برگ پرچم		
									طول (cm)	سطح (cm2)	وزن خشک (g)
شخم متداول	۶۳۷۶/۹ b	۰/۳۷۸ a	۵۰/۶۴ a	۲۳/۳۳ a	۲۵/۰۴ a	۸۱/۹۲ b	۸/۶۴ b	۲۴/۶۸ b	۱۹/۶۸ b	۲۱/۸ b	۰/۱۸۲ ab
بدون شخم	۶۹۱۲/۲ a	۰/۲۸۴ a	۵۵/۰۷ a	۱۳/۸ a	۱۸/۴۴ a	۹۱/۱۸ a	۱۰/۰۴ a	۲۸/۳۷ a	۲۲/۴۸ a	۲۶/۳ a	۰/۱۹۴ a
حداقل شخم	۶۴۸۸/۸ b	۰/۳۹۷ a	۵۲/۵۱ a	۲۰/۴۸ a	۲۷/۱۵ a	۸۳/۹۴ b	۸/۸۳ b	۲۷/۳۷ ab	۲۰/۶۴ b	۲۲/۸ b	۰/۱۵۵ b
بقایای صفر درصد	۶۲۵۵/۲ b	۰/۳۷ a	۴۹/۹۹ a	۱۹/۶۵ a	۲۴/۳۳ a	۸۵/۴۷ a	۹/۱۴ a	۲۷/۱۸ a	۲۱/۲۵ a	۲۴ a	۰/۱۸۹ a
بقایای ۳۰ درصد	۶۵۴۱/۹ b	۰/۳۴۵ a	۵۳/۴۵ a	۱۹/۵۴ a	۲۳/۳۴ a	۸۴/۳۲ a	۹/۰۴ a	۲۶/۳۶ a	۲۰/۷۲ a	۲۳/۶ a	۰/۱۸ a
بقایای ۶۰ درصد	۶۹۸۰/۸ a	۰/۳۴۵ a	۵۴/۷۸ a	۱۸/۴ a	۲۲/۹۵ a	۸۷/۲۵ a	۹/۳۳ a	۲۶/۸۸ a	۲۰/۸۴ a	۲۳/۱ a	۰/۱۶۲ a

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون (برای خاک‌ورزی و میزان بقایا) در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول۴-۱۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده خشک انتقال یافته از ساقه	اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله	مشارکت اسیمیلات های ذخیره‌ای در پر شدن دانه	بازده انتقال مجدد
تکرار	۲	۰/۰۰۵ns	۱۴/۴ ns	۱۱۴/۳۹ ns	۴۶/۶۲ ns
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۰۳ns	۴۴/۴۸ ns	۲۱۵/۶ ns	۱۸۵/۹۳ ns
خطای اصلی	۴	۰/۰۲۹	۲۴/۲۴	۱۰۶/۷۵	۵۸/۳
میزان بقایا	۲	۰/۰۰۱ns	۵۵/۰۸ ns	۴/۳۴ ns	۴/۵۹ ns
خاک‌ورزی *میزان بقایا	۴	۰/۰۲۱ns	۲۸/۸ ns	۷۰/۳۸ ns	۶۷/۸۲ ns
خطای فرعی	۱۲	۰/۰۲۷	۲۷/۶۷	۷۷/۱۸	۶۱/۷۱

** معنی‌دار شدن در سطح ۱٪ ، * معنی‌دار شدن درسطح ۵٪، ns معنی‌دار نبودن.

۴-۲-۱۵. سنبله

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تاثیر معنی‌داری بر طول سنبله داشت (جدول۴-۱۱). طول سنبله در تیمار بدون شخم، شخم حداقل و شخم متداول به ترتیب ۱۰/۰۴، ۸/۸۳ و ۸/۶۴ سانتی‌متر بود. (جدول ۴-۱۲). در تیمار بدون شخم با وضعیت و شرایط مناسب تر ایجاد شده از لحاظ رطوبت موجب تعدیل درجه حرارت و جلوگیری از افزایش آن شد. وجود رطوبت کافی و دما و تهویه مطلوب به نظر می‌رسد موجب بهبود رشد ریشه و قسمت‌های هوایی و افزایش فتوسنتز و سهم سنبله شد. میزان مختلف بقایا و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول سنبله معنی‌دار نشد (جدول۴-۱۱). در بررسی سه روش خاک‌ورزی شامل بدون خاک‌ورزی،خاک‌ورزی حداقل و خاک‌ورزی متداول اعلام شد بیش‌ترین طول سنبله با ۸ سانتی‌متر در روش حداقل خاک‌ورزی و کم‌ترین ۶/۴ سانتی‌متر در روش خاک‌ورزی متداول بدست آمد (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). کاهش وزن هر یک از اجزای ساقه پس از گرده‌افشانی نشان‌دهنده انتقال قندهای محلول موجود در آنها به سوی دانه‌های در حال رشد می‌باشد (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶ب).

۴-۲-۱۶. پدانکل

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری را در طول پدانکل نشان داد (جدول۴-۱۱). بیش‌ترین طول پدانکل مربوط به تیمار بدون شخم با ۲۸/۳۷ سانتی‌متر بود (جدول۴-۱۲). تیمار بدون شخم با فراهم نمودن شرایط مطلوب‌تر برای رشد و نمو توانست بر طول پدانکل نیز موثر باشد. میزان مختلف بقایا و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول پدانکل معنی‌دار نشد (جدول۴-۱۱). نتایج این تحقیق با یافته‌های ال‌مونیری و همکاران (۱۹۸۳) که اظهار داشتند افزایش آب قابل‌دسترس موجب افزایش طول میانگره‌های ساقه و ارتفاع بوته شد، مطابقت دارد. ابوذر و همکاران (۱۳۹۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانهٔ جو و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از دمگل(پدانکل) و دومین میانگرهٔ رأسی (پنالتی میت) گزارش کردند. میزان قند محلول منتقل شده از میانگره ماقبل آخر به دانه‌های در حال رشد به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگره آخر بود (واردلاو و ویلنبرینک، ۱۹۹۴). حفظ بقایا روی سطح خاک خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار داد، درجه حرارت اوج خاک ۴ درجه سانتی‌گراد کاهش و آب قابل‌دسترس افزایش یافت (بائرکرت و همکاران، ۲۰۰۰). در ارزیابی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی گندم اعلام شد در شرایط کمبود آب، مقدار انتقال ماده خشک ذخیره شده پدانکل از ۴۳ تا ۱۷۱ میلی‌گرم، میانگره زیرین آن ۸۱ تا ۲۷۲ و گره‌های پایین ساقه ۱۹۸ تا ۴۷۴ میلی‌گرم متغیر بود (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶ب). بیش‌ترین ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌های گندم در میانگره‌های پدانکل و پنالتی‌میت وجود دارد (واردلاو و ویلنبرینک، ۱۹۹۴).

۴-۲-۱۷. برگ پرچم

روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌داری در طول، سطح و وزن خشک برگ پرچم شدند (جدول۴-۱۱). بیش‌ترین میزان آنها در تیمار بدون شخم و به ترتیب ۲۲/۴۸سانتی‌متر،۲۶/۳ سانتی‌متر مربع و ۰/۱۹۴ گرم بود (جدول۴-۱۲). شرایط مطلوب ایجاد شده در تیمار بدون شخم و آب قابل‌دسترس بیشتر گمان می‌رود موجب افزایش هدایت روزنه‌ای و تبادل بیشتر گازهای درون سلولی شد

که خود باعث افزایش فتوسنتز، رشد و افزایش سطح برگ بود. افزایش سطح برگ پرچم نیز موجب افزایش دریافت تشعشع توسط پوشش گیاهی، افزایش فتوسنتز و رشد گردید. میزان مختلف بقایا و اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر طول، سطح و وزن خشک برگ پرچم معنی‌دار نشد (جدول۴-۱۱). برگ پرچم معمولا بیش‌ترین سهم را در تولید مواد فتوسنتزی دانه دارد، به‌طوری که حدود ۶۰ درصد قندهای دانه از فتوسنتز برگ پرچم تأمین می‌شود (آئوستین و همکاران، ۱۹۸۰). ساقه و غلاف برگ‌ها محل ذخیره مواد فتوسنتزی می‌باشند و کربوهیدرات‌ها در ساقه‌ها به شکل گلوکز، فروکتوز، ساکازر و نشاسته ذخیره می‌شوند (واردلاو و ویلنبرینک، ۱۹۹۴). سهم فتوسنتز برگ پرچم در تولیدات فتوسنتزی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد متغیر است (بالکان و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲-۱۸. ماده خشک انتقال یافته از ساقه

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا و همچنین اثر متقابل آنها بر میزان ماده خشک انتقال یافته از ساقه معنی‌دار نشد (جدول۴-۱۳). نتایج نشان می‌دهند که میزان فتوسنتز جاری جهت پر شدن مخزن در تیمارهای خاک‌ورزی و تیمارهای بقایا کفایت کرده و نیازی به انتقال مجدد که فرآیندی انرژی‌بر است نبوده ولی شرایط مطلوب‌تر در تیمار بدون شخم توأم با حفظ بقایای بیشتر (۶۰ درصد) احتمالاً باعث دوام سطح سبز و افزایش میزان فتوسنتز جاری نسبت به تیمار شخم متداول، شخم حداقل و همچنین بقایای ۳۰ درصد و بدون بقایا شد (با توجه به عملکرد بیشتر در تیمارهای بدون شخم و بقایای ۶۰ درصد). سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای ساقه یا درصد ذخایر ساقه نسبت به وزن کل دانه علاوه بر اندازه مخزن و رقم توسط شرایط محیطی نیز کنترل می‌شود (بونت و اینکول، ۱۹۹۲). انتقال مجدد مواد فتوسنتزی یکی از عمده‌ترین طرق جبران کاهش فتوسنتز جاری می‌باشد (میرطاهری و همکاران، ۲۰۱۰). سهم نسبی ذخایر ساقه به وزن کل دانه، بسته به شرایط محیط آزمایش و ارقام مورد استفاده، به‌طور متوسط بین ۶ تا ۱۰۰ درصد متغیر می‌باشد (دیویدسون و چوالیر، ۱۹۹۲). در شرایط فاریاب و تنش

خشکی بیشترین ذخیره‌سازی و انتقال مجدد مربوط به میانگره‌های پایین بوده و میانگره‌های ما قبل آخر (دومین میانگره از بالای ساقه) و پدانکل (اولین میانگره از بالای ساقه) در رتبه‌های بعدی بودند (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶ الف). محققان گزارش کردند افزایش نسبت مخزن به منبع در گندم تأثیری در مقدار انتقال مجدد ندارد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸). کارآیی انتقال ماده خشک، به وزن خشک ساقه در گرده‌افشانی بستگی دارد و وزن خشک بیشتر ساقه در گرده افشانی، به سهم بیشتر ماده خشک انتقال یافته از آن به دانه‌ها منتهی می‌شود (پاپاکوستا و گاگیاناز، ۱۹۹۱). شخم فشرده تجزیه بقایا را سریع و ماده آلی خاک را کاهش داد (ریوز و همکاران، ۱۹۹۲). نگهداری بقایا روی سطح خاک موجب بهبود ساختار و کیفیت خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و حفظ رطوبت آن شد (سسیز و گارسوی، ۲۰۱۰ و ریوز و همکاران، ۱۹۹۲). نتایج نشان داد که مخلوط کردن بقایا با خاک در شخم متداول در مقایسه با حفظ بقایا در بدون شخم عملیاتی است که تأثیر کمتری بر حفاظت خاک دارد (گوارتز و همکاران، ۲۰۰۹). طی مرحلهٔ گلدهی تا دورهٔ خطی رشد دانه، کربوهیدرات‌های محلول (غیرساختاری) در ساقه تجمع می یابند، که انتقال مجدد آنها (به ویژه فروکتوز و ساکارز) از ساقه تا حد زیادی به رشد دانه به ویژه در انتهای فصل رشد و شرایط تنش خشکی، که فتوسنتز جاری به شدت کاهش می یابد، کمک شایانی می‌کند (کینیری، ۱۹۹۳). بروز تنش‌های رطوبتی فتوسنتز جاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تحت این وضعیت، فتوسنتز سنبله (آراس و همکاران ۱۹۹۸) و انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها (رویو و بلنکو ۱۹۹۹) از ساقه به دانه برجسته‌تر از سایر عوامل دخیل در ثبات عملکرد هستند. در مقابل واردلاو و ویلنبرینک (۱۹۹۴) اظهار کردند که نخستین و دومین میانگره‌های رأسی ساقه در گیاه گندم بیشترین ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها را انجام دادند. در این زمینه دنیلز و آلوک (۱۹۸۲) نیز به بالا بودن میزان ذخیره سازی قندهای محلول در میانگره‌های بالایی گیاه جو در مقایسه به میانگره‌های پایین اشاره کردند. توان انتقال مجدد، دومین جزء، تعیین کنندهٔ میزان مشارکت مواد ذخیره‌ای در عملکرد دانهٔ گندم بود

(اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶الف) که توسط عامل‌هایی مانند اندازهٔ مخزن، رقم و شرایط محیطی تعیین می‌شود (بلوم، ۱۹۹۹).

۴-۲-۱۹. اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله

روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا باعث بروز تفاوت معنی‌داری در اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله نشدند (جدول۴-۱۳). علی‌رغم معنی‌دار نشدن اختصاص مواد فتوسنتزی به سنبله، این میزان در تیمار بدون شخم ۵۵/۰۷ درصد بود که ۸/۷ درصد بیشتر از تیمار شخم متداول (۵۰/۶۴ درصد) بود. همچنین در تیمار با بقایای بیشتر وضعیت مشابهی نسبت به تیمار بدون بقایا وجود داشت (جدول۴-۱۲). فراهمی شرایط مناسب رشدی گیاه در تیمار بدون شخم و میزان بقایای بیشتر موجب ایجاد مخزن قوی‌تر شد و مخزن قوی‌تر موجب شد که منبع هم سهم بیشتری را نسبت به مابقی تیمارها به آنها اختصاص دهد. نتایج این آزمایش با یافته‌های نادری و مشرف (۱۳۷۹) که اعلام نمودند در شرایطی که مواد حاصل از فتوسنتز جاری برای پر شدن دانه کافی باشد، جریان حرکت و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی محدود می‌شود، مطابقت دارد. زیرا بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی با میزان ماده انتقال‌یافته یکسان از ساقه به دانه، تیمار بدون شخم از عملکرد بیشتر و معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای خاک‌ورزی برخوردار گردید که احتمالاً نشان از کافی بودن فتوسنتز جاری آن می‌باشد و همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های پاپاکوستا و گاگیاناز (۱۹۹۱) که گزارش نمودند انتقال مجدد در گندم بین ۶ تا ۷۳ درصد متغییر می‌باشد، منطبق است. رشد و نمو غلات تابع سه منبع کربوهیدرات است که این منابع شامل فتوسنتز جاری برگ ها و ساقه ها، فتوسنتز سنبله و انتقال مجدد مواد پروردهٔ ذخیره شده و ترکیبات نیتروژن‌دار موجود در برگ‌ها و ساقه‌ها هستند (یانگ و همکاران، ۲۰۰۰). کربوهیدرات‌ها در طی زمانی که میزان تولید مواد فتوسنتزی بیشتر از نیاز مخزن‌ها بوده در قسمت‌های مختلف گیاه و از جمله میانگره‌های مختلف ساقه ذخیره شده و در مراحل انتهایی رشد و هنگامی که تقاضا برای مواد فتوسنتزی بیشتر از

فتوسنتز جاری است به دانه‌ها منتقل می‌شوند (طاهریان و همکاران، ۱۳۹۴). تجمع مواد فتوسنتزی در ساقه گندم تا زمان رشد خطی دانه (۱۵ روز پس از گرده افشانی) ادامه و از این مرحله به بعد به دلیل انتقال مجدد به مخزن‌ها کاهش می‌یابد (شیندر، ۱۹۹۳). با کاهش فتوسنتز جاری، میزان ماده خشک انتقال یافته و بازدهی انتقال مجدد ماده خشک و درصد انتقال مجدد ماده خشک به ترتیب ۴۴ درصد و ۶۰/۸ درصد کاهش و ۴۳/۱ درصد نسبت به فتوسنتز جاری افزایش یافت (عزت احمدی و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش ماده آلی خاک، فشردگی خاک را توسط ارتقاء مقاومت به تغییر شکل و به جهت افزایش انعطاف‌پذیری خاک، کاهش داد (انتری و همکاران، ۱۹۹۶). پژوهشگران در آزمایش روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا اعلام داشتند کشت بدون شخم با بقایا نسبت به شخم متداول موجب شد، مقاومت به نفوذپذیری خاک در میزان بقایای بیشتر، کاهش یابد همچنین منجر به افزایش نفوذپذیری آب در خاک شد و میزان نفوذپذیری خاک، کرم‌های خاکی و پایداری خاکدانه‌ها در شخم حفاظتی بطور معنی‌داری نسبت به شخم متداول بیشتر بود (فوئنتس و همکاران، ۲۰۰۹ ؛ لیچتر و همکاران، ۲۰۰۸ و تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰).

۴-۲-۲۰. مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه

در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا، مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه معنی‌دار نشد (جدول۴-۱۳). درصد مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه در تیمارهای بدون شخم، حداقل شخم و شخم متداول به ترتیب ۱۳/۸، ۲۰/۴۸ و ۲۳/۳۳ درصد بود (جدول۴-۱۲). با توجه به عملکرد بیشتر و معنی‌دار آن در تیمار بدون شخم توأم با میزان بقایای بیشتر و معنی‌دار نشدن مشارکت اسیمیلات‌های ذخیره‌ای قبل از گرده‌افشانی در پر شدن دانه، شرایط مناسب فراهم شده برای فتوسنتز جاری موجب شد که گیاه برای تأمین مخازن و پر کردن دانه‌ها، سهم عمده نیاز خود را از طریق فتوسنتز جاری تأمین نماید. نتایج این تحقیق با یافته‌های آئوستین و

همکاران (۱۹۸۰) که سهم ذخایر ساقه را در پر کردن دانـه گنـدم بـین 7 تـا ۲۷ درصـد اعـلام داشـتند، منطبق می‌باشد. همچنـین واردلاو و ویلنبرینـک (۱۹۹۴) ایـن سـهم را ۵ تـا ۱۵ درصـد و پاپاکوسـتا و گاگیاناز (۱۹۹۱) ۶ تا ۱۶ درصد و روبرتسون و گیانتا (۱۹۹۴) نیز سهم ذخایر ساقه را در پر کردن دانـه گندم حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد اعلام داشتند. دیویدسون و چوالیر (۱۹۹۲) نیز اظهار داشتند در شرایطی که محدودیتی در مواد پرورده جاری وجود نداشته باشد سهم ذخایر ساقه در عملکرد گنـدم از ۱۰ درصـد در شرایط معمول تا بیش از ۴۰ درصد در شرایط غیر معمول می‌رسد. سهم انتقال مـواد فتوسـنتزی قبـل از گل‌دهی به دانه، بستگی به میزان ماده‌ای دارد که بین گلدهی و رسیدگی به دانه انتقال می‌یابد (عبادی و همکاران، ۲۰۱۱). برای افزایش مشارکت عامل های جذب وسوخت (آسیمیلات ها) در عملکرد دانه باید یا انتقال بیشتر شود و یا عملکرد کاهش یابد (شیندر، ۱۹۹۳). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌تواند به علت کاهش اندازه منبع (برگ‌ها و سـاقه‌ها)، ظرفیـت مخـزن فیزیولوژیـک (تعـداد سـلولهای آندوسپرم و فعالیت آنزیمی دانه) و یا هر دو مورد باشد (امام، ۲۰۰۷). پس از گلدهی، فتوسنتز جاری بـه عنوان منبع پرشدن دانه به سطح سبز دریافت کنندهٔ نور بستگی دارد که این منبع به طـور معمـول، بـه واسطهٔ پیری طبیعی و تأثیر تنش‌های مختلف در دورهٔ پر شدن دانه کاهش می‌یابد در همان حال به دلیل رشد دانه‌ها، تقاضای مخزن بـرای مـواد فتوسـنتزی افـزایش یافتـه و در چنـین حـالتی مـواد پـرورده‌ای ذخیره‌ای، یکی از منابع تأمین کننـدهٔ مـواد فتوسـنتزی و یکـی از سـازوکارهای جبرانـی کـاهش منـابع فتوسنتزی محسوب می‌شود (یانگ و زانگ، ۲۰۰۶). توان ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی، یـک عامـل مهـم تأثیرگذار بر انتقال مجدد می‌باشد (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶). سرعت و مدت پر شدن دانـه، وزن نهـایی دانهٔ غلات را تعیین می‌کند. عوامل مختلفی از جمله میزان عرضهٔ مواد فتوسنتزی، مقاومت ذاتی در مقابل انتقال مواد، تعداد سلول‌های آندوسپرمی، قدرت سلول های آندوسپرمی در جذب مواد فتوسنتزی و عوامل محیطی، سرعت و مدت پر شدن دانه و در نهایت وزن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (برمنـر و راوسـون،

۱۹۷۸). مقدار انتقال مجدد و مقدار مشارکت را در دو رقم گندم و در وضعیت نرمال و تنش دمایی شدید بررسی کردند و بیان داشتند که مقدار مشارکت از۲/۴ تا ۱۴۲ درصد متغیر بود، مشارکت گاهی بیشتر از ۱۰۰ درصد بود و نشان می‌دهد که مقدار کاهش وزن در طول دورهٔ گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر از مقدار وزن دانه در سنبله (عملکرد تک ساقه) بود (بلوم و همکاران، ۱۹۹۴). به طور معمول گیاهان در وضعیت مناسب ترجیح می‌دهند از فتوسنتز جاری برای پر کردن دانه استفاده کنند، ولی در وضعیت کاهش منابع فتوسنتزی از سازوکارهای جبرانی مانند انتقال مجدد استفاده می‌کنند و رابطهٔ نزدیکی بین مقدار انتقال مجدد مواد و کارآیی انتقال مجدد دیده شد بدین معنی که مقادیر زیاد و کم انتقال مجدد هماهنگ با کارآیی زیاد و کم انتقال مجدد بود (نوری و همکاران، ۱۳۹۳). به رغم این پلات و همکاران (۲۰۰۴) عنوان کردند که میزان انتقال مجدد در شرایط تنش خشکی کمتر از شرایط فاریاب بود، علت چنین واکنشی مشارکت مواد ذخیره‌ای ساقه در تنظیم اسمزی و جذب آن بیان شد. توان ذخیره‌سازی مواد نورساختی به عنوان یک عامل مهم تأثیرگذار روی انتقال مجدد بیان شده است (اهدائی و همکاران، ۲۰۰۶الف). یکی از عوامل مؤثر بر میزان انتقال مجدد، نسبت منبع به مخزن بوده و بالا و پایین بودن این نسبت به ترتیب باعث افزایش و کاهش انتقال مجدد مواد خواهد شد (بلوم، ۱۹۹۹).

۴-۳. علف های هرز

تنوع علف‌های هرز موجود در هر مزرعه متأثر از متغیرهـایی نظیـر روش‌هـای کشـت، الگـوی کشـت و تناوب، نوع خاک ، نظام زراعی و اقلیم می‌باشد (نساری، ۱۳۸۹). همانگونه که در جدول ۴-۱۴ مشـاهده می‌شود تعداد ۱۱ گونه علف هرز شامل ۸ گونه یک ساله و ۳ گونه چند ساله مشاهده و ثبت گردید.

جدول۴-۱۴ - فهرست علف‌های هرز موجود در آزمایش

خانواده **Family**	نام علمی **Scientific name**	نام انگلیسی **English name**	نام فارسی **Persian name**	
Amaranthaceae	*Amaranthus retroflexus* L.	Common amaranth	تاج خروس	**یکساله‌ها**
Chenopodiaceae	*Chenopodium album* L.	Fat-hen	سلمه	
Gramineae	*Echinocheloa crusgalli* L.	Cockspurgrass	سوروف	
Portulacaceae	*Portulaca oleracea* L.	Purslane	خرفه	
Solanaceae	*Solanum nigrum* L.	Black nightshade	تاج ریزی سیاه	
Fumariaceae	*Fumaria vailantii*	Pugsley	شاهتره	
Gramineae	*Avena fatua* L.	Wild Oat	یولاف وحشی	
Gramineae	*Alopecurus myosuroides*	Foxtail	دم روباهی کشیده	
Convolvulaceae	*Convolvulus arvensis* L.	Field Bindweed	پیچک	**چند ساله‌ها**
Compositae	*Acroptilon repens* L.	Hardhead Thistle	تلخه	
Leguminosae	*Sophora alopecuroides* L.	Bunge ex Boiss	تلخه بیان	

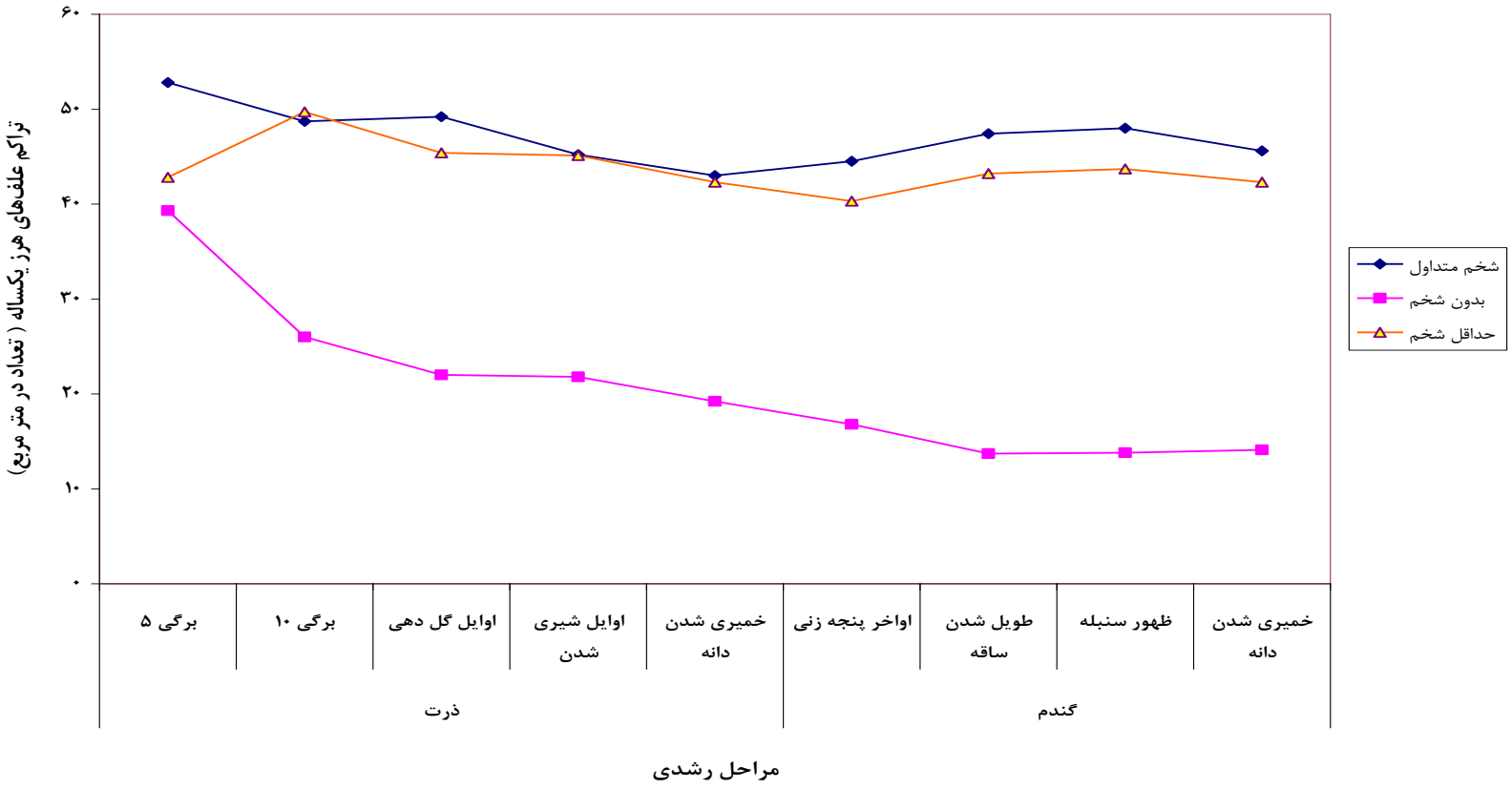
۴-۳-۱. تأثیر روش خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز

روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز اثرات معنی‌داری بر تراکم علف‌های هرز یکساله و چنـد سـاله شد (جدول ۴-۱۵ و ۴-۱۶). تیمار بدون شخم اختلاف معنی‌داری را در تراکم علف‌هـای هـرز نسـبت بـه تیمارهای شخم حداقل و شخم متداول در تمام مراحل نمونه برداری (بجز مرحله اول در چنـد سـاله هـا) داشت (جدول ۴-۱۹ و ۴-۲۰). نتایج نشان داد در تیمار بدون شخم به تدریج تراکم علف‌های هرز یکساله کاهش داشته اما تراکم علف‌های هرز چند ساله افزایش یافـت بـه‌طوریکـه در تیمـار بـدون شـخم تـراکم علف‌های هرز یکساله از ۳۹/۳ به ۱۴/۱ بوته در متر مربع کاهش و علف‌های هرز چند ساله از ۶/۷ به ۱۰/۲

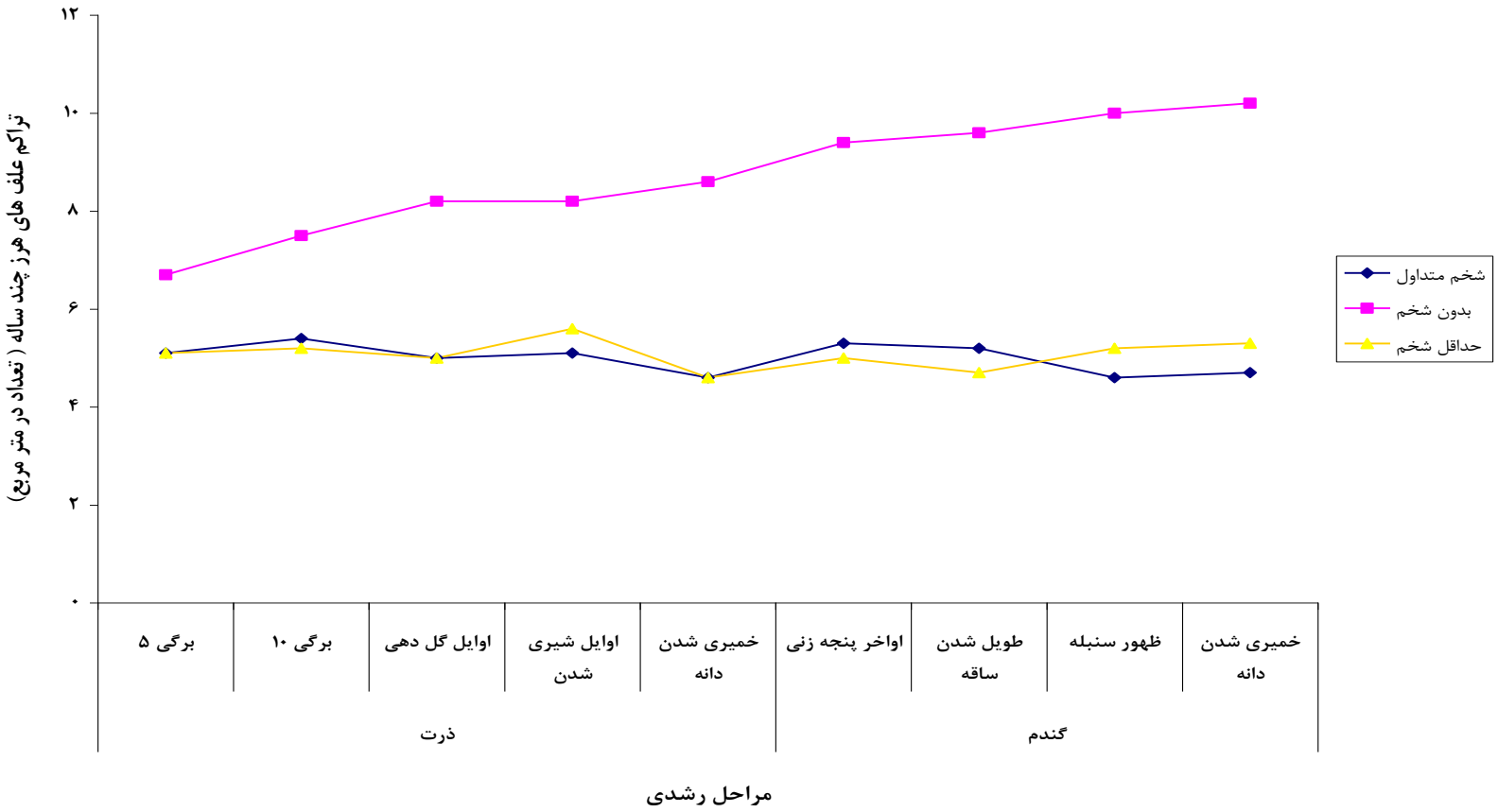
بوته در متر مربع افزایش یافت که این روند، ۶۴ درصد کاهش در علف‌های هرز یکساله و ۵۲ درصد افزایش در علف‌های هرز چند ساله نسبت به تراکم اولیه را بدنبال داشت (شکل۴-۲۵ و ۴-۲۶). تراکم علف‌های هرز یکساله در تیمار حداقل خاک‌ورزی نیز نسبت به تیمار شخم متداول به تدریج کاهش معنی‌داری را نشان داد و تا حدود ۹۰ درصد تیمار شخم متداول کاهش یافت. اما بین تیمارهای حداقل شخم و شخم متداول در تراکم علف‌های هرز چند ساله‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر تراکم علف‌های هرز یکساله (در کلیه مراحل نمونه برداری) و چند ساله (در بعضی از مراحل نمونه برداری) معنی دار شد (جدول۴-۱۵ و ۴-۱۶). اندازه‌گیری تراکم علف‌های هرز یکساله نشان داد در سال اول تیمار حداقل شخم و بدون بقایا و در سال دوم تیمار شخم متداول و بدون بقایا دارای بیش‌ترین میزان تراکم علف‌های هرز یکساله بودند (جدول۴-۲۳). اما بیش‌ترین تراکم علف‌های هرز چند ساله در تیمار بدون شخم و بدون بقایا در تمام مراحل نمونه‌برداری وجود داشت (جدول۴-۲۴). ثبات بستر خاک و عدم به هم زدن سطح آن در تیمار بدون شخم موجب شد تا بذور یکساله در عمق های سطحی سبز و کنترل شوند اما علف های هرز چند ساله از تراکم بیشتری برخوردار شدند در حالیکه در تیمار حداقل شخم و شخم متداول با زیر و رو کردن خاک بذور در معرض نور و دمای مطلوب قرار گرفته و بذور بیشتری از اعماق مختلف فرصت سبز شدن پیدا نمودند و هنگامیکه تیمار بدون شخم با عدم وجود بقایا همراه شد، افزایش تراکم چند ساله ها را بدنبال داشت. در تیمار عدم وجود بقایا، لایه حفاظتی خاک کمتر شده رطوبت خاک کاهش یافته و با تغییرات دمایی بیشتر، جوانه زنی تحریک شد. این نتایج با یافته‌های سایر محققین که اظهار داشتند در روش بدون خاک‌ورزی علف‌های هرز چند ساله و در شخم متداول علف‌های هرز یکساله غالب بودند، مطابقت دارد (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۸). شخم جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز یکساله را در بانک بذر خاک افزایش می‌دهد (کاردینا و همکاران، ۱۹۹۱ و گاجری و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین در این راستا گزارش شده است که در عملیات خاک‌ورزی با درجه کمتر

تخریب خاک، منجر به افزایش علف‌های هرز چند ساله می‌شود (کاسانز، ۱۹۷۶ و نساری، ۱۳۸۹). شخم حفاظتی منجر به افزایش تراکم علف‌های هرز چند ساله، گراس‌ها و علف‌های هرزی که با باد پراکنده می‌شوند شد (سوانتون و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج آزمایشات لیسون، توماس (۲۰۰۹) نیز تاکید بر این موضوع دارد که سیستم بدون شخم نسبت به سیستم شخم حداقل و شخم متداول، کمترین تراکم علف‌هرز را دارا بود. سایر یافته‌ها نشان دهنده محدودتر شدن پراکنش بانک بذر علف‌های‌هرز در خاک در سیستم بدون شخم می‌باشد بطوریکه در شخم برگردان ۷۱ درصد بانک بذر علف‌های‌هرز در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری وجود داشت اما در سیستم کم‌خاک‌ورزی ۴۶ درصد بانک بذر علف‌های‌هرز در عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری و در سیستم بدون شخم ۹۰ درصد بانک بذر علف‌های‌هرز در عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری وجود داشت (سوانتون و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین چاهان و گونسون (۲۰۰۰) ارتباط مثبت بین نور و درصد جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز را گزارش نمودند که در راستای نتایج این آزمایش بوده و به دلیل در معرض نور قرار گرفتن بذور علف‌هرز طی زیر و رو کردن خاک در سیستم شخم می‌باشد. برخی از محققین کاهش ۵۰ تا ۷۵ درصدی تراکم علف‌هرز توسط شخم در شب را اعلام نمودند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش در عملیات خاک‌ورزی جمعیت علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار می‌دهد و علف‌های هرز چند ساله و برگ پهن‌های بذر کوچک شایع‌تر ولی برگ پهن‌های بذر بزرگ کاهش یافت (نایس و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین آزمایشات نشان داده کاهش خاک‌ورزی روی خواب بذر، ترکیب گونه‌ای، پراکنش و سازگاری علف‌های هرز (کاردینا و همکاران، ۱۹۹۱) و حجم بذور علف هرز در نزدیکی سطح خاک اثر دارد (ینیش و همکاران، ۱۹۹۲). در مطالعه سه ساله بررسی جمعیت علف‌های هرز گندم تحت خاک‌ورزی کاهش‌یافته و رایج اعلام شد علف‌های هرز با کاهش شدت شخم در مقایسه با شخم برگرداندار افزایش یافت همچنین علف‌های هرز یکساله زمستانه و چند ساله با کاهش شخم، از تراکم بیشتری برخوردار شدند (نساری، ۱۳۸۹). در سیستم‌های شخم کاهش‌یافته علف‌های هرز چند ساله

افزایش می‌یابند زیرا جوانه‌های رویشی مثل ریزوم و استولون‌ها نسبت به سیستم‌های شخم رایج کمتر تخریب می‌شوند (ناکاموتو و همکاران، ۲۰۰۶). مطالعه اثرات شخم و تناوب و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز نشان داد که شخم اثر بیشتری روی تراکم و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز نسبت به تناوب زراعی دارد. هنگامیکه شدت شخم کاهش یافت تنوع گونه‌ای علف هرز افزایش یافت و هیچ اختلاف عملکردی بین سیستم‌های شخم وجود نداشت (نساری، ۱۳۸۹). اما نتایج آزمایشات دیگر نشان داد در شخم کاهش یافته بانک بذر نزدیک سطح خاک سریع افزایش می‌یابد (کونن، ۲۰۰۶). در روش کاهش خاک‌ورزی به علت افزایش بانک بذر در لایه سطحی خاک (تورسن و اسکاتراد،۲۰۰۲ و کونن، ۲۰۰۶) احتمالاً علف هرز افزایش می‌یابد و نیاز به نیروی کارگری، بیشتر می‌شود (نورسورسی، ۲۰۰۸). توسعه جمعیت علف‌های هرز تحت شرایط شخم رایج گزارش شده است (نساری، ۱۳۸۹).



شکل۴-۲۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز یکساله



شکل۴-۲۶- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم علف‌های هرز چندساله

جدول۴-۱۵- میانگین مربعات تراکم علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم علف‌های هرز یکساله								
		سال اول (ذرت)						سال دوم (گندم)		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
تکرار	۲	۱۴/۹ ns	۲۵/۶ *	۳۹ **	۲۰/۴۸ ns	۰/۰۳ ns	۲/۴۸ ns	۰/۴۸ ns	۰/۷۷ ns	۲/۹ ns
خاک‌ورزی	۲	۴۴۴ **	۱۶۲۷ **	۱۹۵۷ **	۱۶۲۵ **	۱۶۴۹ **	۱۹۹۹ **	۳۰۲۷ **	۳۱۱۲ **	۲۷۰۵ **
خطای اصلی	۴	۳/۱۴	۴/۳۱	۹/۴	۶/۴	۶/۷	۱/۰۳	۳/۷۵	۵/۳	۵/۷۵
میزان بقایا	۲	۴۵۱/۳ **	۳۳۰/۷ **	۶۵۸/۱**	۵۰۹ **	۸۸۷/۳ **	۸۱۴/۹ **	۱۷۰۶ **	۲۲۵۳ **	۲۳۹۲ **
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۲۱۳/۶ **	۹۲/۲ **	۳۱۰/۳**	۲۳۰/۹ **	۳۳۴/۳ **	۲۵۲/۸ **	۳۳۶/۱ **	۶۷۴/۷ **	۸۱۱/۸**
خطای فرعی	۱۲	۴/۵	۵/۶۸	۳/۵۱	۹/۷	۳/۰۳	۶/۷۴	۴/۸۸	۵/۵۱	۴/۴۲
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۷	۵/۷	۴/۸	۸/۳	۵	۷/۶	۶/۳	۶/۶	۶/۱

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار

جدول۴-۱۶- میانگین مربعات تراکم علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییر	درجه آزادی	تراکم علف های هرز چند ساله								
		سال اول (ذرت)						سال دوم (گندم)		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
تکرار	۲	۰/۳۳۳ ns	۰/۲۵۹ ns	۱/۸۱ ns	۰/۷۷۷ ns	۰/۱۱۱ns	۰/۷۰۳ ns	۰/۷۷۷ ns	۰/۲۵۹ ns	۰/۳۳۳ ns
خاک‌ورزی	۲	۸/۳۳ **	۱۴/۹ **	۳۱/۱۴ **	۲۴/۷ **	۴۸ **	۵۵/۱۴ **	۶۵/۷ **	۷۷/۳۷ **	۸۰/۷۷ **
خطای اصلی	۴	۳/۶۶	۰/۵۳	۰/۴۸۱	۱/۳۸	۰/۲۷	۱/۲	۰/۵۵۵	۰/۵۹	۲/۷۷
میزان بقایا	۲	۰/۴۴ ns	۱۰/۸۱*	۹/۱۴ **	۱۶ **	۲۸/۷ **	۳۶/۹ **	۵۳/۴۴ **	۵۷/۴ **	۶۵/۳ **
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۰/۱۱۱ ns	۴/۵۹ ns	۰/۸۱۴ ns	۵/۲۷ ns	۱۸/۹ **	۴/۵۹ **	۲۸/۰۵ **	۴/۹۸ *	۲۰/۱ **
خطای فرعی	۱۲	۰/۵۵	۱/۷۷	۰/۷۰۳	۲/۰۱	۱/۱۱	۰/۸۱۴	۱/۰۱	۱/۴۸	۱/۵۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۱	۲۱	۱۳/۸	۲۲	۱۷/۵	۱۳/۶	۱۵	۱۸	۱۸

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار

۴-۳-۲. تأثیر روش خاک‌ورزی بر زیست توده وزن خشک علف‌های هرز

اثر روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بر زیست تـوده وزن خشـک علف‌هـای هـرز یکسـاله و چندسـاله در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول۴-۱۷ و ۴-۱۸). اما بین تیمارهای شخم متداول و حداقل شخم تفاوت معنی‌داری در وزن خشک علف‌های هرز یکساله و چند ساله (بجز یک مرحلـه نمونـه برداری) مشاهده نشد (جدول۴-۲۱ و ۴- ۲۲). وزن خشک علف‌های هرز یکساله در طـی زمـان در تیمـار بدون شخم به نسبت تیمارهای شخم متداول و حداقل شخم کمتر افزایش داشته به‌طوریکـه در سـال اول وزن خشک علف‌های هرز یکساله در تیمار بدون شخم حداکثر ۱/۵ برابر و در سال دوم حـداکثر ۲۴ برابـر شد اما این میزان در تیمار شخم متداول در سال اول ۲/۴ برابر و در در سال دوم ۵۸ برابر شـد (شـکل۴-۲۷ و ۴-۲۸).

اثرات متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر زیست تـوده وزن خشـک علف‌هـای هـرز یکسـاله (در کلیـه مراحل نمونه برداری) و چندساله (در کلیه مراحل نمونه برداری بجز مرحله اول) معنی‌دار شد (جـدول۴-۱۷ و ۴-۱۸). وزن خشک علف های هرز یکساله در سال اول در تیمار بدون شخم و بدون بقایا و در سـال دوم در تیمار شخم متداول و حداقل شخم با بدون بقایا دارای بیش‌تـرین میـزان بودنـد (جـدول ۴-۲۵). بیش‌ترین وزن خشک علف‌های هرز چند ساله نیز در تیمار بدون شخم و بدون بقایا و با بقایای ۳۰ درصد وجود داشت (جدول۴-۲۶).

علف‌های هرز یکساله در سال اول در تیمارهای شخم متداول و حداقل شخم با بدون بقایـا نسـبت بـه تیمار بدون شخم و بدون بقایا به دلیل به هـم خـوردن سـطح خـاک، از تـراکم بیشـتر امـا وزن کمتـری برخوردار شدند اما در تیمار بدون شخم به دلیل تداوم قبلی رشد علف‌های هرز، دارای وزن بیشتری بودند و در سال دوم با افزایش تراکم یکساله ها مجموع وزن آنها نیز در تیمار شخم متداول و تیمار حداقل شخم با بدون بقایا افزایش یافت. وزن خشک علف‌های هرز چند ساله نیز با توجه به تـراکم آنهـا، ثبـات بسـتر و

تداوم رشد آنها در تیمار بدون شخم و بدون بقایا در کلیه مراحل نمونه‌برداری بیشتر بود. وزن خشک علف‌های هرز چند ساله در تیمار بدون شخم در کلیه مراحل نمونه‌برداری به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار شخم متداول و حداقل شخم بود این میزان از حداقل ۱/۶ تا ۶/۳ برابر در هر مرحله متغیر بود. بین تیمارهای شخم حداقل و شخم متداول تفاوت معنی‌داری در وزن خشک علف‌های هرز چند ساله مشاهده نشد (جدول۴-۲۲).

نتایج حاصله با یافته‌های اویچا و همکاران (۲۰۱۰) که در بررسی علف‌های هرز در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی اظهار داشتند در کشت بدون شخم میزان ماده خشک علف‌های هرز بیشتر از تیمار شخم متداول بود، مطابقت دارد. خرمدل و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی سه سطح مدیریت زراعی بدون شخم، حداقل شخم و شخم متداول بر علف‌های هرز ذرت، گزارش نمودند بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ماده خشک علف‌هرز به ترتیب در سیستم‌های بدون شخم و شخم متداول بدست آمد. در این خصوص آزمایشات منصوری و همکاران (۱۳۸۰) نشان داد وزن خشک و تعداد علف‌هرز در روش زراعی بدون شخم نسبت به شخم متداول به ترتیب ۶۱ و ۷۷ درصد کاهش دارد. در اوایل فصل رشد زیست توده علف‌های هرز در شخم حفاظتی برغم داشتن تراکم کمتر از شخم رایج، بیشتر بود که احتمالا زیست توده کمتر در شخم رایج نسبت به حفاظتی به دلیل اعمال شخم پیش از کاشت و اثر آنها بر کنترل علف‌ها بود اما در آخر فصل زیست توده علف‌های هرز در شخم رایج بیشتر از حفاظتی بود (نساری، ۱۳۸۹) .

همچنین نورسورسی (۲۰۰۸) گزارش کرد در روش عدم خاک‌ورزی و عدم مصرف علف کش بیوماس علف‌های هرز چند ساله نسبت به روش شخم رایج افزایش یافت به‌طوری که ۶۹ و ۹۹ درصد از بیوماس کل علف‌های هرز به ترتیب در روش شخم رایج و روش بدون شخم مشاهده شد. انجام شخم در تاریکی موجب کاهش ۹۷/۵ درصدی در علف‌های هرز نسبت به شخم در روز شد (هارتمن و نزادال، ۱۹۹۰). خاک‌ورزی تاثیر انتخابی بر علف‌های هرز دارد و قابلیت انتخاب بسته به فصل و نوع خاک‌ورزی متغییر

است (راشد محصل، ۱۳۸۵). سیستم شخم حفاظتی سبز شدن بعضی علف‌های هرز را کاهش می‌دهد و سرانجام باعث کاهش تداخل و زیست توده علف‌های هرز می‌شود (گرابر و کلاپین، ۲۰۰۹). گزارش شده که روش‌های شخم حفاظتی و متداول بر تراکم علف‌های هرز تأثیری نداشت اما در روش شخم متداول بیوماس کل علف‌های هرز نسبت به روش شخم حفاظتی کمتر بود (لایبمن و همکاران، ۱۹۹۶).

جدول۴-۱۷- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

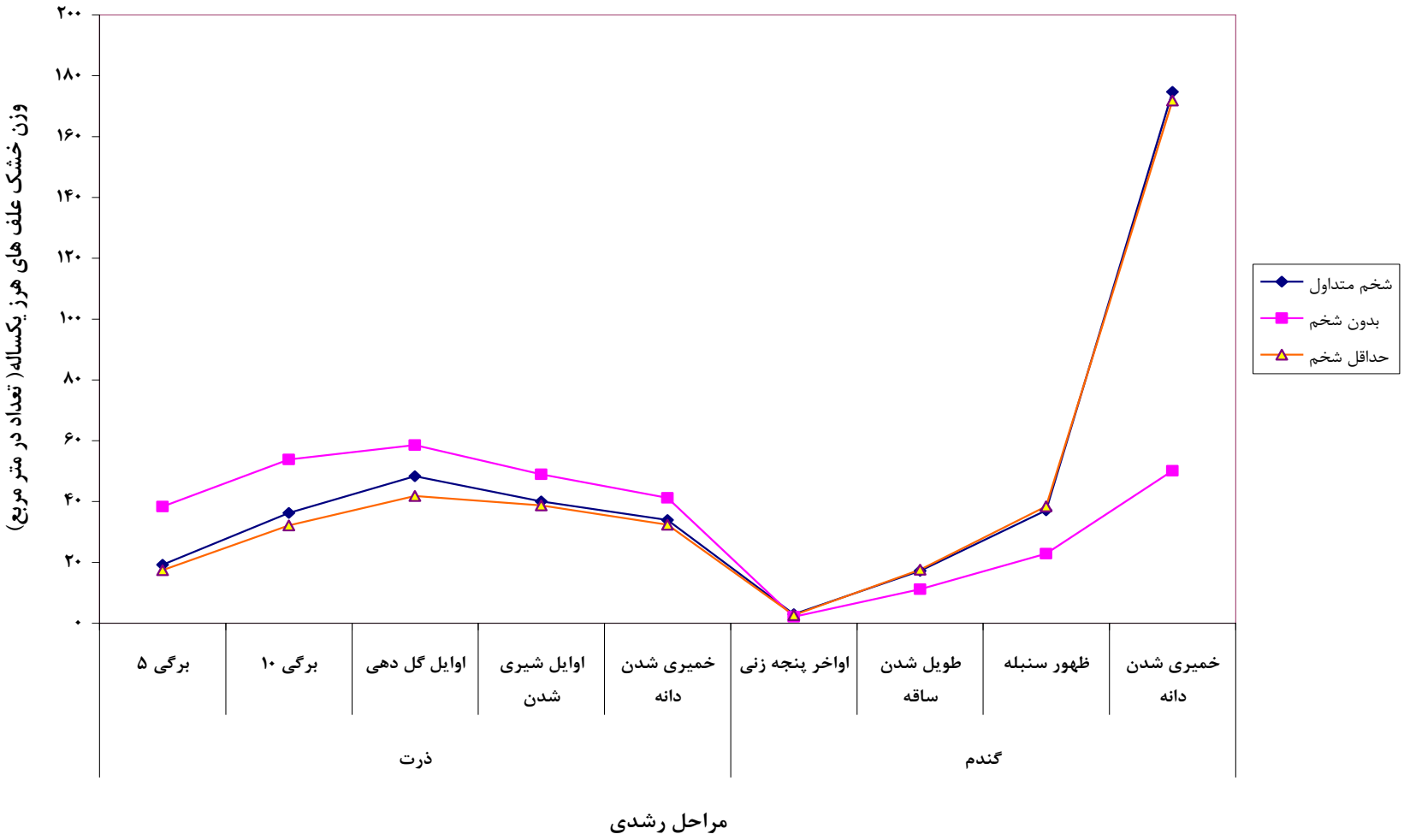
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک علف‌های هرز یکساله								
		سال اول (ذرت)						سال دوم (گندم)		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
تکرار	۲	۵/۲۹ ns	۲۳/۲ ns	۷/۹ ns	۴/۶۱ ns	۰/۷۲۷ ns	۰/۰۰۸ ns	۱/۸ ns	۴/۱۳ ns	۱۳۲/۳ ns
خاک‌ورزی	۲	۱۲۰۸ **	۱۱۸۷ **	۶۳۵/۲ **	۲۷۶/۴ **	۱۹۷ **	۱/۷۷ **	۱۱۷/۹ **	۶۶۶/۴ **	۴۵۵۳۲ **
خطای اصلی	۴	۲/۱۴	۱۳/۶	۲۳/۸	۲۱/۴	۳/۵۱	۰/۱۰۷	۰/۴۶	۵/۰۵	۳۸/۳
میزان بقایا	۲	۲۸۰/۹ **	۳۱۵ **	۴۶۵/۴ **	۳۳۴/۷ **	۵۲۳/۷ **	۴/۸ **	۱۳۳/۳ **	۴۴۹/۵ **	۷۸۹۹ **
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۳۸/۲۵ **	۷۳/۹ **	۱۵۰/۸ **	۹۶/۹ **	۳۱۳/۲ **	۱/۵۲ **	۲۹/۹ **	۵۹/۶ **	۱۰۴۵ **
خطای فرعی	۱۲	۴/۹۶	۷/۱۴	۵/۹۲	۶/۰۲	۷/۶۸	۰/۰۴	۱/۶	۳/۹۳	۷۴/۴
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹	۶/۵	۴/۹	۵/۷	۷/۷	۸/۱۹	۸/۲	۶	۶/۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار

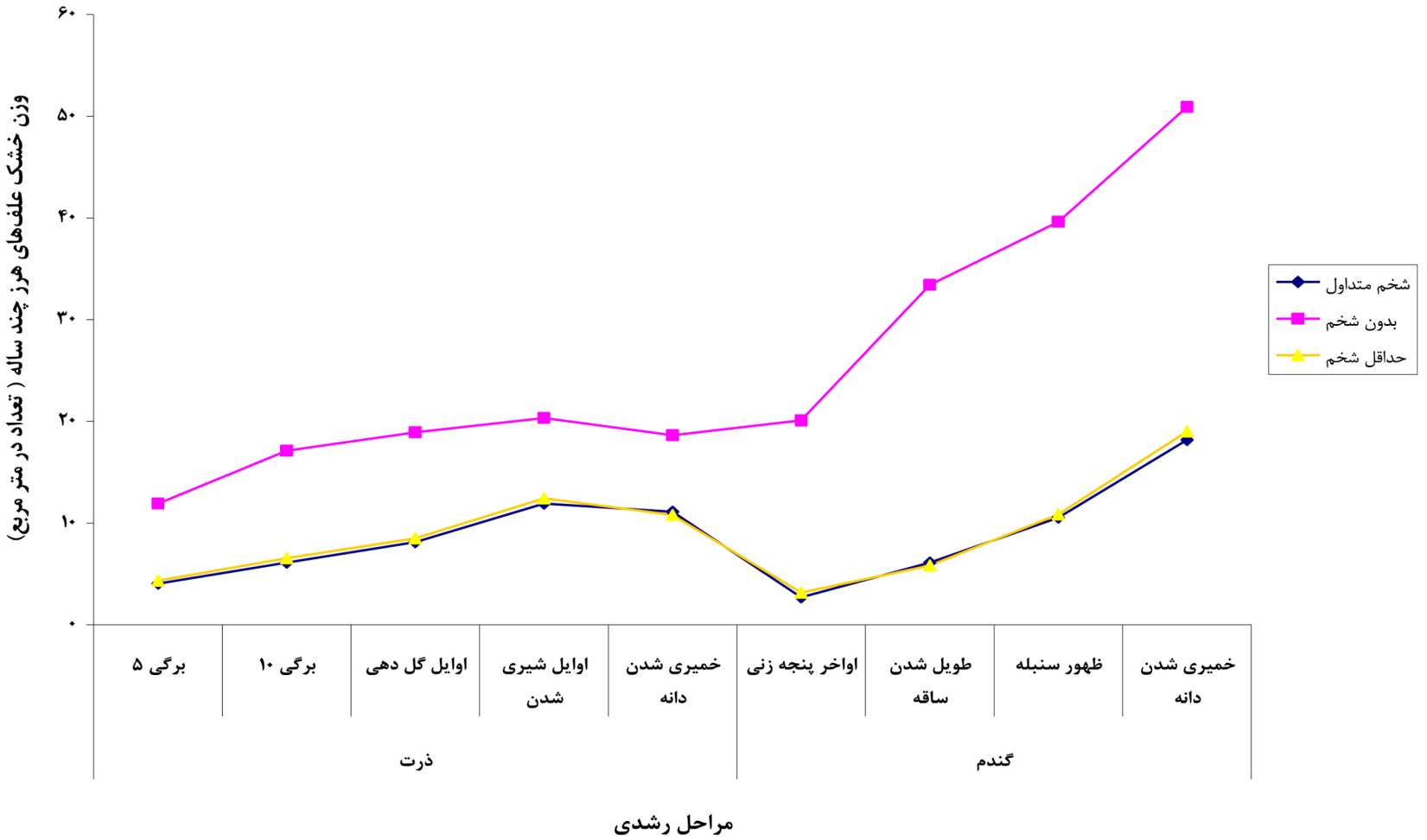
جدول۴-۱۸- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک علف‌های هرز چند ساله								
		سال اول (ذرت)						سال دوم (گندم)		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
تکرار	۲	۰/۴۶ ns	۰/۴۵۳ ns	۱/۴۹ **	۰/۵۹۵ ns	۰/۹۷ ns	۱/۷۶ **	۰/۳۸۳ ns	۲/۰۴ ns	۳/۲ ns
خاک‌ورزی	۲	۱۷۹/۶ **	۳۴۹/۶ **	۳۳۸/۱ **	۲۰۲/۱ **	۱۷۶/۶ **	۸۸۲/۸ **	۲۲۶۴ **	۲۵۱۱ **	۳۱۳۴ **
خطای اصلی	۴	۰/۲۸۲	۰/۳۷۲	۰/۱۶	۱/۲۱	۱/۶۸	۱/۲۲	۰/۶۲۷	۰/۹۲۸	۰۶/۲
میزان بقایا	۲	۱/۴۹ ns	۱۰۱/۵۸ **	۵۹/۸ **	۷۰/۰۶ **	۳۸/۰۳ **	۱۱/۰۵ **	۱۰۴/۰۹ **	۱۰۷/۶ **	۴۳۶/۴ **
خاک‌ورزی* میزان بقایا	۴	۰/۵۶ ns	۲۷/۰۸ **	۱۷/۰۷ **	۱۰/۱ **	۶/۶ **	۲/۵ **	۲۶/۳ **	۲۵/۲ **	۲۷۱/۶ **
خطای فرعی	۱۲	۰/۵۴۱	۰/۳۷	۰/۱۵۸	۰/۲۱۲	۰/۷۲۶	۰/۱۴۶	۱/۵۳	۳/۵۸	۱۳/۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰	۶/۱	۳/۳	۳	۶/۳	۴/۴	۸	۹/۳	۱۲/۴

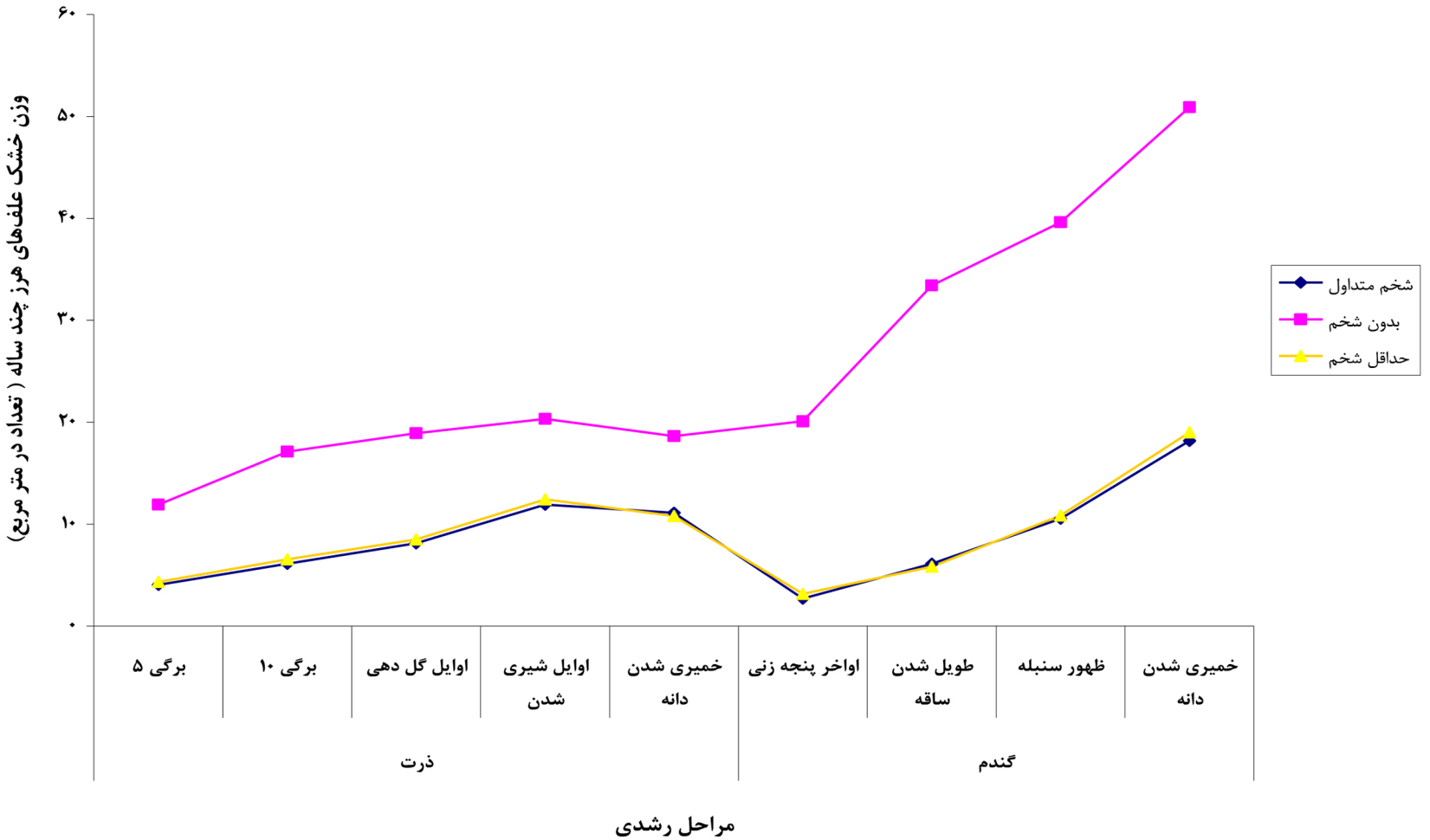
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار



شکل ۴-۲۷- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله



شکل ۴-۲۸- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله

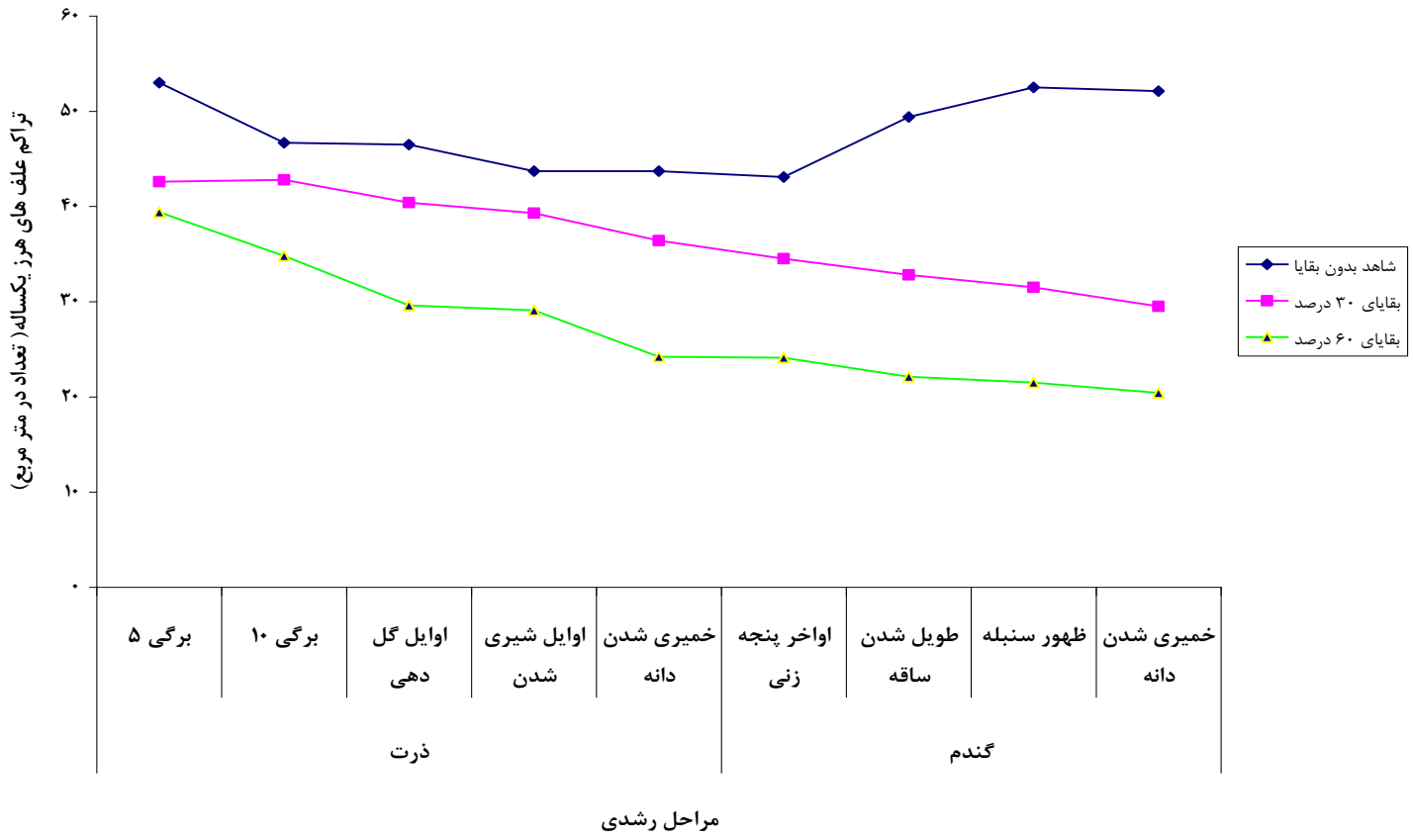


شکل ۴-۲۸- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله

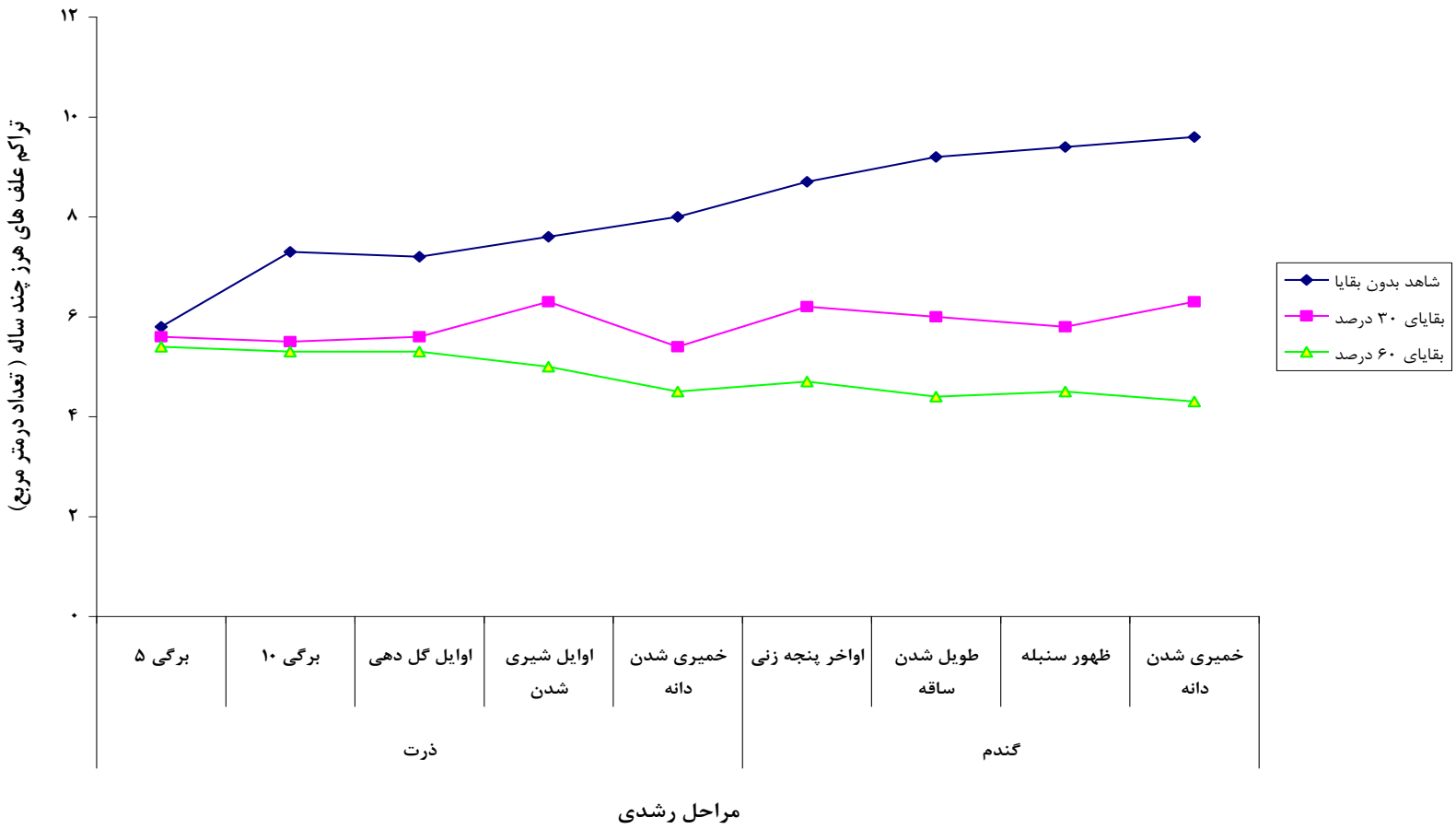
۴-۳-۳. تاثیر مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز

تیمارهای مختلف میزان بقایا باعث بروز اثرات معنی‌داری در تراکم علف‌های هرز یکساله و چند ساله گردید (جدول ۴- ۱۵ و ۴-۱۶). با افزایش میزان بقایا در کلیه مراحل نمونه برداری از تراکم علف‌های هرز یکساله کاسته شد. کم‌ترین تراکم علف‌های هرز یکساله در تیمار با بقایای ۶۰، ۳۰ و ۰ درصد به ترتیب ۲۰/۴، ۲۹/۵ و ۴۳/۱ بوته در متر مربع بود (جدول۴- ۱۹). تراکم علف‌های هرز یکساله به تدریج در تیمارهای با بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد کاهش یافت به‌طوریکه در تیمار بقایای ۳۰ درصد از ۴۲/۶ به ۲۹/۵ بوته در متر مربع در سال دوم و در تیمار بقایای ۶۰ درصد از ۳۹/۴ به ۲۰/۴ بوته در متر مربع در سال دوم کاهش یافت (شکل۴-۲۹). با افزایش میزان بقایا از تراکم علف‌های هرز چند ساله نیز کاسته شد هرچند بین تیمارهای بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد در سال اول در تراکم علف‌های هرز چند ساله تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما بین این تیمارها با تیمار بدون بقایا در کلیه مراحل نمونه برداری (بجز مرحله اول نمونه برداری) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در سال دوم بین تیمارهای مختلف بقایا در کلیه مراحل نمونه برداری اختلاف معنی‌داری در تراکم علف‌های هرز چند ساله وجود داشت (جدول۴- ۲۰) و با افزایش میزان بقایا تراکم علف‌های هرز چند ساله کاهش یافت به‌طوریکه کم‌ترین تراکم در تیمار بقایای ۶۰ درصد با ۴/۳ بوته در متر مربع بدست آمد که نسبت به دو تیمار دیگر، بقایای ۳۰ درصد (۶/۳ بوته در مترمربع) و تیمار بدون بقایا (۹/۶ بوته در متر مربع) به ترتیب ۳۱ و ۵۵ درصد کاهش نشان داد (شکل۴-۳۰). علف‌های هرز موجود در هر منطقه ناشی از ظهور گونه‌های جدید، رقابت درون و برون گونه‌ای و همچنین متأثر از انجام عملیات زراعی می‌باشد (رنی و ترسی، ۲۰۰۷). در سیستم بدون شخم با حفظ بقایا در سطح، تغییرات درجه حرارت خاک نسبت به سیستم شخم متداول و بدون شخم با حذف بقایا، کمتر است که در کاهش درصد سبز علف‌های هرز موثر می‌باشد (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۰ب). در این خصوص محققین اعلام داشتند درکشاورزی حفاظتی با کاهش شخم، حفظ سطوح کافی از بقایای محصول روی

سطح خاک، موجب کنترل علف‌های هرز شد و باعث پایداری در تولید گردید (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج حاصل از این تحقیق با گزارشات اصغرپور و همکاران (۱۳۸۹) که در بررسی‌های خود اظهار داشتند بقایای گیاهی بانک بذر خاک را کاهش و از تراکم بذور علف‌های هرز کاسته شد مطابقت دارد.



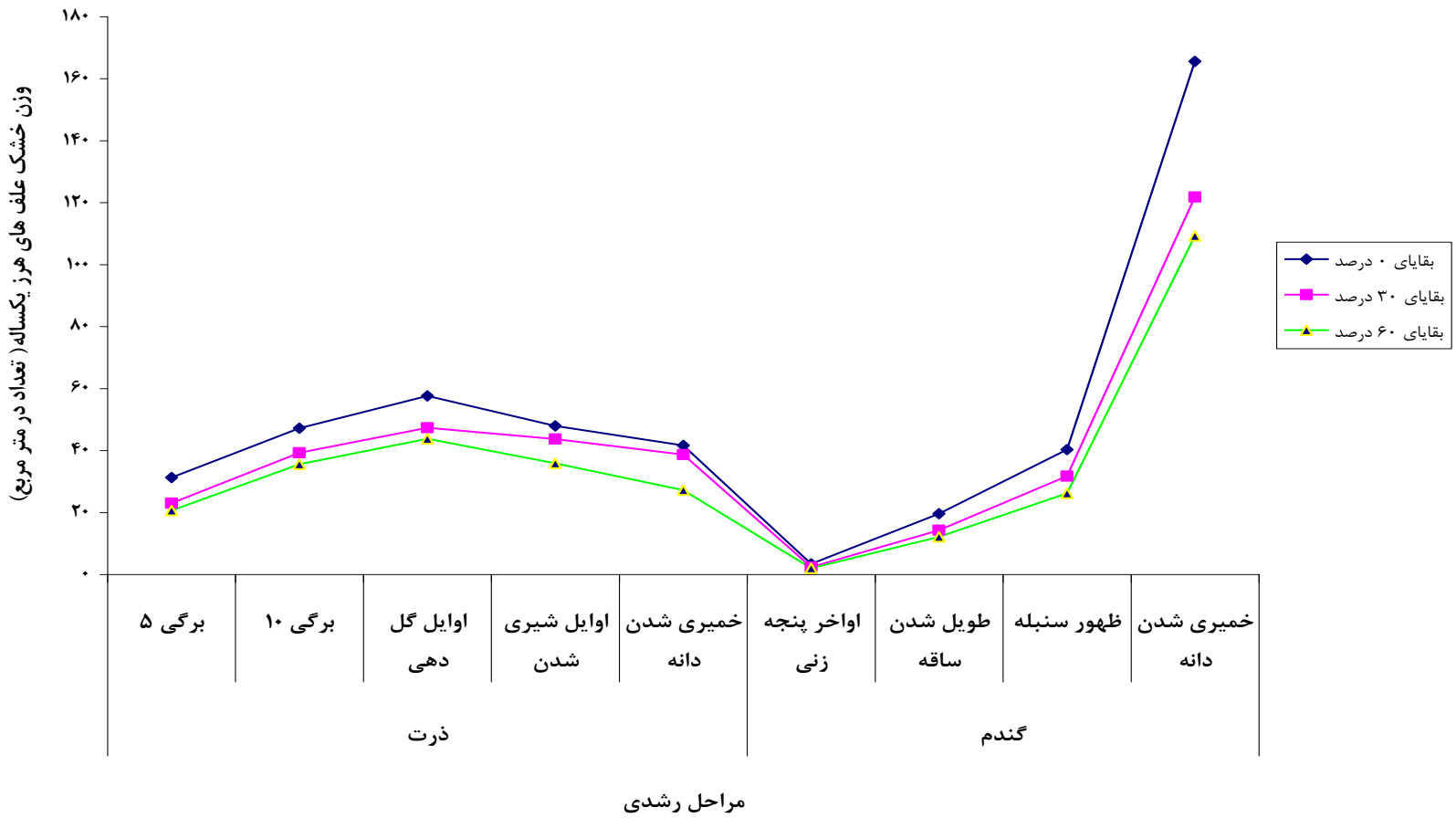
شکل ۴-۲۹ – اثر میزان بقایا بر تراکم علف‌های هرز یکساله



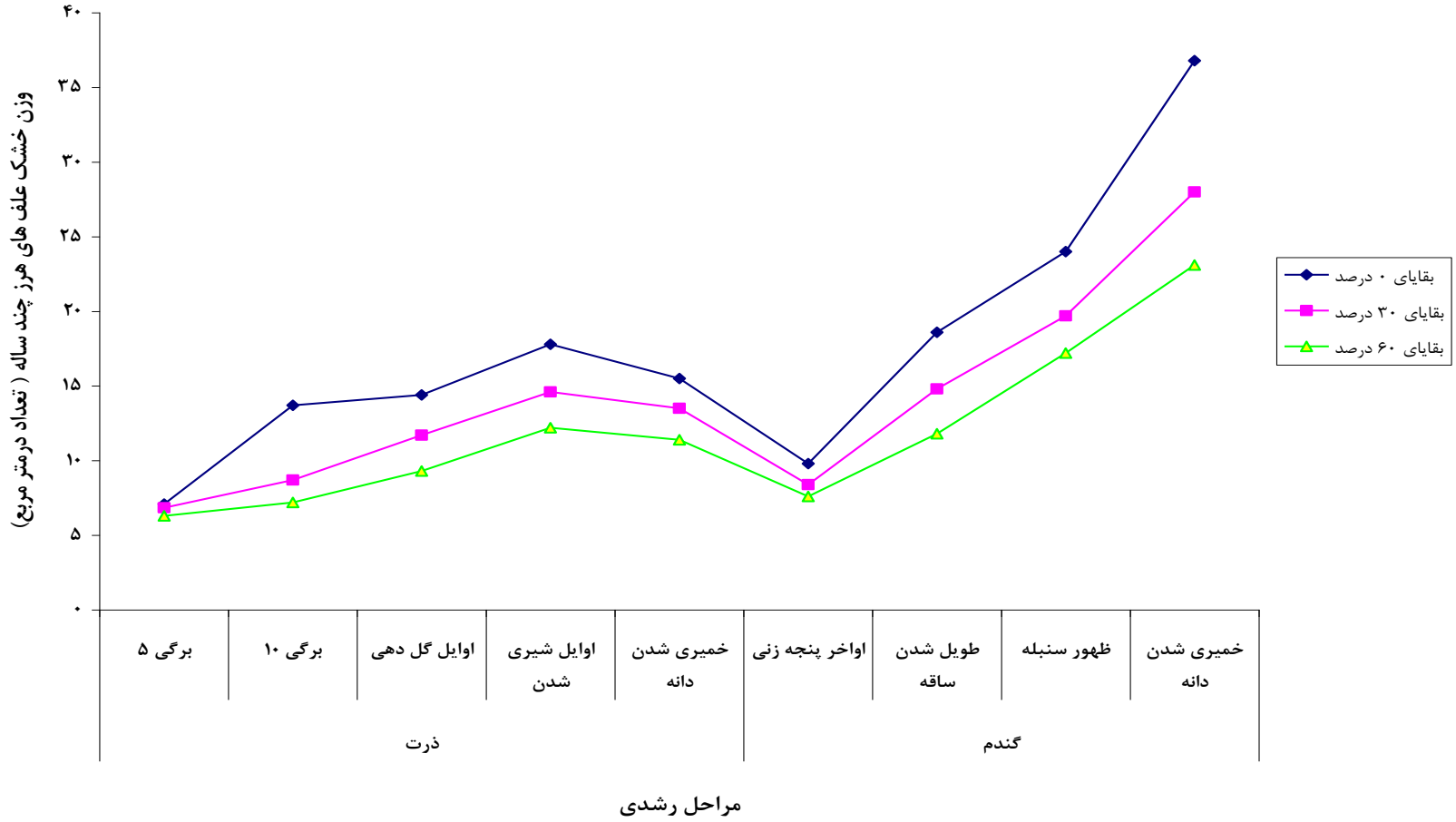
شکل ۴-۳۰ – اثر میزان بقایا بر تراکم علف‌های هرز چند ساله

۴-۳-۴. تاثیر مدیریت بقایا بر زیست توده وزن خشک علف‌های هرز

مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر مقادیر مختلف بقایا بر زیست توده وزن خشک علف‌های هرز یکساله و چند ساله معنی‌دار بود (جدول۴- ۱۷ و ۴-۱۸). با افزایش میزان بقایا وزن خشک علف‌های هرز یکساله و چند ساله در کلیه مراحل نمونه‌برداری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول۴-۲۱ و ۴-۲۲). در کمترین میزان وزن خشک یکساله‌ها در تیمار ۶۰ درصد بقایا به ۷۰ درصد تیمار ۳۰ درصد بقایا و ۵۷ درصد تیمار بدون بقایا رسید (شکل۴-۳۱). کمترین وزن خشک چند ساله‌ها در سال اول تا ۸۰ درصد و ۵۲ درصد تیمارهای ۳۰ درصد بقایا و بدون بقایا و در سال دوم نیز تا ۸۰ درصد تیمار ۳۰ درصد بقایا و تا ۶۰ درصد تیمار بدون بقایا کاهش یافت (شکل۴-۳۲). محققین اظهار داشتند خصوصیات آلیلوپاتی بقایای غلات موجب ممانعت از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز می‌گردد و عملیات زراعی مانند حفظ بقایا و سیستم بدون شخم که میکروارگانیسم‌ها و فعالیت میکروبی خاک را حفظ می‌کند می‌تواند منجر به سرکوب علف‌های هرز توسط عوامل بیولوژیکی شود (هابز و همکاران، ۲۰۰۸). در مناطق گرمسیر بقایای سطحی درجه حرارت اوج خاک را کاهش داده و رشد و نمو را بهبود می‌بخشد و فعالیت بیولوژیکی را مطلوب می‌کند. در مناطق معتدل درجه حرارت کم‌تر خاک در سیستم حفاظتی نسبت به شخم متداول می‌تواند رشد اولیه را کندتر نماید (ورهالست و همکاران، ۲۰۱۰الف). این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران که بیان داشتند حفظ بقایا موجب کنترل و کاهش علف‌های هرز می‌گردد منطبق می باشد (مارسیا و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل۴-۳۱- اثر میزان بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله



شکل۴-۳۲- اثر میزان بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله

جدول ۴-۱۹- مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

تیمار های آزمایش	تراکم علف‌های هرز یکساله (تعداد در متر مربع)								
	سال اول مراحل رشدی ذرت					سال دوم مراحل رشدی گندم			
	۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
شخم متداول	۵۲/۸ a	۴۸/۷ a	۴۹/۲ a	۴۵/۲ a	۴۳ a	۴۴/۵ a	۴۷/۴ a	۴۸ a	۴۵/۶ a
بدون شخم	۳۹/۳ c	۲۶ b	۲۲ b	۲۱/۸ b	۱۹/۲ b	۱۶/۸ c	۱۳/۷ c	۱۳/۸c	۱۴/۱ c
حداقل شخم	۴۲/۸ b	۴۹/۷ a	۴۵/۴ a	۴۵/۱ a	۴۲/۳ a	۴۰/۳ b	۴۳/۲ b	۴۳/۷ b	۴۲/۳ b
بقایای صفر درصد	۵۳ a	۴۶/۷ a	۴۶/۵ a	۴۳/۷ a	۴۳/۸ a	۴۳/۱ a	۴۹/۴ a	۵۲/۵ a	۵۲/۱ a
بقایای ۳۰ درصد	۴۲/۶ b	۴۲/۸ b	۴۰/۴ b	۳۹/۳ b	۳۶/۴ b	۳۴/۵ b	۳۲/۸ b	۳۱/۵ b	۲۹/۵ b
بقایای ۶۰ درصد	۳۹/۴ c	۳۴/۸ c	۲۹/۶ c	۲۹/۱ c	۲۴/۲ c	۲۴/۱ c	۲۲/۱ c	۲۱/۵ c	۲۰/۴ c

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۴-۲۰ – مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

تیمار های آزمایش	تراکم علف‌های هرز چند ساله (تعداد در متر مربع)								
	سال اول مراحل رشدی ذرت						سال دوم مراحل رشدی گندم		
	۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
شخم متداول	۵/۱ a	۵/۴ b	۵ b	۵/۱ b	۴/۶ b	۵/۳ b	۵/۲ b	۴/۶ b	۴/۷ b
بدون شخم	۶/۷ a	۷/۵ a	۸/۲ a	۸/۲ a	۸/۶ a	۹/۴ a	۹/۶ a	۱۰ a	۱۰/۲ a
حداقل شخم	۵/۱ a	۵/۲ b	۵ b	۵/۶ b	۴/۶ b	۵ b	۴/۷ b	۵/۲ b	۵/۳ b
بقایای صفر درصد	۵/۸ a	۷/۳ a	۷/۲ a	۷/۶ a	۸ a	۸/۷ a	۹/۲ a	۹/۴ a	۹/۶ a
بقایای ۳۰ درصد	۵/۶ a	۵/۵ b	۵/۶ b	۶/۳ ab	۵/۴ b	۶/۲ b	۶ b	۵/۸ b	۶/۳ b
بقایای ۶۰ درصد	۵/۴ a	۵/۳ b	۵/۳ b	۵ b	۴/۵ b	۴/۷ c	۴/۴ c	۴/۵ c	۴/۳ c

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز یکساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

تیمارهای آزمایش	وزن خشک علف های هرز یکساله (گرم در متر مربع)								
	سال اول مراحل رشدی ذرت					سال دوم مراحل رشدی گندم			
	۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
شخم متداول	۱۹/۲ b	۳۶/۲ b	۴۸/۳ b	۴۰ b	۳۳/۹ b	۲/۹۷ a	۱۷/۲ a	۳۷/۰۷ a	۱۷۴/۷ a
بدون شخم	۳۸/۳ a	۵۳/۸ a	۵۸/۵ a	۴۸/۹ a	۴۱/۲ a	۲/۱ b	۱۱/۱۶ b	۲۲/۸۷ b	۵۰/۱ b
حداقل شخم	۱۷/۴ b	۳۲/۱ b	۴۱/۸ c	۳۸/۷ b	۳۲/۴ b	۲/۶۵ a	۱۷/۶ a	۳۸/۴ a	۱۷۱/۸ a
بقایای صفر درصد	۳۱/۳ a	۴۷/۲ a	۵۷/۶ a	۴۷/۹ a	۴۱/۶ a	۳/۳۸ a	۱۹/۶ a	۴۰/۳ a	۱۶۵/۶ a
بقایای ۳۰ درصد	۲۳ b	۳۹/۳ b	۴۷/۳ b	۴۳/۷ b	۳۸/۷ b	۲/۳۷ b	۱۴/۳ b	۳۱/۷ b	۱۲۱/۸ b
بقایای ۶۰ درصد	۲۰/۶ c	۳۵/۶ c	۴۳/۸ c	۳۵/۹ c	۲۷/۲ c	۱/۹۶ c	۱۲/۱ c	۲۶/۲ c	۱۰۹/۲ c

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۴-۲۲ - میانگین وزن خشک علف‌های هرز چند ساله در عملیات خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

تیمارهای آزمایش	وزن خشک علف های هرز چند ساله (گرم در متر مربع)								
	سال اول مراحل رشدی ذرت						سال دوم مراحل رشدی گندم		
	۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
شخم متداول	۴/۰۲ b	۶/۱۱ b	۸/۱۱ b	۱۱/۹ b	۱۱/۱ b	۲/۶۸ b	۶/۱ b	۱۰/۵۳ b	۱۸/۱۷ b
بدون شخم	۱۱/۹ a	۱۷/۱ a	۱۸/۹ a	۲۰/۳ a	۱۸/۶ a	۲۰/۰۶ a	۳۳/۴ a	۳۹/۶ a	۵۰/۹ a
حداقل شخم	۴/۳۳ b	۶/۵۳ b	۸/۴۸ b	۱۲/۴ b	۱۰/۷۷ b	۳/۱۴ b	۵/۸ b	۱۰/۸۴ b	۱۸/۹۸ b
بقایای صفر درصد	۷/۱ a	۱۳/۷ a	۱۴/۴ a	۱۷/۸ a	۱۵/۵ a	۹/۸ a	۱۸/۶ a	۲۴ a	۳۶/۸ a
بقایای ۳۰ درصد	۶/۸۴ ab	۸/۷ b	۱۱/۷ b	۱۴/۶ b	۱۳/۵ b	۸/۴ b	۱۴/۸ b	۱۹/۷ b	۲۸ b
بقایای ۶۰ درصد	۶/۳۱ b	۷/۲ c	۹/۳ c	۱۲/۲ c	۱۱/۴ c	۷/۶ c	۱۱/۸ c	۱۷/۲ c	۲۳/۱ c

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول(۴-۲۳)- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز یکساله

تیمارهای آزمایشی		تراکم علف‌های هرز یکساله (تعداد در متر مربع)								
		سال اول مراحل رشدی ذرت						سال دوم مراحل رشدی گندم		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۵۶/۶ b	۴۹ b	۵۳ b	۴۸/۳ bc	۵۲/۳ b	۶۰ a	۶۸/۳ a	۷۶ a	۶۴ b
	بقایای ۳۰ درصد	۵۵ b	۴۸/۶ b	۴۷/۳ c	۴۴ c	۵۴ b	۳۷ c	۳۶/۶ c	۳۴/۶ d	۴۸/۶ c
	بقایای ۶۰ درصد	۴۷ c	۴۸/۳ b	۴۷ c	۴۳/۳ c	۲۲/۶ e	۳۶/۶ c	۳۷/۳ c	۳۳/۳ d	۲۴/۳ d
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۴۰/۶ d	۳۵/۳ c	۲۶/۶ d	۲۷/۳ d	۲۰/۶ ef	۱۹/۶ d	۲۵/۶ d	۱۴/۳ ef	۱۴/۶ e
	بقایای ۳۰ درصد	۳۹ d	۲۵ d	۲۰ e	۱۹/۶ ef	۱۸/۶ f	۱۷/۳ de	۸ e	۱۴ ef	۱۴ ef
	بقایای ۶۰ درصد	۳۸/۳ d	۱۷/۶ e	۱۹/۳ e	۱۸/۶ f	۱۸/۳ f	۱۳/۶ e	۷/۶ e	۱۳/۳ f	۱۳/۶ e
حداقل خاک‌ورزی	بقایای صفر درصد	۶۱ a	۵۵/۶ a	۵۹/۶ a	۵۵/۶ a	۵۸/۶ a	۴۹/۶ b	۵۴/۳ b	۳/۶۷ b	۷۷/۶ a
	بقایای ۳۰ درصد	۳۴ e	۵۵ a	۵۴ b	۵۴/۳ ab	۳۶/۶c	۴۹/۳ b	۵۴ b	۴۶ c	۲۶ d
	بقایای ۶۰ درصد	۳۳ e	۳۸/۶ c	۲۲/۶ e	۲۵/۳ de	۳۱/۶ d	۲۲ d	۲۱/۳ d	۱۸ e	۲۳/۳ d

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول۴-۲۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر تراکم علف‌های هرز چند ساله

تیمارهای آزمایشی		تراکم علف‌های هرز چند ساله (تعداد در متر مربع)				
		سال اول مرحله رشدی ذرت		سال دوم مراحل رشدی گندم		
		۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۵ bc	۷ b	۶ bc	۶/۶ bc	۷/۶ c
	بقایای ۳۰ درصد	۴/۶ bc	۶/۳ b	۵/۶ bcd	۳/۶ d	۳/۳ e
	بقایای ۶۰ درصد	۴/۳ c	۲/۶ c	۴ d	۳/۶ d	۳/۳ e
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۱۴ a	۱۲/۶ a	۱۶/۳ a	۱۴/۳ a	۱۵/۳ a
	بقایای ۳۰ درصد	۶/۶ b	۸ b	۷/۶ b	۸/۶ b	۱۰/۶ b
	بقایای ۶۰ درصد	۵/۳ bc	۷/۶ b	۵ cd	۷ bc	۴/۶ de
حداقل خاک ورزی	بقایای صفر درصد	**۵ bc**	**۶/۶ b**	**۵/۳ cd**	**۷/۳ bc**	**۶ cd**
	بقایای ۳۰ درصد	**۵ bc**	**۴/۳ c**	**۴/۶ cd**	**۵/۳ cd**	**۵ de**
	بقایای ۶۰ درصد	**۴ c**	**۴ c**	**۴/۳ cd**	**۳ d**	**۵ de**

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول ۴-۲۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز یکساله

تیمارهای آزمایشی		وزن خشک علف‌های هرز یکساله (گرم در متر مربع)								
		سال اول مراحل رشدی ذرت						سال دوم مراحل رشدی گندم		
		۱۸ روز پس از کاشت (۵ برگی)	۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۲۲ c	۴۱/۸ c	۶۵/۳ a	۴۳/۳ bc	۴۵ a	۴/۷ a	۲۲ b	۴۶/۹ a	۲۱۰ a
	بقایای ۳۰ درصد	۱۸/۶ cd	۳۲/۱ d	۴۰/۲ d	۳۹/۴ cd	۴۴/۷ a	۲/۲ cd	۱۶/۶ c	۳۶/۹ b	۱۶۹ b
	بقایای ۶۰ درصد	۱۷ de	۳۴/۸ d	۳۹/۵ d	۳۷/۵ d	۱۲ d	۲ d	۱۳ de	۲۷/۳ cd	۱۴۳ c
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۴۹ a	۵۶/۱ a	۶۲ a	۵۳/۸ a	۴۱/۹ ab	۲/۵ bc	۱۱/۶ e	۲۵/۳ de	۶۲ d
	بقایای ۳۰ درصد	۳۵ b	۵۵/۲ ab	۶۱/۳ a	۴۷/۲ b	۴۱/۳ ab	۲/۳ cd	۱۱/۱ e	۲۱/۹ ef	۴۵ e
	بقایای ۶۰ درصد	۳۱ b	۵۰ b	۵۲/۳ b	۴۵/۶ b	۴۰/۳ ab	۱/۴ e	۱۰/۶ e	۲۱/۳ f	۴۲/۷ e
حداقل خاک‌ورزی	بقایای صفر درصد	۲۲ c	۴۳/۶ c	۴۵/۶ c	۴۶/۶ b	۳۷/۹ b	۲/۹ b	۲۵/۱ a	۴۸/۶ a	۲۲۴ a
	بقایای ۳۰ درصد	۱۵/۴ de	۳۰/۸ d	۴۰/۳ d	۴۴/۴ b	۳۰/۱ c	۲/۶ bc	۱۵/۱ cd	۳۶/۳ b	۱۵۰ c
	بقایای ۶۰ درصد	۱۴ e	۲۲ e	۳۹/۶ d	۲۴/۶ e	۲۹/۲ c	۲/۴ cd	۱۲/۶ de	۳۰/۲ c	۱۴۱ c

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

جدول۴-۲۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر وزن خشک علف‌های هرز چند ساله

تیمارهای آزمایشی		وزن خشک علف‌های هرز چند ساله (گرم در متر مربع)						
		سال اول مراحل رشدی ذرت				سال دوم مراحل رشدی گندم		
		۴۵ روز پس از کاشت (۱۰ برگی)	۶۰ روز پس از کاشت (اوایل گل دهی)	۷۲ روز پس از کاشت (اوایل شیری شدن دانه)	۹۰ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)	۱۱۴ روز پس از کاشت (اواخر پنجه زنی)	۱۴۹ روز پس از کاشت (طویل شدن ساقه)	۱۸۱ روز پس از کاشت (ظهور سنبله)	۲۱۳ روز پس از کاشت (خمیری شدن دانه)
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۸/۵ d	۸/۶ e	۱۴ c	۱۲/۸ c	۵ c	۷/۳ d	۱۱/۴ d	۱۹ d
	بقایای ۳۰ درصد	۵/۲ e	۸/۲ e	۱۰/۸ d	۱۰/۴ d	۱/۶ e	۶/۱ de	۱۰/۳ de	۱۸ d
	بقایای ۶۰ درصد	۴/۵ ef	۷/۲ f	۱۰/۴ d	۱۰ d	۱/۴ e	۴/۸ ef	۹/۸ de	۱۷/۴ d
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۱۸/۳ a	۲۴ a	۲۴/۳ a	۲۰/۶ a	۲۰/۶ a	۳۶/۳ a	۴۳ a	۷۰/۷ a
	بقایای ۳۰ درصد	۱۷/۳ a	۱۹/۲ b	۱۸/۶ b	۲۰/۳ a	۲۰/۲ a	۳۵/۶ a	۴۰/۸ a	۴۶ b
	بقایای ۶۰ درصد	۱۵/۶ b	۱۳/۵ c	۱۸/۲ b	۸/۱۴ b	۱۹/۳ b	۲۸/۳ b	۳۵ b	۳۶ c
حداقل خاک‌ورزی	بقایای صفر درصد	۱۴/۲ c	۱۰/۵ d	۱۴/۸ c	۱۳/۱ c	۳/۷ d	۱۲/۲ c	۱۷ c	۲۰/۸ d
	بقایای ۳۰ درصد	۳/۷ f	۷/۸ ef	۱۴/۳ c	۹/۸ d	۳/۶ d	۲/۸ fg	۸/۱ de	۲۰ d
	بقایای ۶۰ درصد	۱/۶ g	۷/۱ f	۸/۲ e	۹/۴ d	۲ e	۲/۴ g	۶/۸ e	۱۶ d

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند

۴-۴. آنالیز های رشد

با تجزیه و تحلیل رشد می‌توان عکس العمل گیاه نسبت بـه شـرایط محیطـی کـه گیـاه در طـول دوره زندگی خود با آن مواجه بوده را مورد بررسی قرار داد. آنالیز رشد که از طریق اندازه‌گیری مـاده خشـک و سطح برگ در طی فصل رشد در فواصل زمانی معین بدست می‌آید روشی جهت مطالعه چگونگی انباشـت و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد. با این روش می‌توان نقاط ضعف و قوت گیاه در شرایط اکولوژیکی متفاوت را شناخت و نسبت به بهبود عملکرد آن اقدام نمـود. رشـد و شـاخص‌هـای آن تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر گونه گیاهی، تراکم و آرایش کشت، شرایط محیطی و شرایط رقابتی قـرار می‌گیرند (داگوویش و همکاران، ۱۹۹۹ و پستر و همکاران، ۲۰۰۰). بررسی شاخص‌های رشدی و شناخت مبانی مورفولوژیکی - فیزیولوژیکی اختلاف عملکرد دانه و تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانـه و ارتباط آن‌ها با یکدیگر در گندم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اسـت (هوشـمندی، ۱۳۹۴). تجزیـه و تحلیـل کمی رشد رویشی برای توجیه و تفسیر واکنش‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلـف در طـول دوره رویشی می‌باشد که از طریق آن می‌توان چگونگی انتقال و انباشـت مـواد سـاخته شـده فتوسـنتزی را در اندام‌های مختلف با اندازه‌گیری ماده خشـک تولیـد شـده بدسـت آورد (اقاعلیخـانی و صـفری، ۱۳۹۲) . شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مـؤثر بـر عملکـرد و اجـزای آن از اهمیـت زیادی برخوردار است. فیزیولوژیست‌های گیاهی شاخص‌های رشد را به عنـوان ابزارهـای مفیـدی جهـت تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه به کار می‌برند (رادفورد، ۱۹۶۷). روش‌هایی که برای تعیـین اجـزای رشـد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌عنوان شاخص‌های رشد معرفی شـده‌انـد (موریسـون و همکـاران، ۱۹۹۲). تولید ماده خشک در گیاهان را می‌توان با دو شاخص سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی مورد بررسی قرار داد (کریمی و سیددیک، ۱۹۹۱). تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به‌منظور تفسـیر چگـونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی حائز اهمیت زیادی اسـت (لباسـچی و شـریفی، ۱۳۸۳).

به‌منظور تجزیه و تحلیل روابط خاص و انجام آنالیز رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک الزامی است (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۰). مهم‌ترین شاخص‌هایی که در مطالعه فیزیولوژی رشد گیاهان کاربرد فراوان دارند، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص می‌باشند (هوشمندی و همکاران، ۱۳۹۴).

۴-۴-۱. شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ عبارت از نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است. این شاخص یکی از پارامترهای اصلی در رشد گیاه می‌باشد. با اندازه‌گیری شاخص سطح برگ می‌توان فتوسنتز گیاه را تخمین زد.

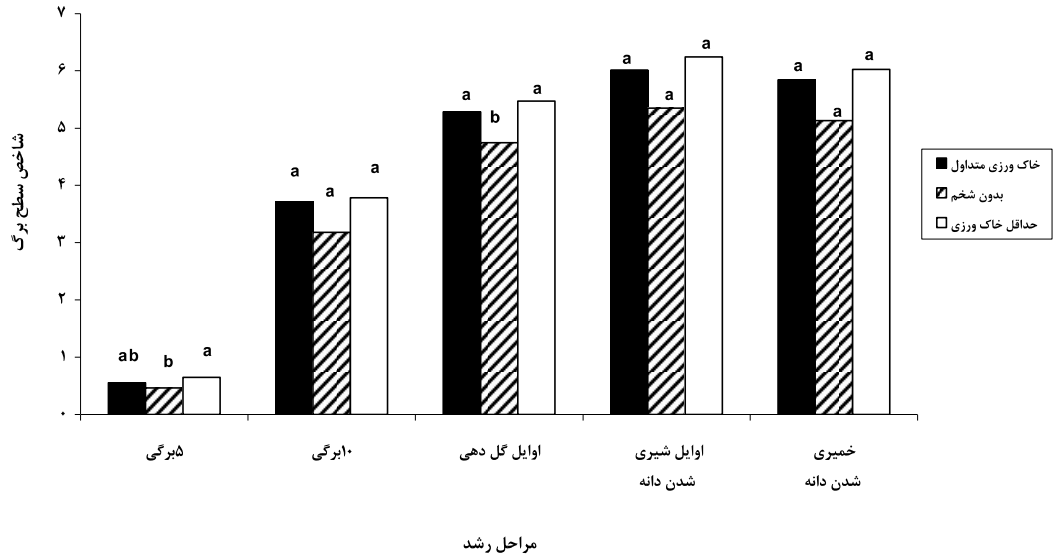
۴-۴-۱-۱. شاخص سطح برگ ذرت

روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت نشان داد که روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث بروز تفاوت معنی‌داری در شاخص سطح برگ در مراحل ۵ برگی (۱۸ روز پس از کاشت) و اوایل گل‌دهی (۶۰ روز پس از کاشت) شدند (جدول۴-۲۷). حداکثر شاخص سطح برگ ذرت در مرحله اوایل شیری شدن دانه بدست آمد که این میزان در تیمار حداقل شخم ۶/۲۴ و در تیمار شخم متداول ۶/۰۱ و در تیمار بدون شخم ۵/۳۵ بود. در تمام مراحل نمونه‌برداری روش حداقل شخم از میزان شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به دو روش دیگر برخوردار بود هر چند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی دارای تفاوت معنی‌داری در مراحل ۱۰ برگی و اوایل شیری شدن دانه و همچنین در مرحله خمیری شدن دانه نبودند (شکل۴-۳۳). تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرات معنی‌داری در شاخص سطح برگ در مراحل ۵ برگی، ۱۰ برگی، اوایل گل دهی و اوایل شیری شدن دانه گردید. بیش‌ترین شاخص سطح برگ ذرت در تمام تیمارهای میزان بقایا در مرحله اوایل شیری شدن دانه مشاهده شد که این میزان در تیمارهای بقایای ۶۰ درصد، ۳۰ درصد و بدون بقایا به ترتیب ۶/۲۵ ، ۶/۰۴ و ۵/۳۱ بود (شکل۴-۳۴). در مرحله خمیری شدن

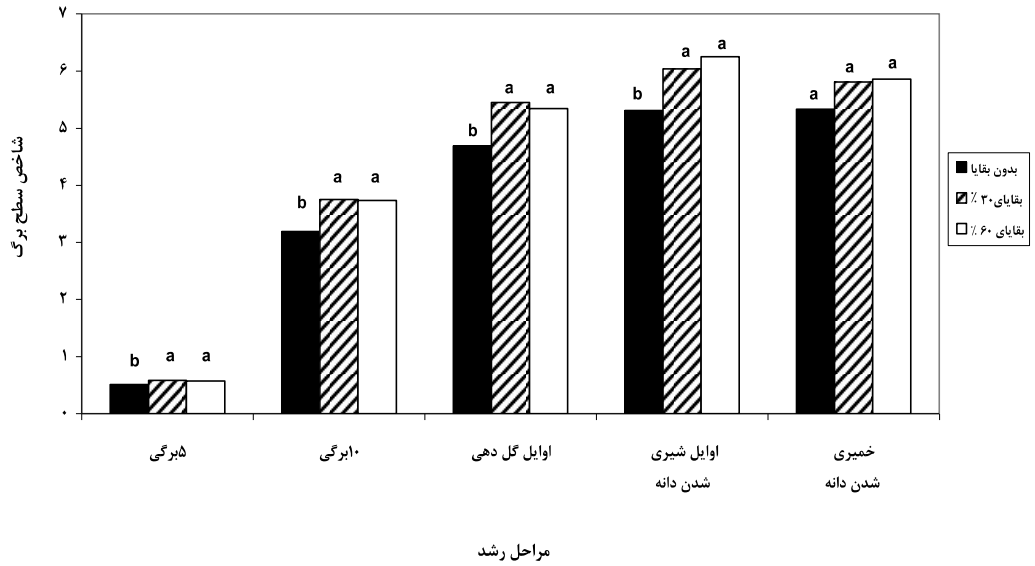
دانه تفاوت معنی‌داری بین میزان بقایای مختلف در شاخص سطح برگ ذرت مشاهده نگردید. همچنین میزان بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد در تمام مراحل نمونه برداری اختلاف معنی داری را در شاخص سطح برگ ذرت نشان ندادند (شکل۴-۳۴). اثر متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر شاخص سطح برگ ذرت در مراحل ۱۰ برگی، اوایل گل دهی و خمیری شدن دانه در برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد. اما اثر متقابل روش‌های خاک‌ورزی و میزان بقایا در مراحل ۵ برگی و اوایل شیری شدن دانه ذرت معنی‌دار نبود (جدول۴-۲۷). بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار شخم متداول با ۶۰ درصد بقایا به میزان ۶/۵۴ در مرحله خمیری شدن دانه بود (جدول ۴-۲۸). با توجه به نمودارهای شاخص سطح برگ ملاحظه می‌شود که در اوایل دوره رشد سطح برگ گیاه با سرعت آهسته افزایش یافته و سپس سریعتر رشد می‌کند و پس از آن تا رسیدن به یک حداکثر با سرعتی تقریبا ثابت رشد آن افزایش می‌یابد. سپس سطح برگ به علت توقف تولید برگ‌های جدید، پیری و زردی برگ‌ها کاهش می‌یابد. وجود رطوبت بیشتر ناشی از حفظ بقایا روی سطح خاک و کاهش خاک‌ورزی و امکان نفوذپذیری بیشتر و کاهش روانآب و همچنین به دلیل کاهش تبخیر موجب شد که وضعیت آب گیاه در شرایط مناسبی قرار گرفته و بر هدایت روزنه‌ای به طور مثبت اثر گذارد و افزایش فتوسنتز و توسعه مطلوب‌تر سایه‌انداز جامعه گیاهی را به دنبال داشته باشد. جذب نور با تلفات کمتری انجام گیرد و بر رشد و توسعه برگ‌ها موثر بود. این نتایج با گزارش ورهالست و همکاران(۲۰۱۱) که بیان داشتند در مقایسه دراز مدت روش‌های شخم متداول و بدون شخم با مدیریت بقایا در تناوب ذرت-گندم، گندم در روش بدون شخم با حفظ بقایا از سرعت رشد و عملکرد بیشتری برخوردار بود، مطابقت دارد. آنها همچنین خاک‌ورزی، تناوب و مدیریت بقایا را بر رشد و نمو موثر دانستند.

جدول۴-۲۷- میانگین مربعات برای شاخص سطح برگ در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در مراحل رشدی ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	مراحل رشدی				
		۵ برگی	۱۰ برگی	اوایل گل دهی	اوایل شیری شدن دانه	خمیری شدن دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۳۸۹ ns	۰/۱۰۱ ns	۰/۱۷۳ ns
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۷۷ **	۰/۹۵۸ *	۱/۲۹ **	۱/۸۸ **	۱/۹۸ *
خطای اصلی	۴	۰/۰۰۵	۰/۵۴۲	۰/۰۹۹	۰/۶۷	۰/۸۵۹
میزان بقایا	۲	۰/۰۱۳ *	۰/۹۱۹ ns	۱/۵۲۸ **	۲/۲۲ **	۰/۷۸۲ ns
خاک‌ورزی * میزان بقایا	۴	۰/۰۰۲ ns	۱/۳۷ **	۱/۶۵ **	۰/۵۰۶ ns	۱/۷ *
خطای فرعی	۱۲	۰۰۲۵/۰	۰/۲۴	۰/۱۵۶	۰/۱۸۸	۰/۳۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹	۱۳/۷	۷/۶	۷/۴	۱۰/۶



شکل ۴-۳۳– اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص سطح برگ ذرت



شکل۴-۳۴– اثر میزان بقایا بر شاخص سطح برگ ذرت

در این راستا شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد. نتایج برخی تحقیقات در این ارتباط نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ معیار مناسبی برای برآورد میزان تغییرات عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۰). شاخص سطح برگ مطلوب از مهمترین عوامل مؤثر در میزان عملکرد دانه است. دستیابی به شاخص سطح برگ مطلوب در زمان کوتاه‌تر موجب حداکثر عملکرد دانه است. توسعه کند سطح برگ موجب جذب کمتر تابش شده که نهایتاً کاهش سرعت رشد را به دنبال خواهد داشت (توماس و همکاران، ۲۰۰۳). محققین همبستگی بالایی بین میزان سطح برگ با پتانسیل فتوسنتزی گیاه را بیان و اعلام نمودند میزان ماده‌ی خشک کل نتیجه‌ی کارآیی جامعه‌ی گیاهی در استفاده از تابش نور خورشید درطی فصل رویشی است و جامعه‌ی گیاهی به‌منظور حداکثر جذب نوری نیاز به سطح برگ کافی با پوشش یکنواخت و کامل دارد (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهشگران ایرنا و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی و تحقیقات به عمل آمده روی ذرت بیشترین بهره‌گیری از منابع نوری را در شاخ سطح برگ برابر سه تا پنج بیان نمودند و این امر به دلیل زوایای متفاوت برگ و احتمال پیچیدگی و سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر و همچنین امکان بهره برداری بیشتر از انعکاس نور و نورهای غیر مستقیم موجود در محیط رویش می‌باشد.

جدول ۴-۲۸ – مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ ذرت در مراحل رشدی

تیمارهای آزمایشی		مراحل رشدی		
		۱۰ برگی	اوایل گل دهی	خمیری شدن دانه
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۹۶/۲ cd	۴/۹۶ bc	۵/۵ ab
	بقایای ۳۰ درصد	۴/۱ ab	۴/۹۶ bc	۵/۴۸ ab
	بقایای ۶۰ درصد	۴ ab	۵/۹۱ a	۶/۵۴ a
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۳/۲ bcd	۴/۲۸ cd	۴/۰۹ b
	بقایای ۳۰ درصد	۳/۷ abc	۵/۸۵ a	۵/۹۲ ab
	بقایای ۶۰ درصد	۲/۵۷ d	۴/۰۸ d	۵/۳۹ ab
حداقل خاک‌ورزی	بقایای صفر درصد	۳/۳۴ bcd	۴/۸۳ bc	۶/۳۹ a
	بقایای ۳۰ درصد	۳/۴۳ bcd	۵/۵۴ ab	۶/۰۴ a
	بقایای ۶۰ درصد	۴/۶ a	۶/۰۴ a	۵/۶۴ ab

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند .

۴-۴-۱-۲. شاخص سطح برگ گندم

روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ در مراحل ابتدای طویل شدن ساقه (۱۱۴ روز پس از کاشت)، طویل شدن ساقه (۱۴۹ روز پس از کاشت)، ظهور سنبله (۱۸۱ روز پس از کاشت)و پر شدن دانه (۲۱۱ روز پس از کاشت) داشت (جدول۴-۲۹). حداکثر شاخص سطح برگ در روش بدون شخم در مرحله ظهور سنبله ۴/۳۹ بدست آمد (شکل۴-۳۵). تیمارهای مختلف میزان بقایا نیز باعث بروز اثرات معنی‌داری بر شاخص سطح برگ در مراحل ابتدای طویل شدن ساقه، طویل شدن ساقه، ظهور سنبله و پر شدن دانه گردید (جدول۴-۲۹). اما روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان مختلف بقایا

موجب بروز تفاوت معنی‌داری در مراحل دو تا سه برگی و ابتدای پنجه‌زنی نشدند . بیش‌ترین شاخص سطح برگ در مرحله ظهور سنبله و در میزان بقایای ۶۰ درصد با ۴/۲۸ اندازه‌گیری شد (شکل۴-۳۶).

اثر متقابل خاک‌ورزی و میزان بقایا بر شاخص سطح برگ در مراحل ابتدای طویل شدن ساقه، طویل شدن ساقه، ظهور سنبله و پر شدن دانه در برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد ولی در مراحل ۲ تا ۳ برگی و ابتدای پنجه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول۴-۲۹). بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار حداقل شخم و بقایای ۶۰ درصد در مرحله ظهور سنبله به میزان ۴/۶۵ بود (جدول ۴-۳۰). میانگین شاخص سطح برگ در مرحله ۲ تا ۳ برگی ۰/۱۶۶ و در مرحله ابتدای پنجه‌زنی ۰/۳۸۳ بود. افزایش نفوذپذیری، شرایط مطلوب رطوبتی در خاک، موجب بهبود وضعیت پتانسیل آب گیاه شد. افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فتوسنتز، رشد و توسعه برگها و توسعه بیشتر و سریع‌تر سایه‌انداز جامعه گیاهی، افزایش توانایی گیاه برای جذب نور و کاهش تلفات نور را به دنبال داشت. این نتایج با گزارش ورهالست و همکاران (۲۰۱۱) که بیان داشتند در مقایسه دراز مدت روش شخم متداول و روش بدون شخم با مدیریت بقایا در تناوب ذرت-گندم، گندم در بدون شخم با حفظ بقایا از سرعت رشد و عملکرد بیشتری برخوردار بود، مطابقت دارد. آنها همچنین خاک‌ورزی، تناوب و مدیریت بقایا را بر رشد و نمو موثر دانستند. کمبود آب منجر به کاهش شاخص سطح برگ شده و شاخص سطح برگ کاهش یافته مطابق با جذب کمتر نور می‌باشد (اوکونل و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج آزمایش بررسی سه روش خاک‌ورزی شامل بدون خاک‌ورزی، حداقل خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول بر شاخص سطح برگ گندم اعلام شد صفت شاخص سطح برگ چندان تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی قرار نگرفت هرچند در برخی موارد جزئی، برتری روش کاهش خاک‌ورزی مشهود بود (چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴). محدوده شاخص سطح سبز برای گندم ۲/۳ تا ۳/۶ بوده است (گریگوری و استام، ۱۹۹۶). سلیمانی و همکاران(۱۳۹۰) گزارش کردند شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین کننده رشد می‌باشد که برای دستیابی به عملکرد بالا لازم است هر

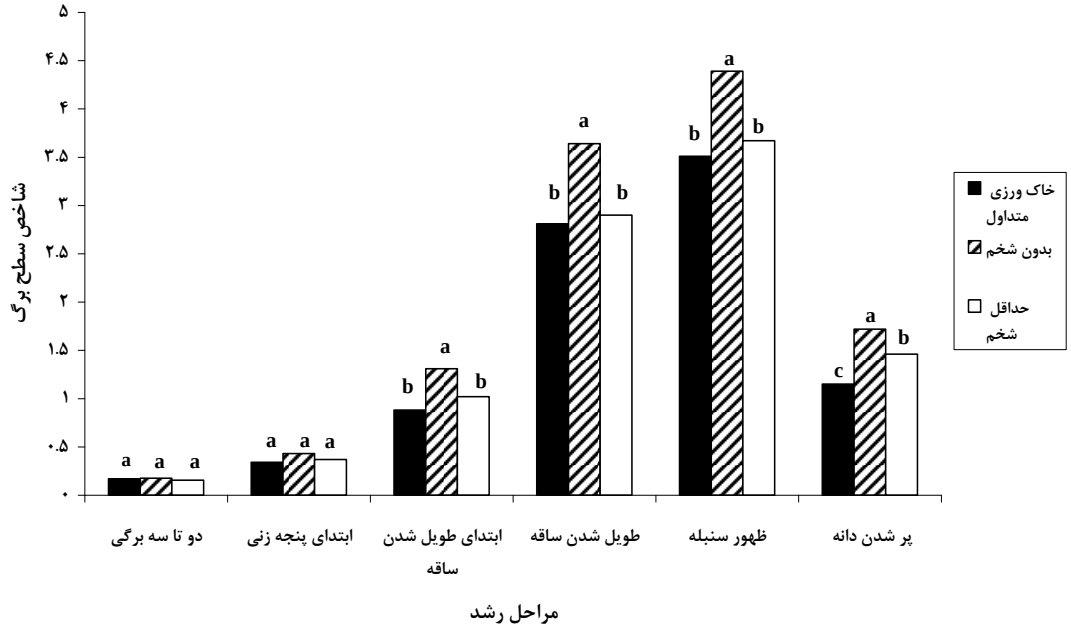
گیاهی قبل از زمان گل‌دهی، از سطح برگ قابل توجهی برخوردار می‌باشد و هم چنین با افزایش سن گیاه شاخص سطح برگ تا یک حد خاص افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد و کاهش شاخص سطح برگ پس از گل‌دهی را ناشی از پیری برگ های پایینی ذکر کردند. هوشمندی و همکاران(۱۳۹۴) اظهار داشتند که در بین مراحل رشد بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی ملاحظه می‌شود و این شاخص، معیار مناسبی برای برآورد میزان تغییرات عملکرد گیاهان می‌باشد . آنها اعلام نمودند صفات عملکرد بیولوژیک، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ به عنوان مؤثرترین صفات بر روی عملکرد دانه بود. نواب پور و همکاران(۱۳۹۰) اختلاف معنی‌داری را بین ارقام مختلف گندم نان از نظر شاخص‌های رشد گزارش کردند و نشان دادند که شاخص سطح برگ حداکثر در مرحله گلدهی از جمله عوامل موثر در عملکرد دانه بود. پتکو و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که شاخص سطح برگ ارتباط مثبت و معنی‌داری با اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در مترمربع دارد. سارواد و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود دارد. سطح برگ در بردارنده تراکم و زمان جوانه‌زنی گیاه بوده و علاوه بر آن همبستگی مثبتی بین سطح برگ و میزان رشد گیاه وجود دارد (تانجی و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین محققین طریق الاسلامی و همکاران (۱۳۹۱) بیان داشتند همبستگی مثبت معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک وجود دارد. آزمایشات اکسیو و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد با گذشت زمان و طی سال‌های مختلف شاخص سطح برگ در گندم افزایش پیدا کرده و این می‌تواند یکی از دلایل حصول عملکرد بالا در ارقام جدیدتر باشد. آنها هم بین شاخص سطح برگ بالا در مرحله گلدهی و عملکرد دانه در گندم همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش نمودند. بنابراین داشتن شاخص سطح برگ حداکثر در این مرحله و همچنین مداومت بر حفظ آن می‌تواند از دلایل عملکرد بیشتر باشد. تحقیقات صابرالی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم دهی به حداکثر می‌رسد و پس از آن به دلیل ریزش

برگ‌ها، روند نزولی پیدا می‌کند. گزارش شده که معمولاً شاخص سطح برگ سه تا پنج برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب است (گاردنر و همکاران، ۱۹۹۰).

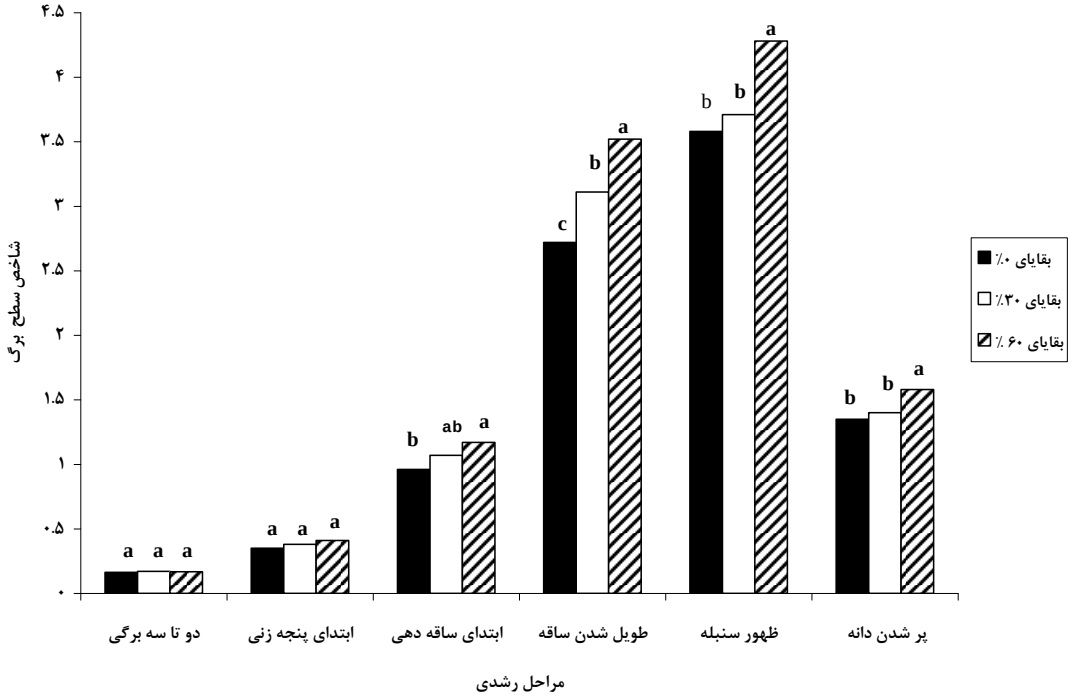
جدول ۴-۲۹- میانگین مربعات تجزیه واریانس برای شاخص سطح برگ گندم در عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایا در مراحل رشدی

منابع تغییر	درجه آزادی	مراحل رشدی			
		ابتدای طویل شدن ساقه	طویل شدن ساقه	ظهور سنبله	پر شدن دانه
تکرار	۲	۰/۰۲۴ ns	۰/۰۸۲ ns	۰/۱۱۲ ns	۰/۰۰۹ ns
خاک‌ورزی	۲	۰/۴۳۸ **	۱/۹۰۴ **	۱/۹۷۲ **	۰/۷۴۹ **
خطای اصلی	۴	۰/۰۲۱	۰/۱۱۳	۰/۰۸	۰/۰۱۸
میزان بقایا	۲	۰/۱۰۰ *	۱/۴۶۴ **	۱/۲۳ **	۰/۱۲۸ **
خاک‌ورزی * میزان بقایا	۴	۰/۱۱۷ **	۱/۲۴۶ **	۰/۳۴۹ **	۰/۲۲۵ **
خطای فرعی	۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۷۴	۰/۰۶۲	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۵	۸/۷	۶/۴	۹/۳

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * معنی‌دار درسطح ۵٪، ns غیر معنی‌دار



شکل ۴-۳۵- اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص سطح برگ گندم



شکل۴-۳۶- اثر میزان بقایا بر شاخص سطح برگ گندم

جدول ۴-۳۰ – مقایسه میانگین اثرات متقابل عملیات مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر شاخص سطح برگ گندم در مراحل رشدی

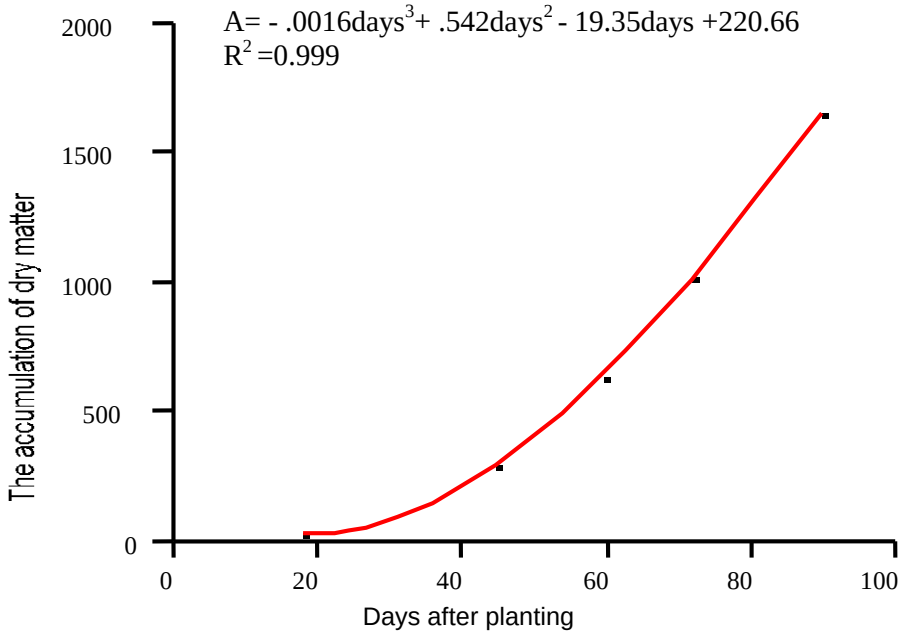
تیمارهای آزمایشی		مراحل رشدی			
		ابتدای طویل شدن ساقه	طویل شدن ساقه	ظهور سنبله	پر شدن دانه
خاک‌ورزی متداول	بقایای صفر درصد	۰/۶۲۳ d	۱/۹۲ e	۲/۸۴ e	۰/۹۵ d
	بقایای ۳۰ درصد	۰/۹۴ bcd	۲/۷۵ cd	۳/۳۸ de	۰/۸۷ d
	بقایای ۶۰ درصد	۱/۰۸ bc	۳/۷۶ ab	۴/۳۱ ab	۱/۶۲ ab
بدون شخم	بقایای صفر درصد	۱/۲۳ b	۳/۸۱ a	۴/۳۲ ab	۱/۶۶ ab
	بقایای ۳۰ درصد	۱/۱۶ bc	۳/۸۸ a	۴/۲ abc	۱/۷۱ a
	بقایای ۶۰ درصد	۱/۵۵ a	۳/۲۵ bcd	۴/۶۵ a	۱/۸ a
حداقل خاک‌ورزی	بقایای صفر درصد	۱/۰۴ bc	۲/۴۲ de	۳/۶ cd	۱/۴۴ bc
	بقایای ۳۰ درصد	۱/۱۲۳ bc	۲/۷۱ de	۳/۵۴ cd	۱/۶۱ abc
	بقایای ۶۰ درصد	۰/۸۹۶ cd	۳/۵۶ abc	۳/۸۷ bcd	۱/۳۲ cd

میانگین‌های با حروف مشابه در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند .

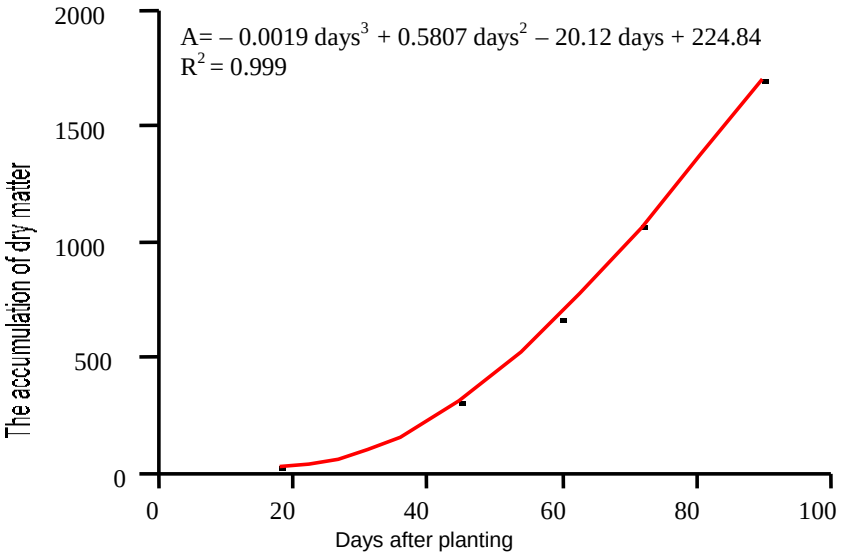
۴-۴-۲. تجمع ماده خشک

وزن خشک بوته در واحد سطح یکی از متغیرهای مهم در تحقیقات به‌زراعی است، زیرا بیانگر توان تولید گیاه در طول فصل رشد است. در ابتدای فصل رشد و هنگامی که گیاه هنوز کوچک است، به‌دلیل پایین بودن درجه حرارت هوا و کم بودن اندام‌های رویشی و اختصاص نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها، افزایش واقعی وزن خشک در روز اندک و رشد بوته‌ها آهسته می‌باشد. ولی هم زمان با بزرگ‌تر شدن گیاه، ازدیاد وزن گیاه در روز افزایش می‌یابد .البته این افزایش لگاریتمی رشد، نمی‌تواند تا پایان دورهٔ زندگی گیاه ادامه یابد. با زیاد شدن سن گیاه قسمت عمده‌ای از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود، برگ‌های پایینی در سایه قرار می‌گیرند یا به علت پیری قدرت فتوسنتزی خود را از دست می‌دهند. چنین برگ‌هایی ریزش می‌کنند و میزان تجمع ماده خشک در مرحله پایانی کاهش قابل توجه نشان می‌دهد. در این بررسی میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد در تیمارهای مختلف اعمال شده مورد

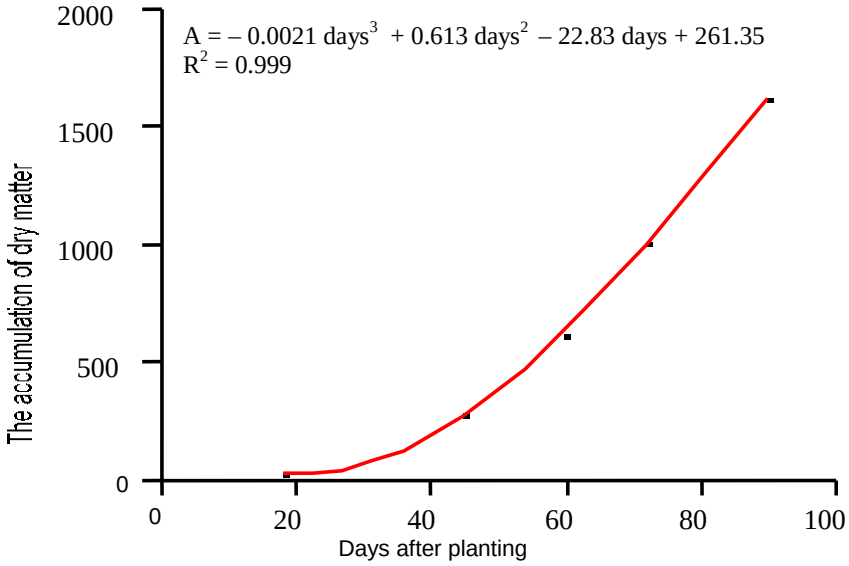
تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برازش رگرسیونی تجمع ماده خشک و روزهای پس از کشت در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا در سال اول با کشت ذرت در شکل‌های (۴-۳۷) تا (۴-۴۲) نشان داده شده است. معادلات رگرسیونی رابطه بین تجمع ماده خشک و زمان پس از کشت در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایا در سال دوم با کشت گندم در شکل‌های (۴-۴۳) تا (۴-۴۸) آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده ملاحظه می‌گردد تجمع ماده خشک در بوته از معادله درجه ۳ پیروی می‌کند و شامل مراحل رشد بطئی، رشد سریع و مرحله رشد ثابت می‌باشد. در مرحله بعد با توسعه اندام‌های هوایی و ریشه و بالطبع سازگاری بیشتر با شرایط اکولوژیکی و بهره‌برداری بیشتر از منابع قابل‌دسترس (نور، مواد غذایی و رطوبت) رشد بوته‌ها بسرعت افزایش می‌یابد و در انتهای فصل رشد بدلیل رقابت بیشتر بین بوته‌ها، پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز و ریزش برگ‌ها، سرعت رشد گیاه کاهش می‌یابد.



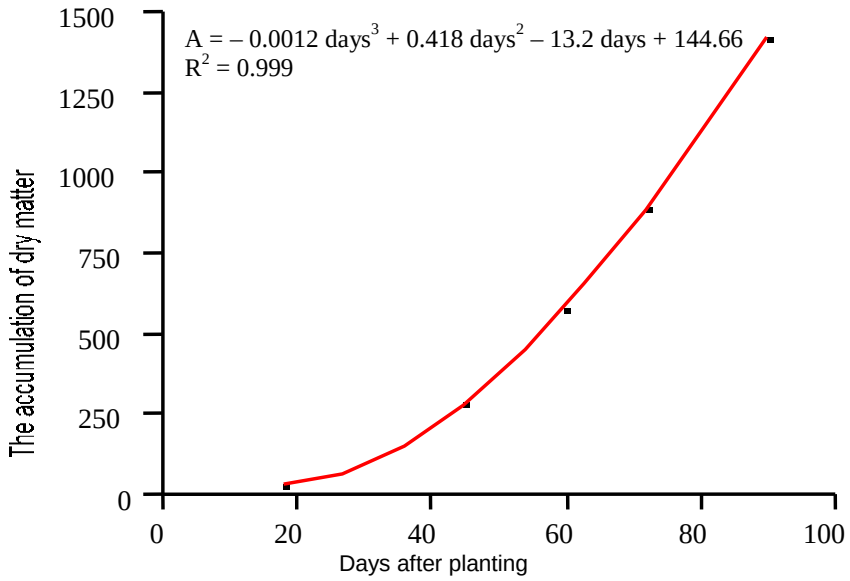
شکل (۴-۳۷)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)



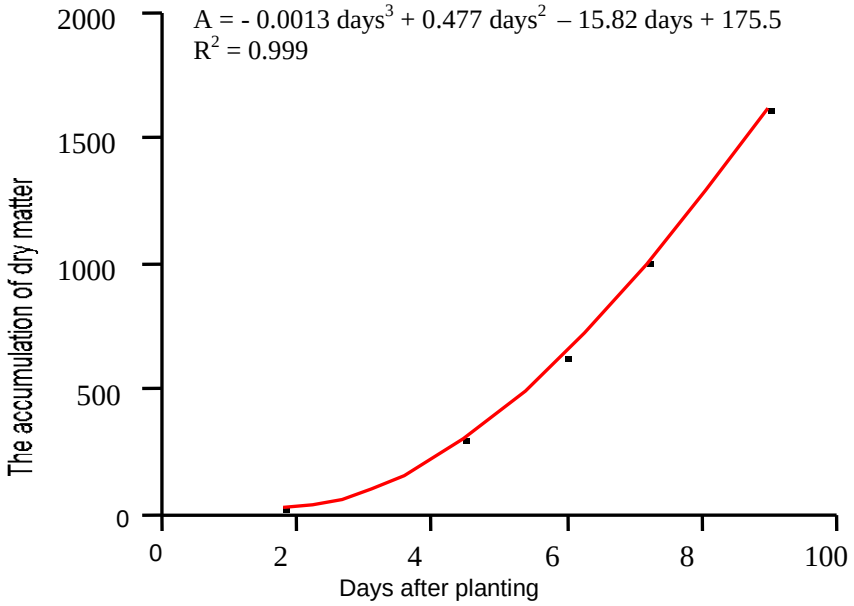
شکل (۴-۳۸)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)



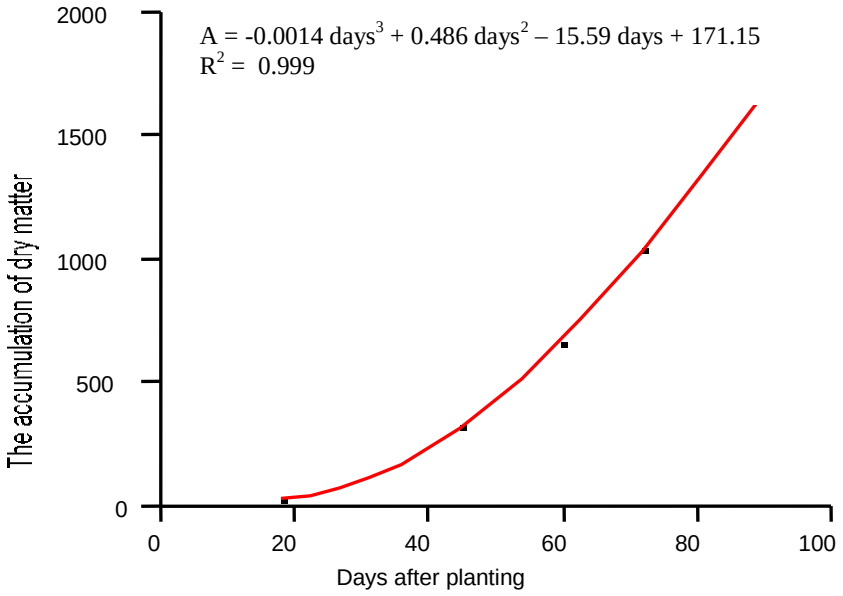
شکل (۴-۳۹)- اثر روش بدون شخم بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)



شکل(۴-۴۰)- اثر بدون بقایا بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)

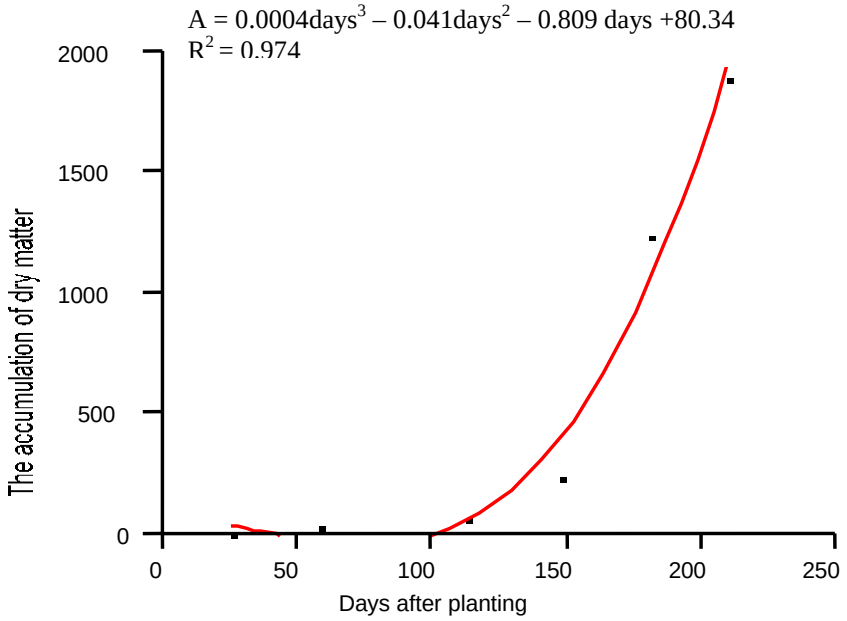


شکل(۴-۴۱)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)

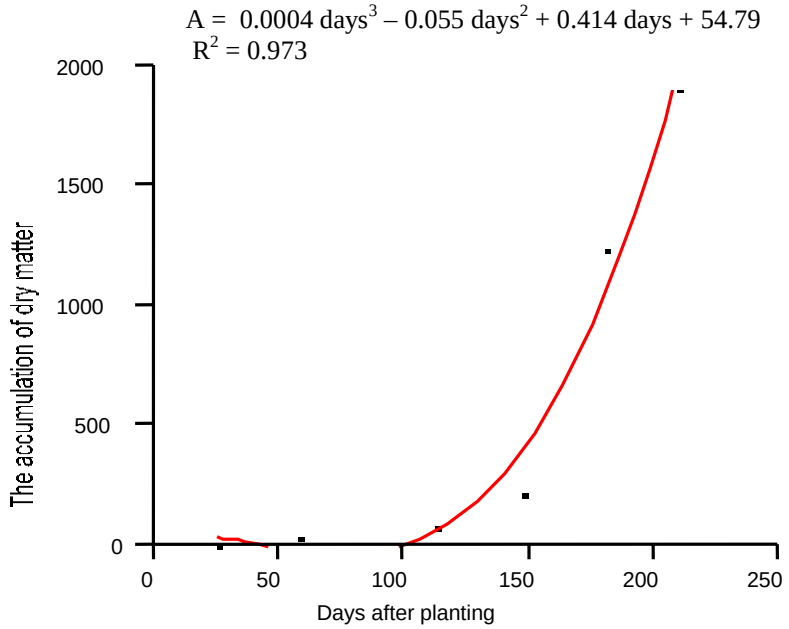


شکل(۴-۴۲)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر تجمع ماده خشک ذرت (گرم در متر مربع)

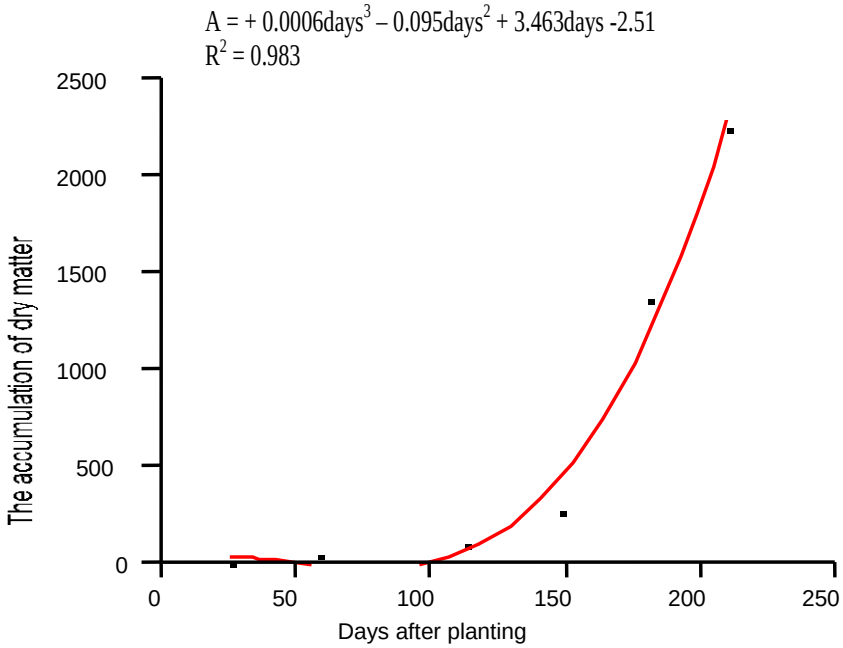
بررسی رشد و تجمع ماده‌ی خشک در گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که تولید ماده‌ی خشک به شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره‌ی رشد (یانو و همکاران، ۲۰۰۷) و کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده (سینکلار و ماچوو، ۱۹۹۹) وابسته است. محققین در بررسی میزان شاخص‌های رشد ذرت اعلام داشتند بیش‌ترین میزان وزن خشک در ۹۰ روز پس از کاشت بدست آمد و پس از آن کاهش یافت (روضاتی و همکاران، ۱۳۹۰). وجود درجه حرارت‌های بالا در طی پر شدن دانه باعث محدودیت در تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه‌ها می‌شود (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵). گزارش شده طی فرآیند پیری روند تجزیه مولکول‌های بزرگ بویژه پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک صورت گرفته و انتقال مواد از برگ‌های مسن به دانه و اندام‌های ذخیره‌ای انجام می‌شود (گریگرسن و همکاران، ۲۰۰۸). از مرحله شروع پرشدن دانه به بعد، شکل‌گیری مقصدهای قوی (دانه) و در نتیجه نیاز بالا به مواد فتوسنتزی، از یک سو و کاهش اندازه مبدأ فتوسنتزی، به دلیل وجود محدودیت های بیرونی و درونی (محدودیت عوامل محیطی و پیری) و در نتیجه عرضه پایین مواد فتوسنتزی از سوی دیگر، شرایط محدودیت مبدأ را در گیاه ایجاد می‌کند (امام، ۲۰۰۷).



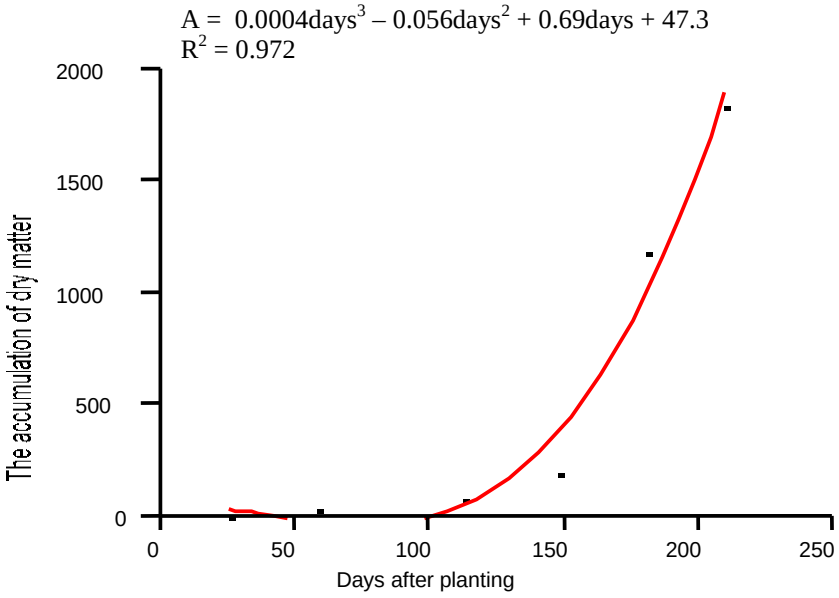
شکل(۴-۴۳)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)



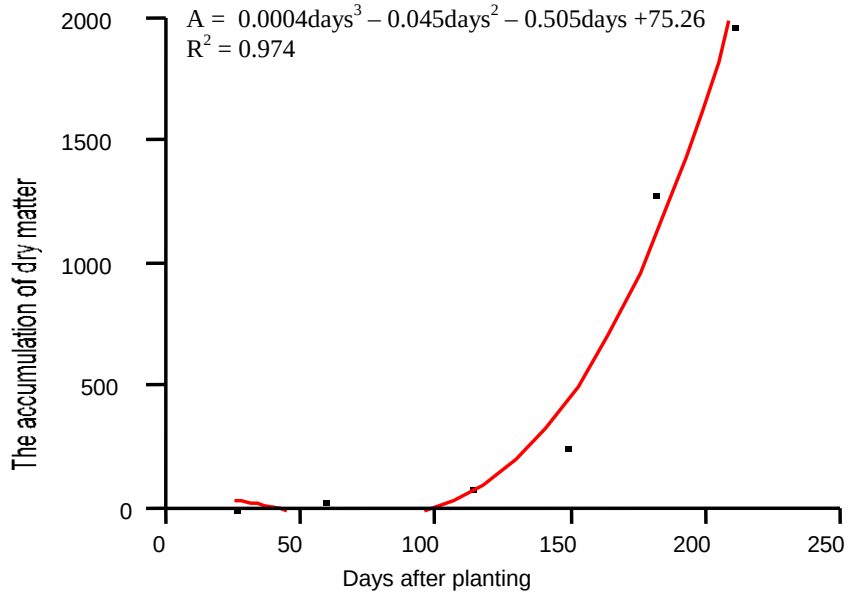
شکل(۴-۴۴)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)



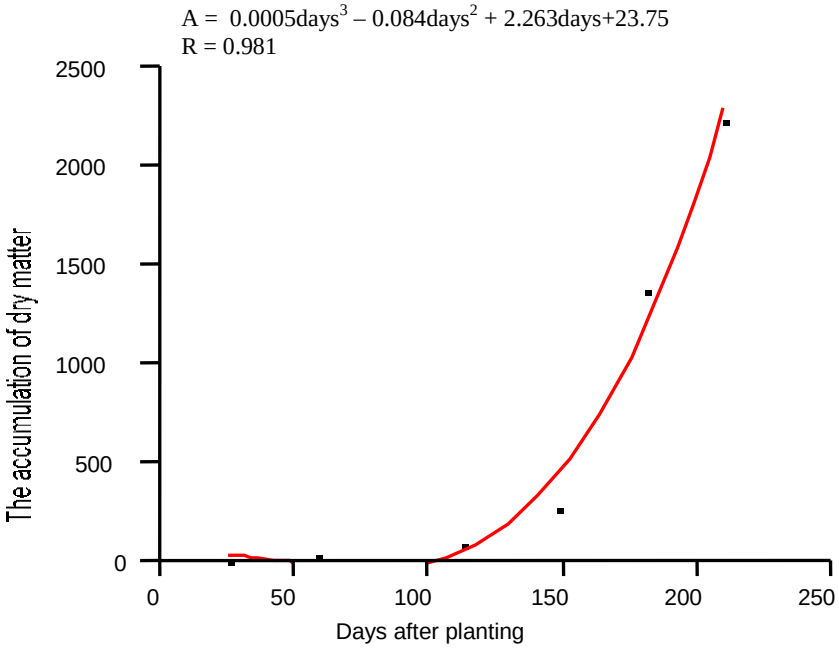
شکل(۴-۴۵)- اثر روش بدون شخم بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)



شکل(۴-۴۶)- اثر بدون بقایا بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)



شکل(۴-۴۷)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)



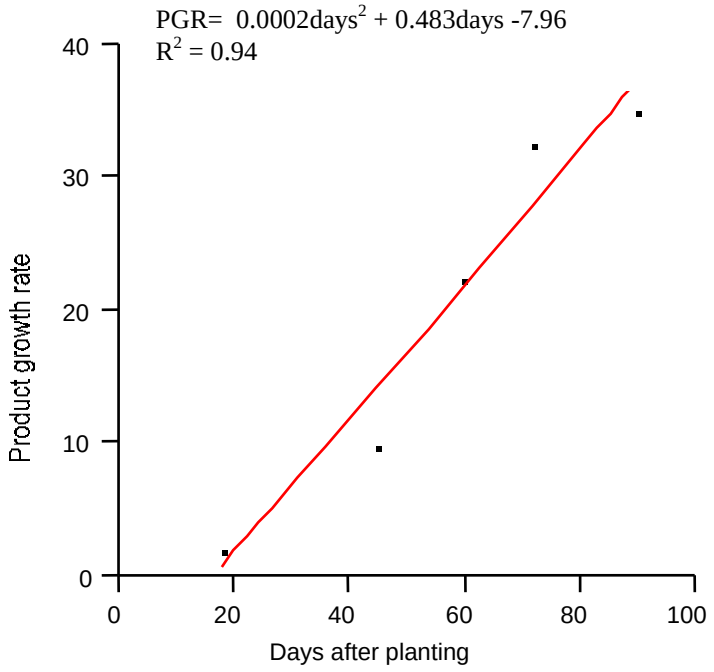
شکل(۴-۴۸)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر تجمع ماده خشک گندم (گرم در متر مربع)

معادلات رگرسیونی نشان داد همبستگی بالایی بین روزهای پس از کشت و تجمع ماده خشک گندم وجود دارد و با افزایش طول دوره رشد، تجمع ماده خشک در روش‌های خاک‌ورزی و میزان بقایا، افزایش یافته است. میزان عملکرد را باید در ارتباط با تمامی عوامل و فرآیندهایی در نظر گرفت که مرتبط با تولید ماده‌ی خشک هستند (فتحی و همکاران، ۲۰۱۱). کوچکی و خواجه حسینی (۱۳۸۷) اعلام نمودند از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده‌ی خشک به دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به عنوان یک عامل تعیین کننده‌ی رشد محسوب می‌شود و الگوی توزیع ماده‌ی خشک بین اندام‌های مختلف تابع مراحل نمو گیاهان زراعی است. رشد را به‌عنوان افزایش در ماده خشک تعریف کرده‌اند زیرا این متغیر بیش‌ترین اهمیت اقتصادی را دارد. غیاث آبادی و همکاران (۱۳۹۳) اظهار داشتند تولید و تجمع ماده خشک می‌تواند توسط دو شاخص مهم سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی که از شاخص‌های مهم مورد استفاده در تجزیه و تحلیل رشد گیاه هستند، مطالعه شوند.

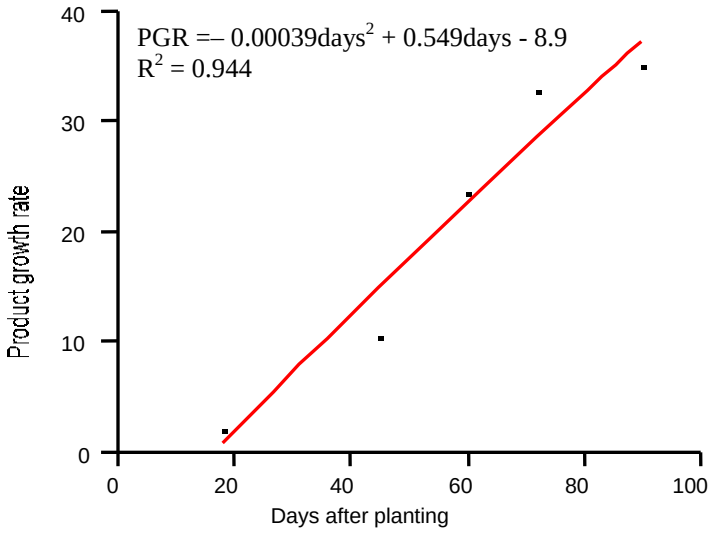
۴-۴-۳. سرعت رشد محصول (Crop growth rate)

سرعت رشد گیاه عبارت است از افزایش ماده خشک در واحد سطح و در واحد زمان می‌باشد. میزان سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد گیاه به‌دلیل کم بودن مریستم‌های رویشی کم می‌باشد و با کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده بیشتر گیاه از نور خورشید و افزایش سطح برگ مقدار آن تا مرحله ظهور سنبله افزایش می‌یابد و متعاقب آن با رقابت بیشتر بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز و زرد شدن اندام‌های فتوسنتز کننده و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها مقدار آن کاهش می‌یابد. سرعت رشد محصول، افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح و زمان است و به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات به کار برده می‌شود. متوسط سرعت رشد محصول برای گیاهان سه کربنه و چهار کربنه به ترتیب معادل ۲۰ و ۳۰ گرم در مترمربع در روز گزارش شده است (کوچکی و سرمد نیا، ۱۳۸۵). سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی سیر صعودی دارد و در

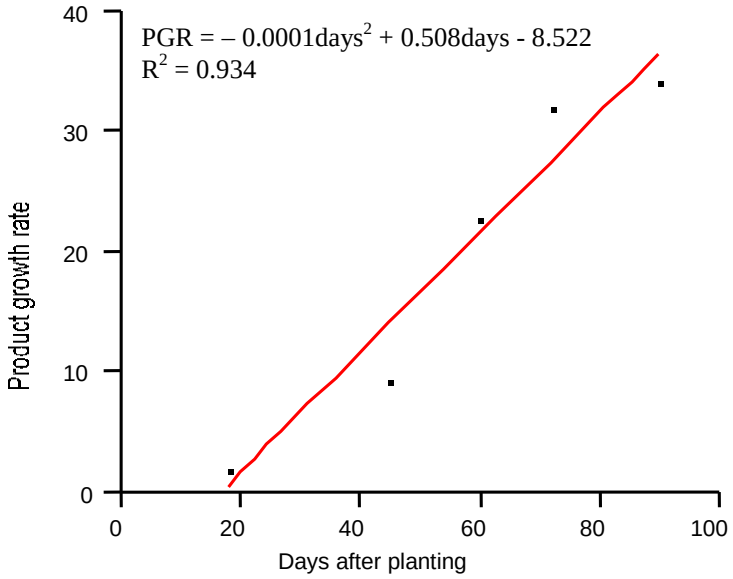
مراحل بعد از تشکیل خوشه به دلیل رسیدگی و کاهش رشد رویشی، اتلاف و پیرشدن برگ سیر نزولی پیدا می‌کند (شیبلس و وبر، ۱۹۹۵ و حبیب زاده، ۱۳۸۳). برخی از محققان معتقدند که سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده دارد (سورنسن و پناس، ۱۹۷۸ ؛ آلن و اسکوت، ۱۹۸۰ و حبیب زاده، ۱۳۸۳). مقدار سرعت رشد گیاه بر اساس میزان عملکرد کل ماده خشک قسمت هوایی گیاه تعیین می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). جوادی و همکاران (۱۳۸۵) اعلام نمودند مطالعه سرعت رشد محصول برای تفسیر تفاوت عملکرد در به کارگیری عملیات زراعی مختلف اهمیت زیادی دارد. سرعت رشد محصول تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (کریمی و سیددیک، ۱۹۹۱). محققین شاخص سرعت رشد گیاه را معیاری مناسب برای تخمین توانایی جذب عوامل تولید مانند آب و مواد غذایی دانستند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳) .



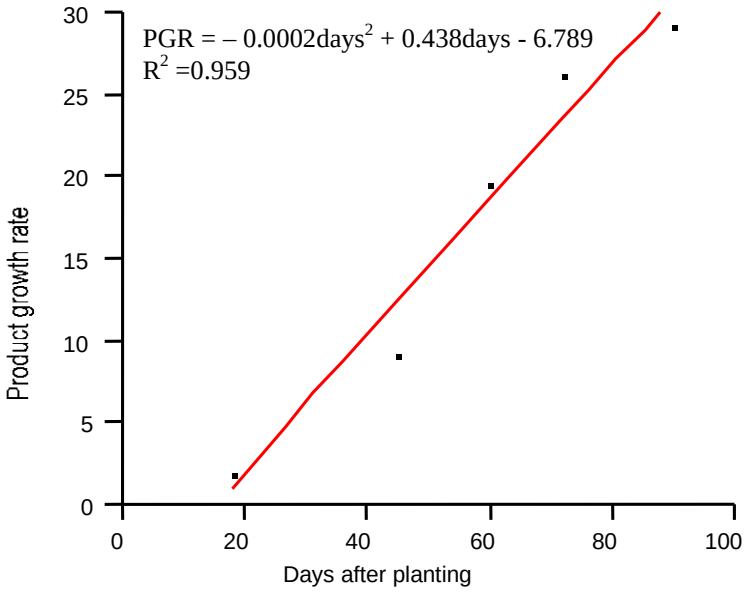
شکل(۴-۴۹)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)



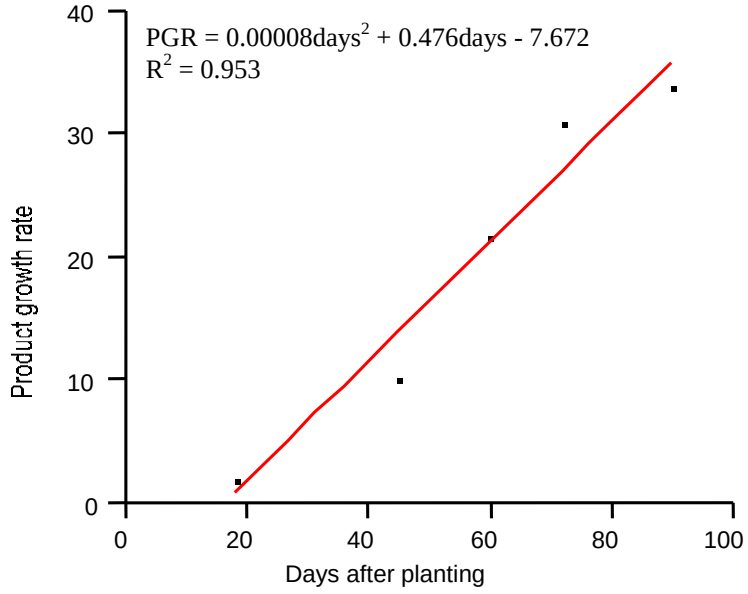
شکل(۴-۵۰)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)



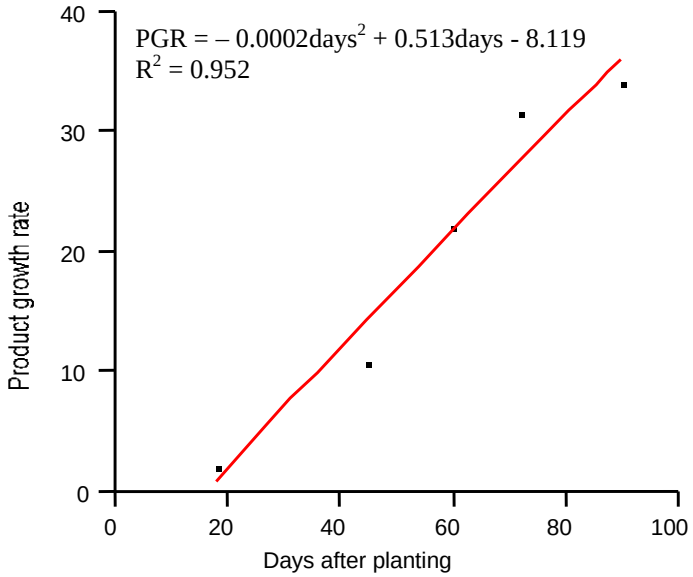
شکل(۴-۵۱)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)



شکل(۴-۵۲)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)



شکل(۴-۵۳)- اثر بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)

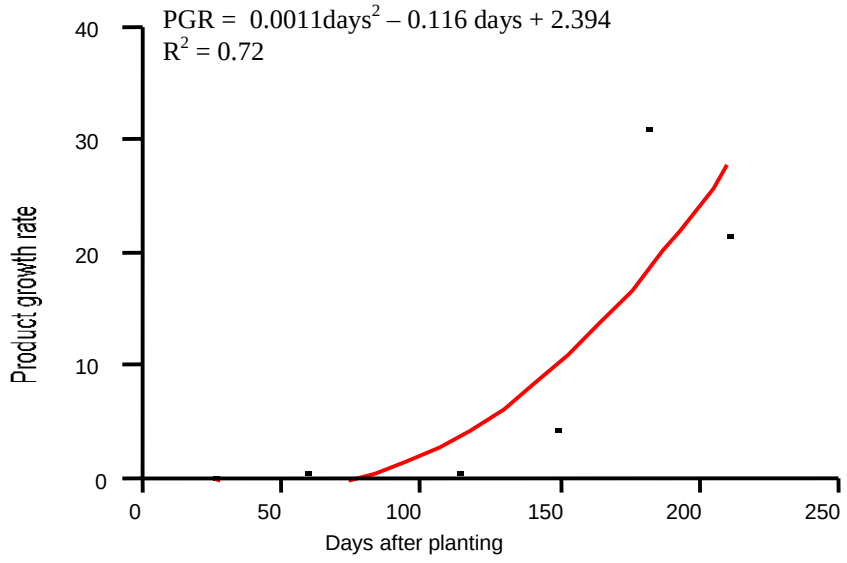


شکل(۴-۵۴)- اثر بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد محصول ذرت (گرم در متر مربع در روز)

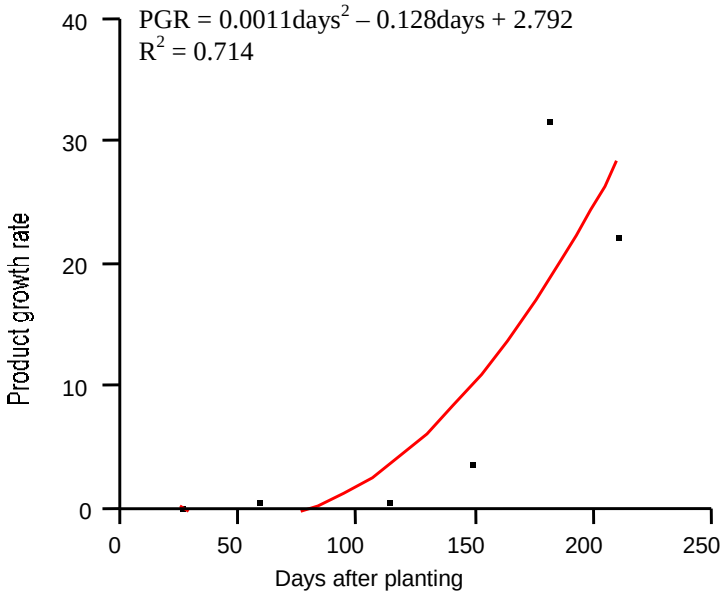
برازش رگرسیونی سرعت رشد محصول و زمان پس از کاشت درروش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی در ذرت در سال اول در شکل‌های (۴-۴۹) تا (۴-۵۴) مشاهده می شود. سرعت رشد محصول برآیند شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص می‌باشد و با افزایش یک یا دو مولفه مزبور سرعت رشد محصول نیز افزایش خواهد یافت. افزایش شاخص سطح برگ در اکثر مراحل رشدی و با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر موجب افزایش سرعت رشد محصول گردید. این امر که به علت سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور در سایه‌انداز گیاهی و ریزش برگ‌های مسن می‌باشد و تا انتهای دوره رشد موجب کاهش سطح برگ و سرعت جذب خالص می‌شود (امام، ۲۰۰۷). جوادی و همکاران (۱۳۸۵) اعلام نمودند سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص رابطه مستقیم دارد.

سایر محققین دلیل کاهش سرعت رشد گیاه را افزایش سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی موجب کاهش سطح برگ و سرعت جذب خالص (امام، ۲۰۰۷ و ینگ و همکاران، ۱۹۹۸) و ریزش برگ‌ها در انتهای فصل و افزایش تنفس به دلیل افزایش درجه حرارت و کاهش فتوسنتز (پارسا و همکاران،

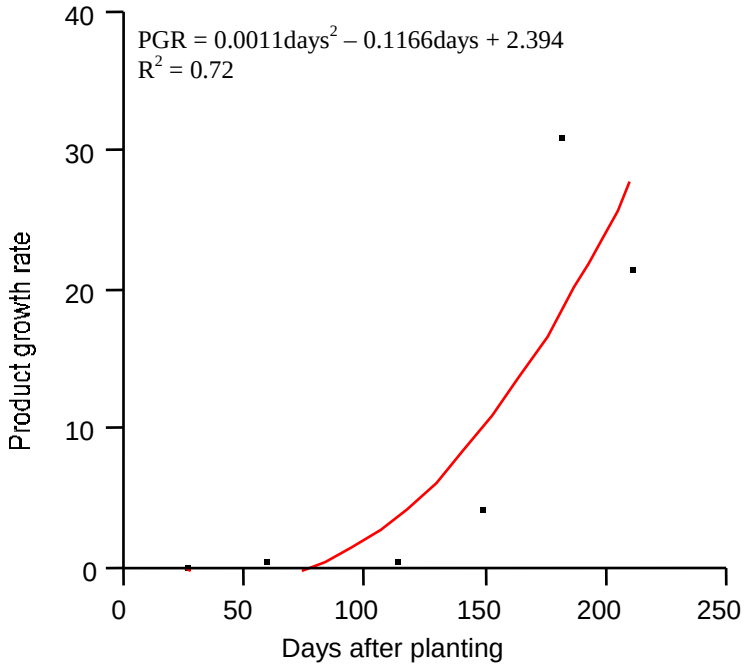
۱۳۹۰) دانستند. باغستانی و زند (۱۳۸۴) کاهش سرعت رشد محصول در اواخر دوره رشد را به دلیل پایین بودن تعداد سلول‌های مریستمی کمتر بودن سطح برگ برای دریافت نور و انجام فتوسنتز و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه گزارش نمودند. عزیزی (۱۳۷۷) نیز کاهش شدید سرعت رشد محصول پس از مرحلهٔ دانه‌بندی را به خاطر اختصاص و متراکم شدن مواد فتوسنتزی در دانه، پیر شدن بخش رویشی گیاه و ریزش برگها اعلام نمود. تیمارهای دارای ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا که از سرعت رشد بیشتر برخوردار بودند، دارای عملکرد ذرت علوفه‌ای بیشتر و معنی‌داری نسبت به تیمار بدون بقایا بودند. این نتایج با یافته های حسین پور و همکاران (۱۳۸۲) که بیان کردند بین حداکثر سرعت رشد محصول و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد مطابقت دارد.



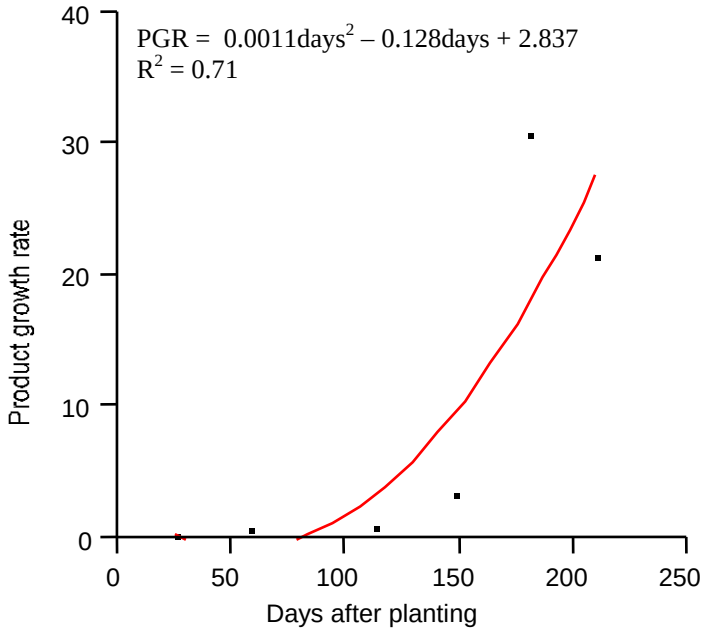
شکل(۴-۵۶)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)



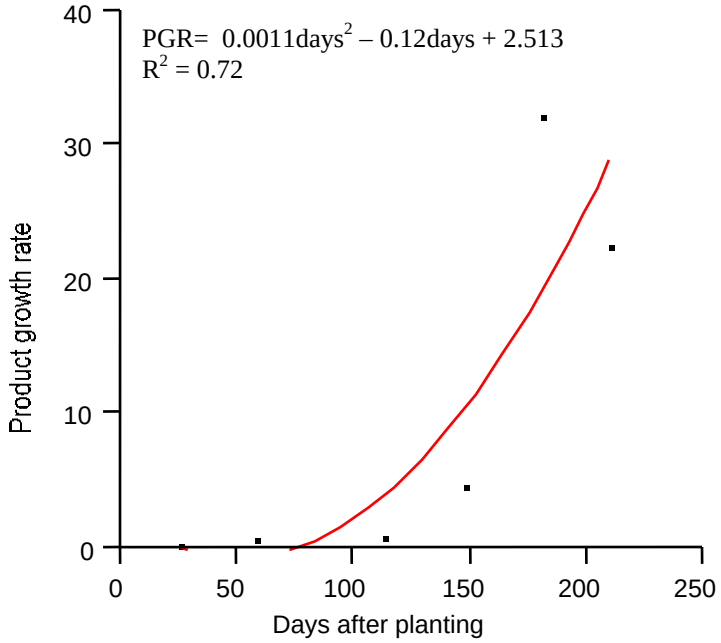
شکل(۴-۵۷)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)



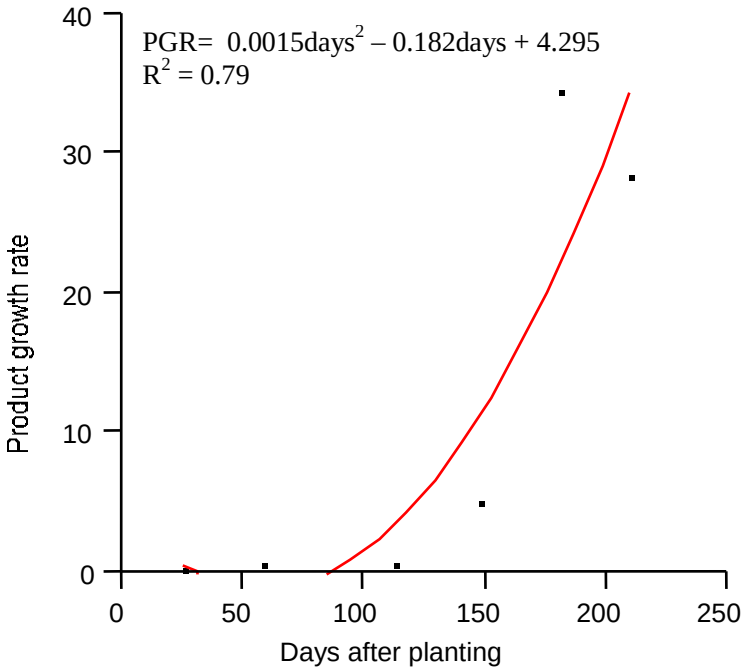
شکل(۴-۵۸)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)



شکل(۴-۵۹)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)



شکل(۴-۶۰)- اثر بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)



شکل(۴-۶۱)- اثر بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد محصول گندم (گرم در متر مربع در روز)

معادلات رگرسیونی سرعت رشد محصول در طی زمان پس از کشت در گندم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی در شکل‌های (۴-۵۶) تا (۴-۶۱) نشان داده شده است. همبستگی بالای بین سرعت رشد محصول و زمان پس از کشت در تیمار های مختلف وجود دارد که این روند از منحنی درجه دو پیروی می‌کند. در تمام تیمارها سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور خورشید توسط گیاه کم بود اما با نمو گیاهان میزان آن افزایش یافت. این نتایج با یافته‌های ینگ و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت داشت. افزایش نفوذپذیری خاک، شرایط مطلوب رطوبتی خاک در بهبود وضعیت پتانسیل آب گیاه موثر بود. وضعیت رطوبتی مناسب، افزایش هدایت روزنه‌ای، رشد و توسعه برگ ها ، افزایش توانایی جذب نور و کاهش تلفات آن و افزایش فتوسنتز را بدنبال داشت. پس از آن به علت سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به درون سایه انداز و ریزش برگ‌های مسن‌تر کاهش یافت. همچنین در شاخص سطح برگ بالا، افزایش تنفس موجب کاهش سرعت رشد محصول و همچنین سرعت جذب خالص شد. سرعت رشد محصول به عواملی نظیر سرعت فتوسنتز، زاویه

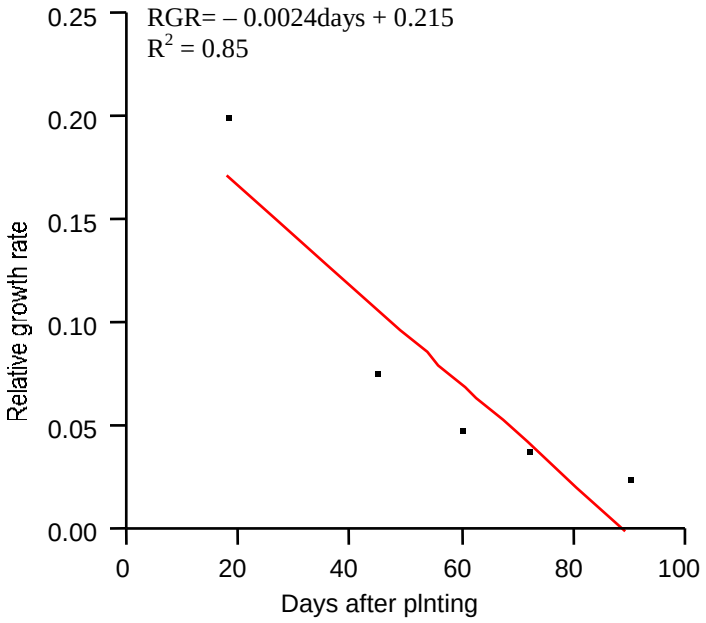
برگ و جهت قرارگیری برگ نسبت به نور خورشید بستگی دارد و بین سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ به ویژه در مراحل اولیه رشد همبستگی مثبت وجود دارد (رحیمیان و همکاران، ۱۳۷۸). سرعت رشد محصول با پیشرفت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به حد نهایی خود شروع به کاهش نمود و در پایان فصل رشد منفی می‌شود (حبیب زاده، ۱۳۸۳ و حاتمی، ۱۳۸۹). عزیزی (۱۳۷۳) و کوچکی و سلطانی (۱۳۷۸) کاهش شدید سرعت رشد محصول پس از مرحلهٔ دانه‌بندی را به خاطر اختصاص و متراکم شدن مواد فتوسنتزی در دانه، پیرشدن بخش رویشی گیاه و ریزش برگها بیان داشتند. حسنوند (۱۳۹۲) افزایش میزان تولید ماده خشک در واحد سطح را به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و افزایش شدت تشعشع و در نتیجه بهره‌وری بیشتر از نور خورشید بیان کرد و علت کاهش میزان تولید ماده خشک در واحد سطح را پیر شدن برگ‌ها و ریزش آن‌ها و کاهش میزان فتوسنتز در گیاه اعلام نمود. حسین پور و همکاران (۱۳۸۲) در آزمایش روی گندم گزارش کردند که روند تغییرات سرعت رشد محصول در ابتدا کند و سپس با دریافت ۵۰۰ درجه- روز رشد افزایش یافت و حداکثر سرعت رشد محصول با دریافت ۸۰۰-۹۰۰ درجه- روز رشد مصادف با مرحله گرده افشانی حاصل گردید. آنها اعلام کردند درجه حرارت کم در اوایل فصل رشد و سپس کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده کاراتر از نور خورشید، افزایش تعداد و سطح برگ‌ها موجب شد تا سرعت رشد گیاه به حداکثر خود رسیده و در ادامه با کم شدن فتوسنتز خالص به سرعت کاهش یابد. آنت و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی وضعیت شاخص‌های رشد ارقام گندم اعلام نمودند سرعت رشد محصول گندم در ابتدای مرحله رشدی کند و در آغاز مرحله گلدهی حداکثر و با شروع مرحله پر شدن دانه روند کاهشی دارد و این روند کاهشی تا مرحله رسیدگی نیز ادامه می‌یابد که این کاهش عمدتاً به خاطر زرد شدن برگها و ریزش آنها اعلام شد. سرعت رشد محصول و مقدار تابش جذب شده توسط برگ‌های یک گیاه دارای رابطه مستقیم است. نتایج آزمایشات حبیب زاده و همکاران (۱۳۸۵) و نصیرزاده وهمکاران (۱۳۸۵) نیز تاکید بر این موضوع دارد

که در ابتدا و انتهای فصل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت کننده تابش (برگ ها) و در نتیجه درصد کم جذب، ماده خشک کم‌تری تولید شده و مقدار سرعت رشد محصول هم کم می‌باشد. سرعت رشد محصول حاصل ضرب سرعت جذب خالص و شاخص سطح برگ است و حداکثر محصول زمانی به دست می‌آید که این دو شاخص در بیشترین مقدار باشند (اسلافر، ۱۳۷۵). سوکوتو و همکاران (۲۰۱۲) و هوشمندی (۱۳۹۴) در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را سرعت رشد محصول با سرعت جذب خالص داشت .

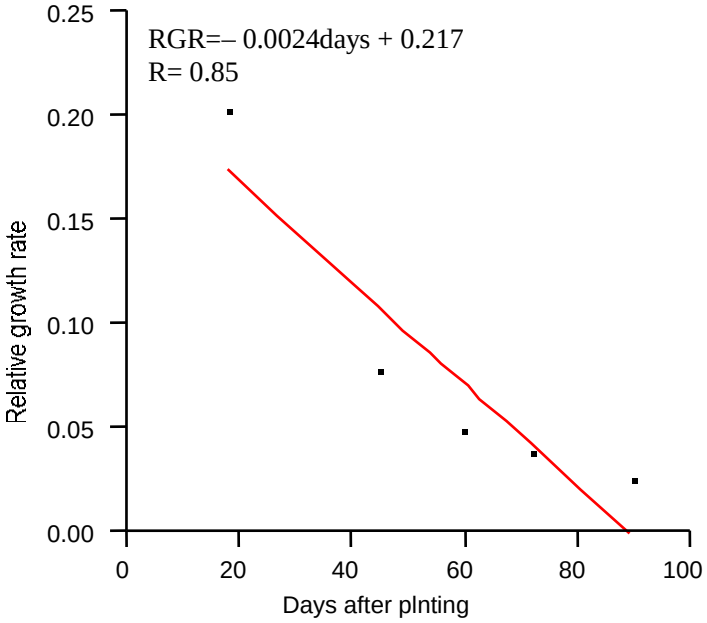
۴-۴-۴. سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate)

سرعت رشد نسبی عبارت از تغییرات ماده خشک تولیدی به تغییرات زمان نسبت به وزن اولیه گیاه می‌باشد. بطورکلی میزان سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به علت نفوذ نور به داخل جامعه گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بر روی هم و در نتیجه تنفس کمتر، بالاتر می‌باشد. با گذشت زمان و افزایش اندام‌های رویشی، گسترش گیاه و سایه‌اندازی مقدار آن کاهش می‌یابد و با افزایش سن گیاه مقدار سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد و عوامل محیطی و گیاهی شیب منحنی را مشخص می‌کنند. سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است و میانگین سرعت رشد نسبی با توجه به اندازه‌گیری انجام شده در دو زمان متوالی نمونه‌برداری محاسبه می‌شود و در طول فصل زراعی معمولا سیر نزولی دارد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۵ و کریمی و سیددیک، ۱۹۹۱). سرعت رشد نسبی یا به عبارتی نرخ رشد را می‌توان بیان کننده افزایش نسبی ماده خشک در طی دوره رشد گیاه دانست (باغستانی و زند، ۱۳۸۴). طالعی و بهرام نژاد (۱۳۷۸) در آزمایشات خود اعلام نمودند حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد حاصل و پس از آن کاهش یافت. آنها دلیل آن را کاهش نسبت اندام‌های فتوسنتز کننده به اندام‌های غیر فتوسنتز کننده، سایه‌اندازی اندام‌های بالایی بر روی اندام پایینی و کاهش توان فتوسنتزی در واحد سطح، همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز

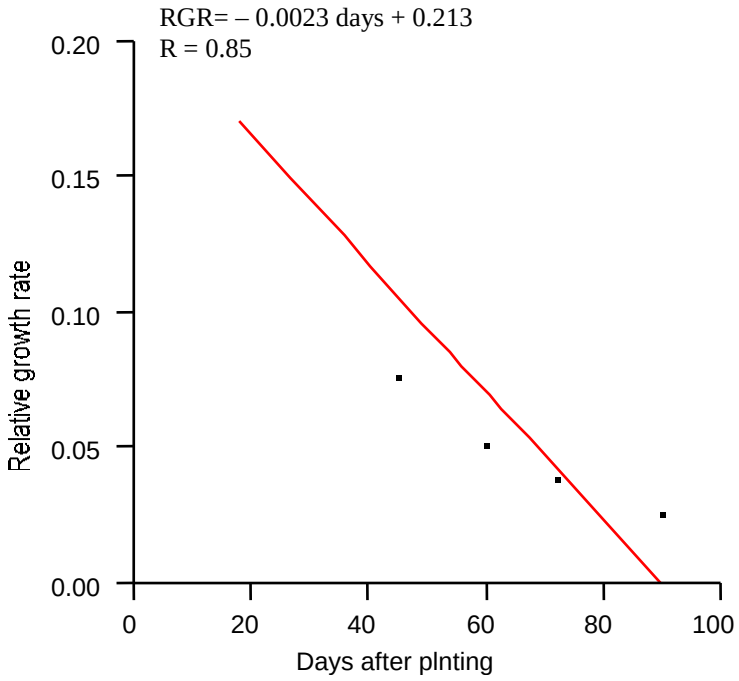
نقشی ندارند اعلام نمودند. شکل منحنی سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با گذشت زمان، رشد گیاه با افزایش مقدار تنفس در اواخر دوره رشد، منفی می‌گردد (نواب پور و همکاران، ۱۳۹۰). سرعت رشد نسبی، سرعت افزایش ماده خشک در واحد زمان و واحد وزن خشک اولیه گیاه می‌باشد این پارامتر در واقع تغییرات وزن خشک اولیه در واحد زمان را نشان می‌دهد و بیان می‌کند که هر گرم وزن خشک از هر گیاه در واحد زمان چقدر افزایش وزن داشته است (رهنما، ۱۳۸۵).



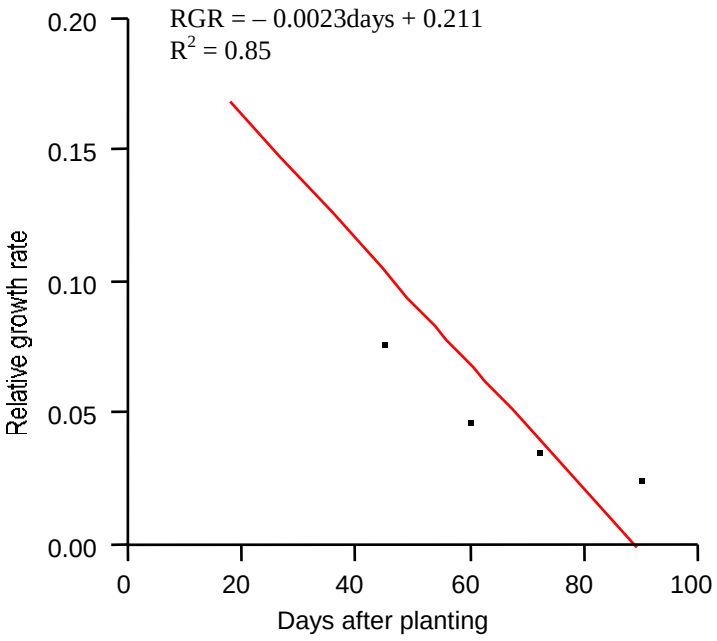
شکل(۴-۶۲)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)



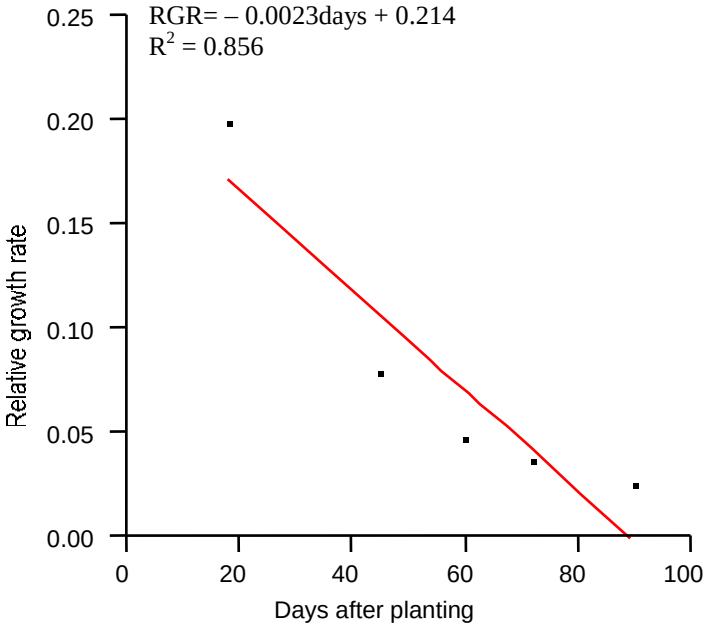
شکل(۴-۶۳)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)



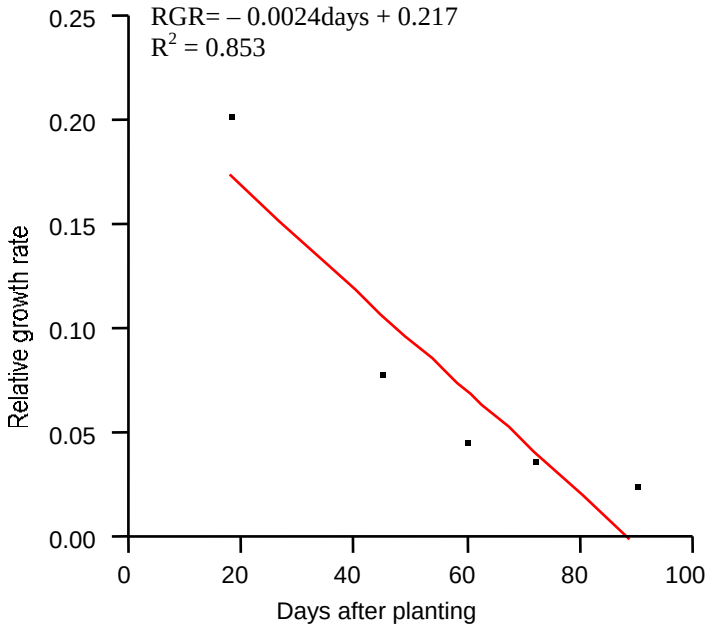
شکل(۴-۶۴)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)



شکل(۴-۶۵)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)



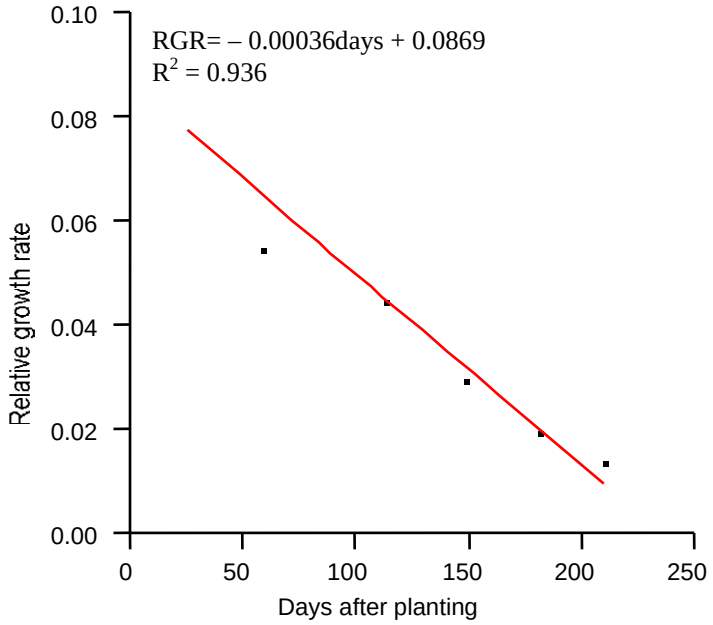
شکل(۴-۶۶)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)



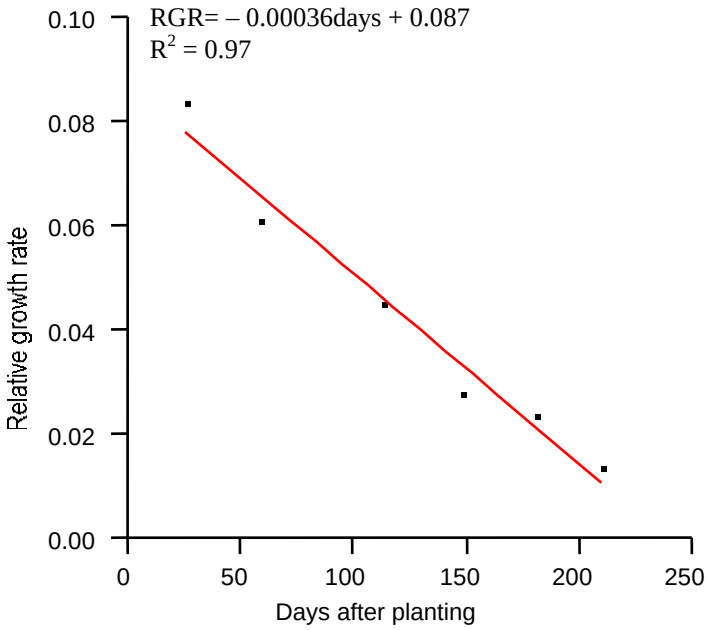
شکل(۴-۶۷)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد نسبی ذرت (گرم بر گرم در روز)

برازش رگرسیونی سرعت رشد نسبی ذرت در طی زمان پس از کشت در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی در شکل‌های (۴-۶۲) تا (۴-۶۷) آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود با افزایش زمان، سرعت رشد نسبی محصول بطور خطی کاهش می‌یابد. روند سرعت رشد نسبی ذرت در ابتدای فصل رشد بالاتر و بتدریج کاهش یافت و حداکثر سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد حاصل شد. با افزایش رشد و طول عمر گیاه از نسبت اندام‌های فتوسنتز کننده به اندام‌های غیر فتوسنتز کننده کاسته شده و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر روی برگ‌های پایینی موجب کاهش توان فتوسنتزی گیاه در واحد سطح و افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند و افزایش میزان تنفس گیاه شد. سرعت رشد نسبی بالاتر تیمارهای با بقایای بیشتر ناشی از دما و رطوبت مناسب که از عوامل موثر بر افزایش سرعت جذب خالص بود. پاور و همکاران (۱۹۷۸) گزارش کرده‌اند که سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد و به‌دلیل نفوذ بهتر نور در داخل پوشش گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها و متعاقب آن

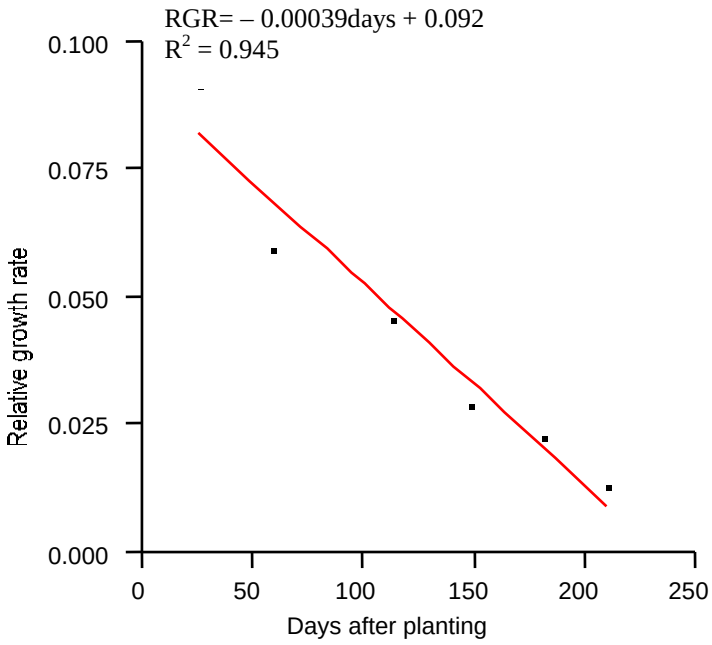
تنفس کمتر، بیشتر می‌باشد. آن‌ها نشان دادند که این شاخص طی زمان کاهش یافتـه و در پایـان فصـل رشد منفی شد. محققان دیگر ضمن تأیید روند کاهشی سرعت رشد نسبی با گذشت زمان دلیـل کـاهش این شاخص را ناشی از افزایش نسبت بافت‌های ساختاری به بافت‌های مریستمی فعـال دانسـتند (محمـد پور و جعفری، ۱۳۹۱).



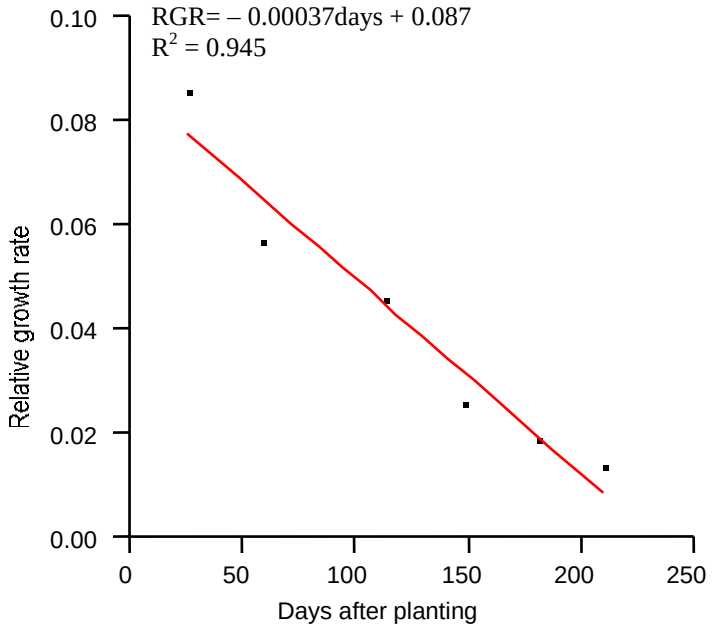
شکل(۴-۶۸)- اثر روش خاک‌ورزی متداول بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)



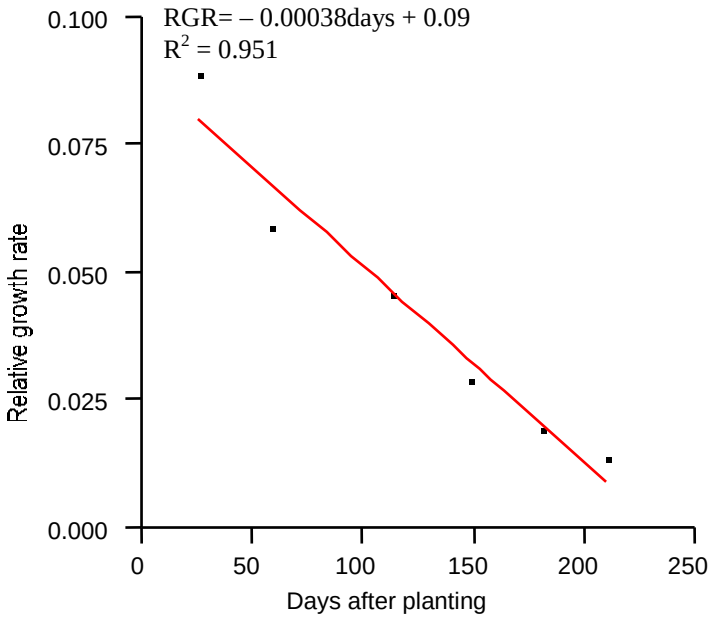
شکل(۴-۶۹)- اثر روش حداقل خاک‌ورزی بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)



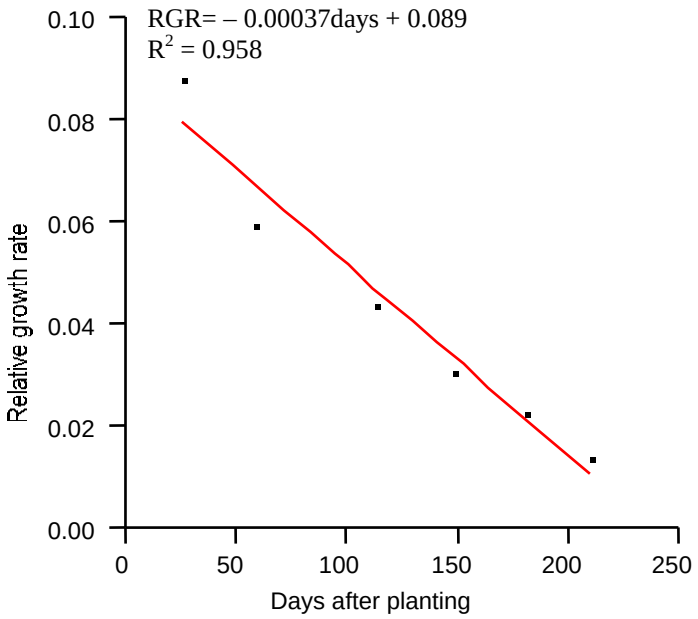
شکل(۴-۷۰)- اثر روش بدون شخم بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)



شکل(۴-۷۱)- اثر بدون بقایا بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)



شکل(۴-۷۲)- اثر میزان بقایای ۳۰ درصد بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)



شکل(۴-۷۳)- اثر میزان بقایای ۶۰ درصد بر سرعت رشد نسبی گندم (گرم بر گرم در روز)

معادلات رگرسیونی سرعت رشد نسبی گندم در طی زمان پس از کشت در روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی در شکل‌های (۴-۶۸) تا (۴-۷۳) نشان داده شده است. همبستگی بالایی بین سرعت رشد نسبی و زمان پس از کشت در تیمارهای مختلف وجود داشت و از روند کاهشی خطی پیروی نمـوده است. با توجه به اینکه با افزایش سن گیاه از نسبت اندام‌های فتوسنتز کننـده بـه انـدام‌های غیرفتوسـنتز کننده کاسته شد و با افزایش سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاه انتظار می‌رود فتوسنتز گیاه در واحد سطح کاهش یابد و در نتیجه سرعت رشد نسبی کاهش یابد. بیشترین میزان سـرعت رشـد نسبی در اوایل دوره رشد به دلیل نفوذ بهتر نور به درون جامعه گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بر روی هم و در نتیجه تنفس کمتر، مشاهده شد. روند کلی سرعت رشد نسبی گنـدم کاهشـی بـود امـا افـزایش موقتی سرعت رشد نسبی منطبق با اوایل بهار و افزایش میـزان تشعشـع و دمـای مطلـوب‌تر و در نتیجـه افزایش میزان فتوسنتز گیاه بوده و از اواسط بهار مجددا با افزایش سایه اندازی و کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاه و افزایش انـدام هـای غیـر فتوسـنتزکننده، سـایه‌اندازی انـدام‌های بـالایی بـر روی انـدام

پایینی،کاهش توان فتوسنتزی در واحد سطح، همچنین افـزایش بافت‌هـای سـاختمانی کـه در فتوسـنتز نقشی ندارند موجب شد تا روند کاهشی سرعت رشد نسبی ادامه یابـد. در ابتـدای فصـل رشـد و قبـل از ساقه‌رفتن، چون تمام ماده خشک حاصل، تولید برگ می‌کند و به علت نفوذ نور بیش‌تر به داخل جامعـه گیاهی و سایه‌اندازی کم‌تر برگ‌ها بر روی یکدیگر و جذب خالص و در نتیجه تنفس کم‌تر میزان سـرعت رشد نسبی بالا بوده و به تدریج به دلیل متراکم شدن کانوپی، میزان سرعت رشد نسبی رونـدی کاهشـی داشته و در آخر فصل رشد به دلیل پیری گیاه، افزایش بافـت‌هـای سـاختمانی، کـاهش کـارآیی تولیـد و متوقف شدن فعالیت‌های گیاه در تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های رویشی و زایشـی میـزان سـرعت رشد نسبی به کم‌ترین مقدار خود طـی فصـل رشـد گنـدم می‌رسـد (پناهیـان و جمـاتی، ۲۰۰۹). نتـایج آزمایشات باغستانی و زند (۱۳۸۴) در خصوص تغییرات سرعت رشد نسبی گندم مبین کـاهش میـزان آن در طول زمان بود. آنها اعلام نمودند چون در این شاخص وزن اولیه اندام‌ها نیز نقش دارد بنابراین همچنان که گیاه رشد می‌کند میزان ماده خشک اولیه افزوده شـده بـه گیـاه سـهم کمـی از وزن کـل را بـه خـود اختصاص می‌دهد و در نتیجه این شاخص کاهش می‌یابد و با افزایش سن گیاه قسـمت‌های کـه بـه گیـاه اضافه می‌شوند بافت‌های ساختمانی بوده و بافت‌های فعال متابولیکی نیستند و چون این بافت‌ها سهمی در رشد ندارند همچنین سایه‌اندزی برگ‌ها و کاهش کارآیی فتوسنتزی، کاهش میزان رشـد نسـبی را سـبب می‌شوند. عنافجه و همکاران (۱۳۹۰) نیز علت کاهش در سرعت رشد نسبی را به افزایش سـن برگ‌هـای پایینی، در سایه قرار گرفتن آن‌ها و هم چنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقـش ندارنـد نسبت دادند.

۴-۵- نتیجه گیری کلی

کاهش خاک‌ورزی و به‌خصوص تیمار بدون شخم توأم با حفظ بقایای بیشـتر در روی سـطح خـاک بـا رعایت تناوب می‌تواند علاوه بر کاستن از تردد، کاهش هزینه‌های تولید و کشت در فرصت زمانی کمتر بـا

بهبود وضعیت رطوبتی و دمایی خاک، آب قابل‌دسترس بیشتری برای گیاه تأمین و با تعدیل دمای خـاک، موجب شرایط مناسب‌تر رشدی و استفاده بهینه از منابع و بهبود فرآیندهای بیولـوژیکی طبیعـی و ایجـاد شرایط مناسب برای توسعه و افزایش جمعیت مایکوریزا را فراهم نمـوده و باعـث افـزایش عملکـرد گـردد. کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و بخصوص بدون شخم همراه با حفظ بقایای بیشـتر در روی سـطح خاک اثرات مثبتی بر ویژگی‌های فیزیولوژی گندم و ذرت، خصوصیات فیزیکـی و شـیمیایی خـاک،کنترل علف‌های هرز و عملکرد دارد. افزایش خاک‌ورزی و حذف بقایا عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی را به طور معکوس در مقایسه با کاهش خاک‌ورزی و افزایش بقایا تحت تـأثیر قـرار داده و موجـب ازدیـاد فشـردگی خاک و کاهش نفوذپذیری آن می‌شود. کاهش خاک‌ورزی موجب ثبات سطح خاک و بستر بذر شـده و بـا جلوگیری از تأمین نیاز نوری جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز و همچنین به علت عدم انتقال بـذور از اعمـاق بیشتر به عمق کمترخاک، به تدریج باعث کاهش علف‌های هرز یکساله مـی‌شـود و بـا توجـه بـه ثبـات و پایداری سطح خاک افزایش علف‌های هرز چند ساله‌ها را نیز نسبت به روش شخم متداول و شخم حداقل به دنبال دارد. اما تراکم کل علف‌های هرز (یکساله و چند ساله) در تیمار بدون شـخم کمتـر از تیمارهـای شخم متداول و حداقل شخم می‌شود. حفظ بقایای گیاهی روی سطح خاک نیز با حفظ رطوبت در خاک و کاهش تغییرات دمایی خاک (که نیاز جوانه‌زنی بـرای خیلـی از بـذور علف‌هـای هـرز می‌باشـد)، افـزایش فعالیت‌های بیولوژیکی و آلیلوپاتی موجب کاهش علف‌های هرز می‌شود.

۴-۶- پیشنهادات

۱- با توجه به شرایط موجود تغییرات شدید اقلیمی، کاهش ریزش‌های جوی، کمبود آب، تنش‌هـای حرارتی و رطوبتی و کشاورزی فشرده رایج موجب اثرات منفی بر کیفیت خاک و محـیط شـده و ناپایداری در تولید را به همراه داشته لذا به منظور حفاظت از آب و احیای خاک به عنوان منابعی

مهم، خاک‌ورزی حفاظتی توأم با مدیریت بقایا و تناوب راهی برای حفاظت از منابع و پایداری در تولید می‌باشد.

۲- علف های‌هرز سالیانه خسارات فراوانی را به جهت کمی و کیفی به محصولات وارد می‌نمایند. ایجاد مقاومت به سموم و جهش در علف‌های هرز موجب شده تا مصرف سموم روز به روز افزایش یابد و کنترل آنها ناموفق باشد. لذا کاهش خاک‌ورزی توأم با مدیریت بقایا و رعایت اصول به زراعی (استفاده از بذور اصلاح شده و کود های پوسیده حیوانی، کنترل علف‌های هرز حاشیه جوی‌ها و مزارع، عدم ورود دام به مزرعه و ضد عفونی ادوات و ماشین آلات کشاورزی) راهکاری مناسب در کنترل مطلوب علف‌های هرز می‌باشد. علاوه بر این درکاهش هزینه‌ها و تقلیل آسیب های زیست محیطی سموم نیز موثر خواهد بود. وضعیت بانک بذر علف‌های هرز در روش‌های مختلف خاکورزی و میزان بقایا می‌تواند در برنامه‌های آتی بررسی سیستم‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

۳- با عنایت به تفاوت در خصوصیات آب و خاک، وضعیت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز رایج در هر منطقه، تناوب‌های رایج و امکانات کشاورزان در هر ناحیه، آزمایشات منطقه‌ای برای دستیابی به الگوی مناسب برای شرایط موجود پیشنهاد می‌گردد.

این آزمایشات می تواند شامل:

الف) مدیریت متفاوت بقایا (تا میزان ۱۰۰ درصد) مورد بررسی قرار گیرد.

ب) تطبیق سستم‌های کشت بدون شخم با روش‌های عمده آبیاری موجود در کشور (عمدتا نشتی) مورد تحقیق قرار گیرد.

ج) مقایسه سیستم‌های کم‌خاکورزی و مدیریت بقایا در دیم و ارائه الگوهای مناسب در این خصوص می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

د) مقایسه سیستم‌های کم‌خاکورزی و مدیریت بقایا از لحاظ مصرف انرژی و هزینه‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

۴- مصرف انرژی زیاد و خاک‌ورزی فشرده در کشاورزی رایج کنونی موجب اثرات منفی بر کیفیت خاک و محیط شده و ناپایداری در تولید را به همراه داشته است. لذا پیشنهاد می‌گردد به منظور کاهش مصرف انرژی، صرفه‌جویی در زمان، کاهش اثرات تخریبی بر خاک و محیط و بهبود کیفیت خاک، کاهش فشردگی خاک، عملیات آماده سازی و کشت با کاهش عملیات خاک‌ورزی و کشت بدون شخم انجام شود و در این خصوص مقایسه وضعیت مصرف انرژی در سیستم‌های مختلف خاک ورزی می‌تواند از مطالعات آینده باشد.

منابع

۱. ابراهیم پور نورآبادی ف. آینه بند ا. نورمحمدی ق. موسوی نیا ح. مسکرباشی م. و پیوستگان ب ،(۱۳۸۶)"ارزیابی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم یولاف وحشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه" *مجله علوم کشاورزی*، شماره ۳، دوره ۳۰، ص ۷۷-۷۱.

۲. ابوذر م. شهازی م. ترابی س. نیکخواه ح. ر. و نجفی س، (۱۳۹۱)" تغییرات پس از گرده افشانی در ماده خشک میانگره های ساقه، انتقال مجدد و ارتباط با عملکرد دانه جو(*Hordeum vulgar* L.) " *مجله فیزیولوژی گیاهی*، شماره ۴ ، دوره ۲، ص ۵۵۳-۵۵۷.

۳. احمدی ا. جودی م. و جان محمدی م، (۱۳۸۸)" حذف برگ و عملکرد گندم : شواهد کم محدودیت منابع پس از گرده افشانی " *مجله پژوهشهای زراعی ایران*، دوره ۱۱۳، ص ۹۳-۹۰.

۴. احمدی ح. ویسانی و. سیوسه مرده ع. و خانیزاد ع، (۱۳۹۳) " تأثیر زمان سمپاشی بر عملکرد و برخی شاخصهای فیزیولوژیک چهار رقم گندم آبی (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط رقابت با علفهای هرز" *مجله تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان*، شماره ۲، دوره ۱، ص ۶۴-۳۹.

۵. احمدی غ، ح، (۱۳۷۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد:" دوره بحرانی کنترل علف های هرز در نخود دیم" ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۶. اسلافر ج، (۱۳۷۵)" **اصول فیزیولوژیکی اصلاح نباتات**" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۷. اصغرپور ر. قربانی ر. کوچکی ع. و محمدآبادی ع، (۱۳۹۰)" اثر مدیریت تلفیقی علف های هرز با استفاده از تابش آفتاب، مالچ کاه و کلش و وجین دستی بر بانک بذر علف های هرز" *مجله پژوهشهای زراعی ایران*، شماره ۳، دوره ۸، ص ۴۲۴-۴۳۰.

۸. اکبرآبادی ع. کهریزی د. رضایی‌زاد ع. احمدی غ. و قبادی م،(۱۳۹۴)" بررسی صفات مرتبط با عملکرد ژن نمونه های گندم نان در شرایط آبیاری معمول و تنش آبی" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، دوره ۴۶ ، شماره ۲، ص ۲۰۶-۱۹۳.

۹. امام ی. احمدی ع. و پسرک لی م، (۱۳۸۹)" تاثیر روش های مختلف خاک ورزی توام با مدیریت بقایای گیاهی و سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم دیم رقم (اگوستا) در شرایط استان فارس" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۴، دوره ۴۱، ص ۸۴۱-۸۵۰.

۱۰. امام ی. و نیک‌نژاد م، (۱۳۷۳) " **مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی**" ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز.

۱۱. امام ی،(۱۳۹۴)" **تولید غلات**" انتشارات دانشگاه شیراز، ص ۱۹۰.

۱۲. آقا علیخانی م. و صفری م، (۱۳۹۲)" تاثیر تاریخ کشت بر روند تغییراتشاخص های فیزیولوژیک رشد سه رقم سورگوم دانه ای" *مجله تولیدات گیاهی*، شماره ۱، جلد ۳۶، ص ۶۳-۷۸.

۱۳. آنت ز. اسماعیل زاده مقدم م. کاشانی ع. و مرادی ف، (۱۳۹۲)" روند تغییرات عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیکی در ارقام گندم نان بهاره معرفی شده در در ایران- سال های ۱۳۳۰- ۱۳۸۷ " *مجله به زراعی نهال و بذر*، شماره ۴ ، دوره ۲۹ ، ص ۴۸۳-۴۶۱.

۱۴. باغستانی میبدی م. و زند ا، (۱۳۸۴)" بررسی ویژگی های مورفولوژیک و فیزیولوژیک موثر در رقابت گندم زمستانه در مقابل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*)" *مجله پژوهش و سازندگی*، دوره ۶۸ ، ص ۴۱-۵۵.

۱۵. پارسا م. گنجالی ع. رضائیانزاد ا. و نظامی ا، (۱۳۹۰) " اثرات آبیاری تکمیلی روی شاخص های رشد و عملکرد سه رقم نخود در منطقه مشهد" *مجله پژوهشهای زراعی ایران*، شماره ۱، دوره ۹، ص ۳۲۱-۳۱۰.

۱۶. جعفر نژاد ا. آقایی ح. و نجفیان گ، (۱۳۹۲) " صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دوره زایشی" *مجله به نژادی گیاهان زراعی و باغی*، شماره ۱، دوره ۱، ص ۲۲-۱۱.

۱۷. جوادی ه. راشد محصل م. زمانی ر. آذری نصرآبادی ا. و موسوی ر، (۱۳۸۵)" اثر تراکم بر شاخص های رشد در چهار رقم سورگوم دانه ای" *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، دوره ۴، ص ۲۶۵- ۲۵۳.

۱۸. جودی م. احمدی ع. محمدی و. عباسی ع. محمدی ح. اسماعیل پور م. بیات ز. و ترکاشوند ب، (۱۳۸۹)" مطالعه تجمع اسیمیلات‌های ساقه و انتقال آنها در ارقام گندم تحت شرایط خشکی و آبیاری در طول مرحله رشد زایشی" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۲، دوره ۴۱، ص ۳۱۵-۳۲۸.

۱۹. چقازردی ح. جهانسوز م. احمدی ع. و گرجی م، (۱۳۹۴) " تاثیر روش های مختلف خاک ورزی بر عملکرد گندم دیم در اقلیم های سرد معتدل و نیمه گرمسیری استان کرمانشاه" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۴، دوره ۴۶، ص ۶۱۸-۶۰۵.

۲۰. حاتمی ح. آینه بند ا. عزیزی م. سلطانی ا. و دادخواه ع، (۱۳۸۹)" تاثیر کود پتاسیم بر رشد و عملکرد ارقام سویا در خراسان شمالی" *فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، شماره ۲، دوره ۲، ص۱ - ۱۷.

۲۱. حبیب‌زاده ف، (۱۳۸۳)، " پایان نامه کارشناسی ارشد :" اثر مقادیر مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد و کیفیت سویا در منطقه خزر" دانشگاه مازندران، دانشکده کشاورزی.

۲۲. حبیب‌زاده ی. مامقانی ر. و کاشانی ع، (۱۳۸۵) " اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک سه ژنوتیپ ماش در شرایط اهواز" *مجله علوم زراعی ایران*، شماره ۱، دوره ۸، ص ۷۸-۶۶.

۲۳. حسن‌زاده قورت‌تپه ع، (۱۳۷۹)، پایان نامه دکتری زراعت: " بررسی تاثیر کود های آلی، شیمیایی و تلفیقی بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان در آذربایجان غربی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت مدرس.

۲۴. حسنوند م. رفیعی م. و باقری ع، (۱۳۹۲)" تجزیه و تحلیل رشد گیاه گلرنگ با استفاده از مدل سازی رگرسیونی" *مجله به زراعی کشاورزی*، شماره ۳، دوره ۱۵، ص ۳۷-۲۷.

۲۵. حسین‌پور ت. سیادت س.ا. ممقانی ر. و رفیعی م، (۱۳۸۲)" مطالعه بعضی از اثرات مورفولوزیکی و فیزیولوژیکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های گندم نان تحت کم آبیاری" *مجله علوم زراعی ایران*، شماره ۱، دوره ۵، ص ۳۶-۲۳.

۲۶. حسینی ن. محمودی س. و کریم مجنی ح، (۱۳۹۳)" شاخص‌های رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تاثیر تداخل علف‌های هرز جودره (*Hordeum spontaneum* L.) در منطقه اصفهان" *مجله فرایند و کارکرد گیاهی*، شماره ۳، دوره ۱۹، ص ۱۴۲-۱۳۳.

۲۷. خاوازی ک. اسدی رحمانی ح. و ملکوتی م. ج، (۱۳۸۵)" **لزوم تولید صنعتی کود های بیولوژیکی**" انتشارات ثنا" ص۲۸۴-۲۷۹.

۲۸. خرمدل س. کوچکی ع. و نصیری محلاتی م، (۱۳۸۹)" اثر مدیریت مختلف نهاده ها بر ترکیب، تنوع و تراکم علف های هرز ذرت " *مجله* بوم شناسی کشاورزی، شماره ۱، دوره۲، ص ۱-۱۰ .

۲۹. راشد محصل م ، راستگو م، موسوی ک، ولی‌الله‌پور ر و حقیقی ع،(۱۳۸۵)" **مبانی علم علف‌های هرز**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۵۳۴.

۳۰. راشد محصل م. ح. سراجچی م. افشاری م. و اهدایی ح. ر، (۱۳۸۹)" اثر عملیات زراعی در شب بر تراکم و ماده خشک علف های هرز" *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، شماره ۳، دوره ۸ ، ص ۵۵۰-۵۵۸.

۳۱. راشد محصل م. ح. سیاهمرگویی ع. نصیری محلاتی م. خرقانی ف. و اشراقی ع، (۱۳۸۴)" اثر تناوب بر فلور، تراکم و انتشار گیاهچه علف های هرز" *مجله علوم و تکنولوژی کشاورزی*، شماره ۲، دوره ۱۹، ص ۱۳۷-۱۴۶.

۳۲. رحیمیان ح. کوچکی ع و زند ع، (۱۳۷۸)" **سازگاری و عملکرد گیاهان زراعی**" انتشارات نشر، ص .

۳۳. روضاتی ن. غلامی ا. اصغری ح. و بانکه ساز ا،(۱۳۹۰)" تاثیر مدیریت کود نیتروژن بر شاخص‌های رشد و صفات کمی سه هیبرید ذرت دانه‌ای در شاهرود" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، دوره ۴۲ ، شماره ۲، ص ۳۱۸-۳۰۵.

۳۴. رهنما ا، (۱۳۸۵)" **فیزیولوژی گیاهی**" انتشارات پوران پژوهش، ص ۳۳۲.

۳۵. زند ا ، رحیمیان مشهدی ح، کوچکی ع، خلقانی ج، موسوی س ک و رمضانی ک، (۱۳۸۳)" **اکولوژی علف‌های هرز**" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۵۴۴.

۳۶. سلیمانی ع. فیروزی م . و نارنجانی ل، (۱۳۹۰) " تأثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر برخی از شاخص های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه ای" *مجله پژوهش های زراعی ایران*، شماره ۳، دوره ۹، ص ۳۴۷-۳۴۰.

۳۷. سلیمی س، (۱۳۸۹)، پایان نامه کارشناسی ارشد :" بررسی تاثیر تاریخ،الگوی کشت و تراکم بوته بر عملکرد و شاخص برداشت ذرت دانه ای (*Zea mays* L.*cul.maxima*) رقم ماکسیما " ، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی.

۳۸. صابرالی س.ف. سادات نوری س. ع. حجازی ع. و زند ا، (۱۳۸۶)" تاثیر تراکم و الگوی کشت بر رشد و عملکرد ذرت تحت رقابت با علف هرز سلمه تره"مجله پزوهش و سازندگی، شماره۱، دوره۲۰، ص ۱۴۳-۱۵۲.

۳۹. صالحی ف. بحرانی م. کاظمینی س. ع. پاک نیت ح. و کریمیان ن، (۱۳۹۰)" تاثیر مقادیر بقایای گندم و کود نیتروژن بر برخی ویژگی های خاک مزرعه در زراعت لوبیا" *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ، علوم آب و خاک*، شماره ۵۵، ص ۲۰۹-۲۱۸.

۴۰. صفاری م، (۱۳۷۸)، پایان نامه دکتری:" مدلسازی عملکرد گندم، ذرت و کنجد در تناوب های مختلف زراعی، روش های متفاوت شخم و مدیریت بقایای گیاهی"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴۱. صفری ع. آسودار م. ع. قاسمی نژاد م. و ابدالی مشهدی ا، (۱۳۹۳)" اثر حفظ بقایا، سیستم های شخم و کشت بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم" *مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار*، شماره ۲، دوره ۲۳، ص ۴۹-۵۹.

۴۲. طالعی ا. و بهرام نژاد ب، (۱۳۷۸)" مطالعه ارتباط مابین عملکرد و اجزاء عملکرد جمعیت های گندم از مناطق غربی ایران " *مجله علوم کشاورزی*، شماره ۱، دوره ۲۶، ص ۵۳-۴۷.

۴۳. طالعی ع. ر. پوستینی ک. و دوازده امامی س، (۱۳۸۳)" اثرات الگوی کشت بر خصوصیات فیزیولوژیکی بعضی از ارقام لوبیا" *مجله علوم کشاورزی*، دوره ۳۱، ص ۴۷۷-۴۸۷.

۴۴. طاهریان م. بی همتا م. پیغمبری ع. و علی زاده ه، (۱۳۹۴) " تاثیر تنش شوری بر تجمع و آزاد سازی مواد نورساختی میانگره های ساقه در ژنوتیپ های مختلف جو" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۴، دوره ۴۶، ص۶۵۱-۶۷۱.

۴۵. طریق الاسلامی م. ضرغامی ر. مشهدی اکبر بوجار م. و اویسی م، (۱۳۹۱) " تأثیر تنش خشکی و مقادیرکود نیتروژن بر شاخصهای فیزیولوژیک ذرت دانه ای" *مجله زراعت و اصلاح نباتات*، شماره ۱، دوره ۸، ص ۱۷۴-۱۶۱.

۴۶. عبادی ع. ساعد ک. و سنجری ع، (۱۳۹۱) "اثر قطع آبیاری بر انتقال ماده خشک و بعضی از صفات زراعی جو بهاره" مجله تولید گیاهان زراعی، شماره ۴، دوره ۴، ص ۱۹-۳۷.

۴۷. عبدی ن. عارفی م. و زاهدی امیری ج، (۱۳۸۸)" تخمین ترسیب کربن در گون مراتع استان مرکزی" *فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، دوره ۱۵، ص۲۶۹-۲۸۲.

۴۸. عزت احمدی م. نورمحمدی ج. قدسی م. و کافی م، (۱۳۹۰)" اثر تنش آبی و محدودیت های منبع بر تجمع و انتقال مجدد اسیمیلات ها در ژنوتیپ های گندم" *مجله پژوهشهای زراعی ایران*، شماره ۲، دوره۹، ص ۲۲۹- ۲۴۱.

۴۹. عزیزی م، (۱۳۷۳)، " پایان نامه کارشناسی ارشد :" اثر ات کود های ازته بر شاخص های رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد سویا" دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی.

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

۵۱. علی محمدی م .و میرمحمدی مبیدی س، (۱۳۹۰)" تجزیه عاملی صفات زراعی فیزیولوژیک ده رقم گندم نان در دو رژیم آبیاری" *مجله پژوهش های تولید گیاهی*. شماره ۲ ، دوره ۱۸ ، ص ۷۵-۶۱.

۵۲. علیجانی خ. بحرانی م. ب. و کاظمینی س. ع، (۱۳۹۰)" تاثیر روش های خاک ورزی و مقادیر بقایای ذرت بر رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم" *مجله پژو هش های زراعی ایران*، شماره ۳، دوره ۶، ص ۴۸۶-۴۹۳ .

۵۳. عنافجه ز. عالمی سعید خ. فتحی ق. قرینه م. و چعب ع، (۱۳۹۰)" بررسی شاخص های رشد و تخمین آستانه خسارت اقتصادی دانه کلزا درپاسخ به تراکم های متفاوت کلزا و خردل وحشی" *مجله پژوهش های زراعی ایران*، شماره ۱، دوره ۹، ص ۱۱-۱.

۵۴. غیاث آبادی م . خواجه حسینی م. و محمدآبادی ع. ا، (۱۳۹۳)" بررسی اثر تاریخ نشاکاری بر شاخص های رشد و عملکرد علوفه ذرت در منطقه مشهد"*مجله پژوهش های زراعی ایران*، شماره ۱، دوره ۱۲، ص ۱۴۵-۱۳۷.

۵۵. فنایی ح.ر. گلوی م. کافی م. و قنبری بنجار ع، (۱۳۸۸)" بهبود تنش آبی توسط کود پتاسیم در دو گونه کلزا" *مجله الکترونیکی تولید گیاهی*، شماره ۲، دوره ۳، ص ۴۱-۵۴.

۵۶. قربانی ر. میرعلوی س. و. و ثابت تیموری م، (۱۳۹۲)" اثر تاریخ کشت و تراکم گندم پاییزه بر تراکم و بیومس علف های هرز" *مجله اگرواکولوژی*، شماره ۴، دوره ۴، ص ۲۹۴-۳۰۶.

۵۷. قلی زاده ا. دهقانی ح و دوراک ج، (۱۳۹۳)"ارتباط بین محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه تحت شرایط تنش شوری در گندم نان" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۵ ، دوره ۵۴ ، ص ۸۱۶-۸۲۴.

۵۸. کریمی م. م و عزیزی م، (۱۳۷۶) " **آنالیز های رشد گیاهان زراعی**" ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۵۹. کوچکی ع و حسینی م،(۱۳۸۵)"**تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۵۵۶.

۶۰. کوچکی ع ، حسینی م و هاشمی دزفولی ا، (۱۳۷۴)"**کشاورزی پایدار**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۶۲.

۶۱. کوچکی ع و خلقانی ح، (۱۳۷۵)" **شناخت مبانی تولید محصولات زراعی(نگرشی اکوفیزیولوژیک)**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۵۳۶.

۶۲. کوچکی ع و خواجه حسینی م، (۱۳۸۷)" **زراعت نوین**"انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۷۰۴.

۶۳. کوچکی ع و خیابانی ح، (۱۳۷۲)" **مبانی اکولوژی کشاورزی**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۲۸۸.

۶۴. کوچکی ع و سرمدنیا ج، (۱۳۸۵)" **فیزیولوژی گیاهان زراعی**" ترجمه، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۴۰۰.

۶۵. کوچکی ع. سلطانی ا، (۱۳۷۸)" **اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک**" انتشارات دانشگاه فردوسی.

۶۶. کوچکی ع. ظریف کتابی ح. و نخ فروش ع، (۱۳۸۰) "**مدیریت علف‌های هرز در اکوسیستم های کشاورزی با رویکردهای زیست محیطی**" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۶۷. کوچکی ع. غلامی ع. مهدوی دامغانی ع. و تبریزی ل، (۱۳۸۴)" **محصولات زراعی ارگانیک**" انتشارات داشگاه فردوسی مشهد.

۶۸. لباسچی م.ح. و شریفی ا، (۱۳۸۳) " استفاده از شاخص های فیزیولوژیک رشد در بهره برداری مناسب از گل راعی، *مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی*، دوره ۶۵، ص ۶۵-۷۵.

۶۹. لطیفی ن. سیاهمرگویی ع. اکرم قادری ف. و یونس آبادی م، (۱۳۸۹)" اثر روش های مختلف شخم بر پویایی علف های هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L) بعد از کلزا (*Brassica napus* L.)" *مجله پژوهشهای زراعی ایران*، شماره۱، دوره ۷، ص ۱۹۵-۲۰۴.

۷۰. مجتبایی زمانی م. نبی‌پور م. و مسگرباشی م، (۱۳۹۲)" ارزیابی تجمع و انتقال مجدد کربوهیدرات های محلول ساقه در ژنوتیپ های گندم نان بهاره در شرایط تنش گرمایی انتهای فصل در اهواز" *مجله علوم زراعی ایران*، شماره ۳، دوره ۱۵، ص ۱۸۱-۱۹۸.

۷۱. مجتبایی م. سیادت ع. نجفی م.س. فتحی ج. و عالمی ک، (۱۳۸۹)" اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک پنج رقم گندم نان " *مجله پژوهشهای زراعی ایران*" شماره ۲، دوره ۸، ص ۳۰۸-۳۱۴.

۷۲. محمدپور ت. و جعفری م، (۱۳۹۱)" مطالعه اثرات تراکم بر شاخص های رشد ارقام گندم" *مجله کشاورزی و علوم گیاهی*، شماره ۴، دوره ۱۸، ص ۱۳۴۱-۱۳۳۷.

۷۳. محمدی ر. دریایی ع. و رجبی ر، (۱۳۸۹الف)" مطالعه خصوصیات اگروفیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به خشکی ژنوتیپ های جدید گندم دوروم " *مجله علوم کشاورزی*، شماره ۳، دوره ۸، ص ۴۰۳-۴۱۴.

۷۴. محمدی ک. ح. نبی‌الهی ک. آقاعلیخانی م. و خرمالی ف، (۱۳۸۹ب)" بررسی اثر سیستم های شخم بر خصوصیات فیزیکی خاک عملکرد و اجزاء عملکرد گندم" *مجله پژوهش های تولید گیاهی*، شماره۴، دوره ۱۶، ص ۷۷-۹۱.

۷۵. مرادی ر، (۱۳۹۲)، پایان نامه دکتری:" بررسی تاثیر روش های خاک ورزی و مدیریت بقایا و کاربرد کود نیتروژن بر بیلان گاز های گلخانه ای در کشت ذرت (*Zea mays* L.) و ارائه رهیافت های سازگاری به تغییر اقلیم "، ،دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۷۶. منصوری ع. برارپور م. و بابائیان جلودار ن، (۱۳۸۰)" اثر روش های شخم و فاصله ردیف بر عملکرد سویا (*Glycine max* L.) و مدیریت علف های هرز" *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، شماره ۳۲، دوره ۴، ص ۸۴-۷۳.

۷۷. میرطاهری م. سیادت ع. نجفی م.س. فتحی ج. و عالمی ک، (۱۳۸۹)" اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد ماده خشک ۵ رقم گندم نان" *مجله پژوهشهای زراعی ایران* ، شماره ۲، دوره ۸، ص ۳۰۸-۳۱۴.

۷۸. میرهادی م.ج، (۱۳۸۱)" **ذرت**" انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، ص ۱۹۹.

۷۹. نادری ع. و مشرف ج، (۱۳۷۹)، " اثر تنش خشکی بر صفات مرتبط با عملکرد در ژنوتیپ های گندم" ، ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، بابلسر، ص ۵۵۵.

۸۰. نساری ن، (۱۳۸۹)، پایان نامه کارشناسی ارشد:" بررسی اثرات شخم و روش‌های کنترل علف‌های هرز بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف نخود"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۸۱. نصیرزاده ع، حسینی مروست س،ا و مظاهریان د، (۱۳۸۵)" مطالعه اثر تراکم بر شاخص های فیزیولوژیکی رشد در سه رقم ذرت دانه ای درمنطقه مروست یزد" ص ۲۴۲ – ۲۳۴، **مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران**، دانشگاه تهران .

۸۲. نواب پور س. لطیفی ن. حسینی ح. و کاظمی گ، (۱۳۹۰) " ارزیابی عملکرد دانه در ارتباط با اجزاء عملکرد و شاخص های رشد در گندم" *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، شماره ۳، دوره ۴، ص ۱۷۳-۱۵۷.

۸۳. نوری ح. احمدی ع. و پوستینی ک، (۱۳۹۳) " ارزیابی پتانسیل انتقال مجدد در وضعیت کاهش منبع در ارقام زراعی گندم ایران" *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، شماره ۲، دوره ۴۵، ص ۳۱۷-۳۲۶.

۸۴. هاشمی دزفولی ع. و هربرت س.ج، (۱۳۷۵)" پاسخ عملکرد دانه ذرت به روش های خاک ورزی و تراکم گیاه" *مجله پژوهشهای کشاورزی ایران* ، دوره ۱۵، ص ۱۹-۳۱.

۸۵. هوشمندی ب، (۱۳۹۴) " ارزیابی برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ارقام گندم نان" *مجله فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی*، شماره ۲۶، دوره ۷، ص ۱۳۳-۱۲۱.

86. Abbate P. E. Andrade F. H. Culot J. P. and Bindraban P. S. (1997)" Grain yield in wheat: effects of radiation during spike growth period" J. of Field Crops Research., 54, pp 245–257.
87. Adiku S. G. K. Jones J. W. Kumaga F. K. and Tonygah A. (2009) " Effects of crop rotation and fallow residue management on maize growth, yield and soil carbon in a savannah-forest transition zone of Ghana" J. of Agricultural Science., 147, pp 313-322.
88. Al-Darby A. M. and Lowery B. (1986) " Evaluation of corn growth and productivity with three conservation tillage systems" J. of Agronomy Journal., 78, pp 901-907.
89. Aleman F. (2001) "Common bean response to tillage intensity and weed control strategies" J. of Agronomy Journal., 93, pp 556-563.
90. Al-Kaisi M. M. and Yin X. (2004) "Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage " J. of Soil and Tillage Research., 78, pp 91-101.
91. AL-Karaki G. McMichael B. and Zak J. (2004) " Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress" J. of Mycorrhiza., 14, pp 263-269.
92. Allen E. J. and Scott R. K. (1980) "An analysis of growth of the potato crop" J. of Agric. Sci. Camb., 94, pp 483-606.
93. Alvarez R. and Steinbach H. S. (2009)" A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas" J. of Soil and Tillage Research., 104, pp 1-15.
94. Alvear M. Rosas A. Rouanet J. L. and Borie F. (2005) "Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from Southerm Chile" J. of Soil Tillage Research., 82, pp 195– 202.

95. Andren O. katterer T. and Karlsson T. (2004) ”Regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools” J. of Nutrient cycling in Aagroecosystems., 70, pp 231-239.
96. Araus J. L. Amaro T. Voltas J. Nakkoul H. and Nachit M. M. (1998) “ Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under mediterranean conditions” J. of Field Crops Research., 55, pp 209-223.
97. Ashworth S. and Harrison H. (1983) ” Evaluation of mulches for use in the home garden” J. of Horticultural Science., 18, 2, pp180-182.
98. Auesswald K. Mutchlen C. K. and McGrey K. C. (1994)” The influence of tillage induced differences in surface moisture content and soil erosion” J. of Soil and Tillage Research., 32, pp 41-50.
99. Austin R. B. Morgan C. L. Ford M. A. and Blackwell R. A. (1980) ” Contribution to the grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf Barley phenotypes in two contrasting seasons” J. of Annual Botany., 45, pp 309-319.
100. Baker C. J. and Saxton K. E. (2007),“ No-tillage seeding in conversation Agriculture”, 2nd edu. From http://www.fao.org/docrep/012/al298e/al298e.htm
101. Balkan A. Genctan T. and Bilgin O. (2011) “ Effect of removal of some photosynthetic organs on yield components in durum wheat (*Triticum aestivum* L.)” Banglades Journal of Agricuture Research., 36, pp 1-12.
102. Balota E. L. Kanasshiro M. Filho A. C. Andrade D. S. and Dick R. P. “(2004) ”Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems” Brazilian J. of Microbiology., 35, pp 300-306.
103. Barraco M. Diaz-Zorita M. and Duarte B. G. (2007) “ Corn and soybean residue covers effects on wheat productivity under no-tillage practices. In wheat production in stressed environment” J. of Springer Publisher., pp 209-216.
104. Barzegar A. R. Asoodar M. A. Khadish A. Hashemi A. M. and Herbert S. J. (2003) ”Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments “ J. of Soil and Tillage Research., 71, pp 49-57.
105. Bayer C. Martin-Neto L. Mielniczuk J. Pillon C. N. and Sangoi L. (2001)” Changes in soil organic matter ftaction under subtropical no-till cropping system “ J. of Soil Science Society of American Journal.,65, pp 1473-1478.

106. Bilge B. Yildirim M. Barutcular C. and Genc I. (2008) " Effect of canopy temperature depression on grain yield and yield components in bread and durum wheat" J. of Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca., 36, pp 34-37.
107. Bindra A. D. Khrwara P. C. (1994) " Analysis of growth and productivity of spring sunflower (*Heleanthus annuus*) in relation to nitrogen levels and plant population" J. of Annals of Biology Ludhiana., 10, pp 134-136.
108. Blaise D. and Ravindran C. D. (2003) " Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India" J. of Soil and Tillage Research., 70, pp163-173.
109. Blake G. R. and Hartage K. H. (1986) " Bulk density in methods of soil analysis part 1 Ed. A Klute" Madison,WI, USA. J. of American Society of Agronomy, pp 364-366.
110. Blum A. (1988)," Physiological selection criteria for drought resistance. In: Wittmer, G. (eds.) The future of cereals for human feeding and development of biotechnological research. Int. Fair of Agric", 39th, Foggia, Italy. pp 191-199.
111. Blum A. (1999) " Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization" J. of Euphytica., 100, pp 77-83.
112. Blum A. Sinmena B. Mayer J. Golan G. and Shpiler L. (1994) " Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress" Australian Journal of plant Physiology., 21, pp 771-781.
113. Boggs J. L. Tsegaye T. Coleman T. L. Reddy K. and Fahsi A. (2003) " Relationship between hyperspectral reflectance, soil nitrate-nitrogen, cotton leaf chlorophyll, and cotton yield: a step toward precision agriculture" J. of Sustainable Agriculture., 22, pp 5-16.
114. Bonnett G. D. and Incoll L. D. (1992) " Effects on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain-filling. Changes in the composition of water-soluble carbohydrates of internodes" J. of Experimental Botany., 44, pp 75-82.
115. Booker B., (2009), Master of science thesis "No till tomato production", university of san luis, california

116. Bremner P. M. and Rawson H. M. (1978) " The weights of individual grains of the wheat ear in relation to their growth potential, the supply of assimilate and interaction between grains" Australian Journal of Plant Physiology., 5, pp 61-72.
117. Bronson K. F. Chua T. T. Booker J. Keeling J. W. and Lascano R. J. (2003) "In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton"J. of Soil Science Society of America Journal., 67, pp 1439-1448.
118. Brussaard L. De Ruiter P. C. and Brown G. G. (2007) " Soil biodiversity for agricultural sustainability" J. of Agronomy Ecosystem Environment.. 121, pp 233–244.
119. Buerkert A. Bationo A. and Dossa K. (2000) " Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in west Africa" J. of Soil Science Society of America., 64, pp 347-354.
120. Buhler D. D. and Mester T. C. (1991) "Effect of tillage systems on the emergence depth of giant (*Setaria faberi*) and green foxtail (*Setaria viridis*) " J. of Weed Science., 39, pp 200-203.
121. Cardina J. Regnier E. and Harrison K. (1991) " Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils" J.of Weed Science., 39, pp 186-194
122. Caviglia O. P. Sadras V. O. and Andrade F. H. (2004) "Intensification of agriculture in the south-eastern pampas capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean" J. of Field Crops Research., 87, pp 117-129.
123. Ceja-Navarro J. A. Rivera F. N. Patiño-Zúñiga L. Govaerts B. Marsch R. Vila-Sanjurjo A. and Dendooven L. (2010 a) "Molecular characterization of soil bacterial communities in contrasting zero tillage systems" J. of Plant Soil., 329, pp 127-137.
124. Ceja-Navarro J. A. Rivera F. N. Patiño-Zúñiga L. Govaerts B. Crossa J. Marsch Dendooven L. and Vila-Sanjurjo A. (2010b) "Phylogenetic and Multivariate Analyses To Determine the Effects of Different Tillage and Residue Management Practices on Soil Bacterial Communities" J. of Applied and Environmental Microbiology., 76, pp 3685–3691.
125. Cha K. W. Lee Y. J. Koh H. J. Lee B. M. Nam Y. W. and Paek N. C. (2002) "Isolation, characterization, and mapping of the stay green mutant in rice" J. of Theoretical and Applied Genetics., 104, pp 526-532.

126. Chauhan B. S. and Gohnson D. E. (2000) "Seed germination ecology of *portulaca oleracea* L. an important weed of rice and upland crops" J. of Annals Applied Biological Journal., 155, pp 61-69.
127. Choudhary M. A. Akramkhanov A. and Saggar S. (2001)" Nitrous oxide emission in soils cropped with maize under long-term tillage and under permanent in New Zealand" J. of Soil and Tillage Research., 62, pp 61-71.
128. Choudhury B. L. and Idso S. B. (1985) "Evaluating plant and canopy resistances of fieldgrown wheat from concurrent diurnal observations of leaf water potential, stomatal resistance, canopy temperature and evapotranspiration flux" J. of Agriculture and Forest Meteorology., 34, pp 67-76.
129. Clements D. R Weise S. F. Brown R. Stonehouse D. P. Hume D. J. and Swanton C. J (1995) " Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems" J. of Ecosystem Environment., 52, pp 119-128.
130. Conn J. S. (2006)" Weed seed bank affected by tillage intensity for barley in Alaska" J. of Soil and Tillage Research., 90, pp 156-161.
131. Cox W. J. Zobel R. W. Van H. M. and Otri D. J. (1990) " Tillage effects on some soil physical and corn physiological charactristic" J. of Agronomy Journal., 82, pp 806-809.
132. Cussans G. W., (1976)" The influence of changing husbandry on weeds ana weed control in arable crops" In Proceeding of the 1976 British Crop protection Conferenceon Weeds, pp 1001-1009, Croyden, British.
133. Dalal R. C. Allen D. E. Wang W. J. Reeves S. Gibson I. (2011) "Organic carbon and total nitrogen stocks in a Vertisol following 40 year of no-tillage, crop residue retention and nitrogen fertilization" J. of Soil and Tillage Research., 112, pp 133-139.
134. Daniels R. W. and Alcock M. B. (1982) "A reappraisal of stem reserve contribution to grain yield in spring Barley (*Hordeum vulgar* L.)" J. of Agricualtural Science., 98, pp 347-355.
135. Daugovish O. Lyon D. J. and Baltensperger D. D. (1999) "Cropping systems to control winter annual grasses in winter wheat (*Triticum aestivum*)" J. of Weed Technology., 13, pp120-126.

136. Davidson D. J. and Chevalier R. M. (1992) ”Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stem of spring wheat” J. of Crop Science, 32, pp 186-190.
137. Domsch K. H. Jagnow G. and Anderson T. H. (1983) ” An ecological concept for the assessment of side effects of agrochemical on soil microorganisms” J. of Residue Rev., 86, pp 65–105.
138. Doran J. W. Elliott E. T. and Paustian K. (1998)” Soil microbial activity nitrogen cycling and long term change in organic carbon pools as related to fallow tillage management “J. of Soil Tillage Reaserch., 49, pp 3-18.
139. Ehdaie B. Alloush G. A. Madore M. A. and Waines J. G. (2006a) “ Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. Postanthesis changes in internode dry matter” J. of Crop Science., 46, pp 735-746.
140. Ehdaie B. Alloush G. A. Madore M. A. and Waines J. G. (2006b) “ Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. II. Post-anthesis changes in internode water-soluble carbohydrates” J. of Crop Science., 46, pp 2093-2103.
141. El-Monayeri M. O. Hegazi A. M. Ezzat N. H. Salem H. M. and Tahom S. M. (1983) “Growth and yield of some wheat and barley varieties grown under different moisture stress levels” J. of Annals of Agricultural and Environmental Medicine., 2, pp 231-240.
142. Entry J. A. Reeves D. W. Backman C. B. and Raper R. L. (1996) “ Influence of wheel traffic and tillage on microbial biomass, residue decomposition and extractable nutrients in a Coastal Plain Soil” J. of Plant and Soil., 180, pp 129-137.
143. Fabrizzi K. P. Gorcia F. O. Costa J. L. and Picone L. I. (2005) “Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillge systems in soutestern Pampas of Argentina” J. of Soil and Tillage Research., 81, pp 57-69
144. F.A.O. (2010) “Statistical database” Available online: http// www. FAO. Org.
145. FAO (2016) “FAOSTAT data of Food and Agriculture Organization of the United Nations” Available on line at: http://faostat.fao.org/.
146. Farooq M. Wahid A. Kobayashi N. Fujita D. and Basra S. (2008) “Plant drought stress: effects, mechanisms and management” J. of Agronomy for Sustainable Development, pp 1-28.

147. Fathi R. Reza T. and Farzad F. (2011) “Characterization of Iranian landrace wheat accessions by inter simple sequence repeat (ISSR) markers” J. of Applied Environment Biological Science., 1, pp 432-436
148. Fortin M. C. (1993) ” Soil tempreature, soil water and no-till corn development following in row residue removal ” J. of Agronomy Journal., 85, pp 571-576.
149. Fowlera R. and Rockstromb J. (2001) ” Conservation tillage for sustainable agriculture Anagrarian revolution gathers momentum in Africa” ” J. of Soil and Tillage Research., 61, pp 93-107.
150. Friedrich T. Derpsch R. and Kassam A. (2012) “Overview of the global spread of conservation agriculture adoption” Field action science reports, from http://www.rolf-derpsch.com/en/dissemination.
151. Fuentes M. Govaerts B. De Len F. Hidalgo C. Dendooven L. Sayre K. D. and Etchevers J. (2009) “Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality” Europ. J. Agronomy., 30 , pp 228–237.
152. Fuentes M. Govaerts B. Hidalgo C. Etchevers J. González-Martín I. Hernández-Hierro J. M. Sayre K. D. And Dendooven L. (2010) “Organic carbon and stable 13C isotope in conservation agriculture and conventional systems” J. of Soil Biology and Biochemistry., 42, pp 551-557.
153. Fullen M. A. and Catt J. A. (2014), “Soil Management: Problems and Solutions Routledge” pp 320.
154. Gagnon B. Simard R. R. Robitaille R. Goulet M. and Rioux R. (1998) ” Soil nitrogen and moisture as influenced by composts and inorganic fertizer rate” J. of Can. j. Soil Sci., 78, pp 207-215.
155. Gajri P. R. Arora V. K. and Prihar S. S. (2004) ”Tillage for Sustainable Cropping” International book Distributing co. pp 195.
156. Gantzer C. J. and Blake G. R (1978) ”Physical characteristic of Le Sueur clay loam soil following no-till and conventional tillage “J. of Agronomy Journal., 70, pp 853-857.

157. Gardner F. P. Brent Pearce R. and Mitchell R. L. (2010), “Physiology of crop plants”, 8th Edition. pp 336.
158. Gardner F. P. R. Balle and D. E. McCloud. (1990) “Yield characreristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid” J. of Agron. Journal., 82 pp 864-868.

159. Gathala K. Timsina J. Saiful Islam M. D. Mahbubur Rahman M. D. Israil Hossain M. D. Harun-Ar-Rashid M. D. Ghosh A. K. Krupnik T. J. Tiwari T. P. and McDonald A. (2014) ”Conservation agriculture based tillage and crop establishment optionscan maintain farmers’ yields and increase profits in South Asia’srice–maize systems: Evidence from Bangladesh Mahesh” J. of Field Crops Research, 172, 85-98.
160. Geisseler D. William R. Horwath K. and Scow M. (2011)” Soil moisture and plant residue addition interact in their effect on extracellular enzyme activity” J. of Pedobiologia., 54, pp 71-78.
161. Gentile R. Vanlauwe B. Kavoo A. Chivenge P. and Six J. (2010)”residue quality and N fertilizer do not influence aggregate stabilization of C and N in two tropical soils with contrasting texture" J. of Nutrient Cycling in Agroecosystems., 88, pp 121-131.
162. Giovanni G. Silvano P. and Giovanni D. (2004) ”Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels” J. of Eur. Agronomy Journal., 21, pp 181-182.
163. Gitelson A. A. and Merzlyak M. N. (2003) “Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves” J of Plant Physiology., 160, pp 271-282.
164. Giunta F. Motzo R. and Deidda M. (1995) “Effect of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment” Australian Journal of Crop Science, 96, pp 99- 111.
165. Gonzalez L. and Gonzalez-vilar M. (2001),“Determination of relative water content. In: Roger MJR (Ed) Handbook of plant ecophysiologytechniques”, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederlands, pp 207-212 .
166. Gonzalez-Dugo M. P. Moran M. S. Mateos L. and Bryant R. (2005) “ Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity” J. of Irrigation Science., 24,4, pp 233-240.

167. Gooding M. J. Smith G. Daries W. P. and Kettlewell P. S. (1997) ” The use of residual maximum likelihood to model grain quality characters of wheat with variety, climatic and nitrogen fertilizer effects” J. of Agric. Sci. Cambridge., 128, pp135-142.
168. Govaerts B. Mezzalama M. Sayre K. D. Crossa J. Lichter K. Troch V. Vanherck K. De Corte P. and Deckers J. (2008) “Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on selected soil micro-flora groups in the subtropical highlands” J. of Applied Soil Ecology., 38, pp 197–210.
169. Govaerts B. Sayre K. D. Goudeseune B. Corte P. D. Lichter K. Dendooven L. and Deckers J. (2009) “Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands” J. of Soil and Tillage Research., 103, pp 222–230.
170. Grace P. R.colunga-Garcia M. Gage S. H. Robertson G. P. and Safir G. R. (2006) ” The potential impact of agricultural management and climate change on soil organic carbon resources in terrestrial ecosystems of the North Central Region of the United States” J. of Ecosystems., 9, pp 816-827.
171. Grafts- Brander S. J. and Salvucci M. E. (2002) “Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress” J. of Plant Physiology., 129, pp1773-1780.
172. Gregeresen P. L. Holm P. B. and Krupinska K. (2008) “Leaf senescence and nutrient remobilization in barley and wheat” J. of Plant Bio., pp 37-49
173. Gregory P. J. and Eastham J. (1996) “Growth of shoots and roots, and interception of radiation by wheat and lupin crops on a shallow.duplex soil in response to time of sowing” Austeralia Journal Agriculture Research.,47, pp 427-435.
174. Gruber S. and Claupein W. (2009) ”Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming” J. of Soil and Tillage Research., 105, pp 104-111
175. Guillou C. L. Angers D. A. Leterme P. and Menasseri-Aubry S. (2011) ” Differential and successive effects of residue quality and soil mineral N on water-stable aggregation during crop residue decomposition” J. of Soil Biology and Biochemistry., 43, pp 1955-1960.
176. Halvorson A. D. Blak A. L. Krupinsky J. M. and Merril S. D. (1999) “ Dryland winter wheat response to tillage and nitrogen within an annual cropping system” J. of Agronomy Journal., 91, pp 702-707.

177. Halvorson A. D. Peterson G. A. and Reule C. A. (2002) “Tillage system and crop rotation effects on dryland crop yields and soil carbon in the central great plains” J. of Agronomy Journal., 94, pp 1429–1436.
178. Hammel J. E. (1989) ” Long term tillage and crop rotation effects on bulk density and soil impedance in Northern Idaho” J. of Soil Sci. Soc. Am. J., 53, pp 1515-1519.
179. Hartmann K. M. and Nezadal W. (1990) “Photocontrol of weeds without herbicides” J. of Naturwissenschaften., 77, pp158-163.

180. Hayhoe H. N. Dwyer L. M. Stewart D. W. White R. P. and Culley J. L. B (1996) ” Tillage, hybrid and thermal factors in corn establishment in cool soils” J. of Soil and Tillage Research., 40, pp 39-54.
181. Hemmat A. and Eskandari I. (2004) ” Tillage systems effects upon productivity of a dryland winter wheat- chickpea rotation in the northwest region of Iran” J. of Soil and Tillage Research., 78, pp 69-81.
182. Hemmat A. and Eskandari I. (2006) “Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran” J. of Soil and Tillage Research., 86, pp 99-109.
183. Hillel D. (2003), “Introduction to Environmental Soil Physics” Academic Press.
184. Hobbs P. R. Sayre K. and Gupta R. (2008) “The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philosophical transactions of the royal society” pp 543-555. from http://rstb.royalsocietypublishing.org/subscriptions
185. IPCC. (1995) “ Climate Change 1995: The science of climate change” edu J.T.Houghton, L.G.Meiro.
186. Irena R. Celarece J. Swanton E. J. (2001) “Understanding maize- weed competition resource competition, light quality and the whole plant” J. of Field Crop Research., 71, pp 139-150
187. Izaurralde R. C. Hobbs A. and Swallow C. W. (1986)” Effects of reduced tillage practices on continous wheat production and on soil properties” J. of Agronomy Journal., 78, pp 787-791.
188. Jalota S. K. (1993) “Evaporation through a soil muloh in relation to characteristics and evaporation” Australian Journal of soil Research, 31, 2, pp131-136.

189. Jeffries P. Gianinazi S. Perotto S. Turnau K. and Barea J. M. (2003) " The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility" J. of Biol Fertil Soils., 37, pp1–16.
190. Jian-Bin Z. Xing-Li C. Ying-Li Z. and Jian-Liang L. (2010)" Nitrogen released from different plant residues of the Loess Plateau and their additions on contents of microbial biomass carbon, nitrogen in soil" J. of Acta Ecologica Sinica., 30, pp 123-128.
191. Jong R. Li K. Y. Bootsma A. Huffman T. Roloff G. and Gameda S. (2007)," Crop yield and variability under climate change and adaptative crop management scenarios" Final Report for Climate Change Action Fund Project. A080.
192. Juroszek S. Drews S. Neuhoff D. and kopke. U. (2003) "light-dependent germination of weeds in a natural seed bank during a 2year course of tillage" J. of Aspects Appl. Biol., 9, pp 25-130.
193. Kabanova S. and Chaika, M. (2001)"Correlation analysis of triticale morphology, chlorophyll content and productivity" Journal of Agronomy and Crop Science, 186, pp 281-285.
194. Kabir Z. O'Halloran I. P. Widden P. and Hamel C. (1998) "Vertical distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (*Zea mays*) in no-till and conventional tillage systems" J. of Mycorrhiza., 8, pp 53–55.
195. Karimi M. M. and Siddique K. H. M. (1991) "Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars" J. of Aust. J. Agric. Res., 42. pp 13-20.
196. Karlen D. L. Wallen N. C. Erbach D. C. Berry E. C. Swan J. B. and Jordahl J. L. (1994)" Crop residue effects on soil quality following 10 years of no-till corn" J. of Soil and Tillage Research., 31, pp149-167
197. Kashif M. and Khaliq I. (2004)" Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat" International Journal of Agriculture Biology., 6, pp 138-142.
198. Kettler T. A. Lyon D. J. Doran J.W. Powers W. L. and Strou w. w. (2000)"Soil Quality Assessment after Weed-Control Tillage in a No-Till Wheat–Fallow Cropping System" J. of Soil Science Society of America.,64, pp 355-364.

199. Kiniry J. R. (1993)"Nonstructural carbohydrate 539 tilization by wheat shaded during grain growth" J. of Agron. J., 85, pp 844-849.
200. Kling M. and Jakobsen I. (1998)" Arbuscular myccorhiza in soil quality assessment, J. of Ambio, 27, 29–34.
201. Kumar K. and Goh K. M. (2000)" Crop residues and management practices: effects on soil quality , soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery" J. of Advanced Agronomy., 68, pp 297-319.
202. Lapen D. R. Topp G. Gregorich E. and Curnoe E. (2004) " Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario" J. of Canada Soil and Tillage Research., 78, pp 151-170.
203. Lascala N. J. Bolonhezi D. and Pereira G. T. (2006)" Short-term soil CO2 emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil"J. of Soil and Tillage Research., 91, pp 244-248.
204. Le Roux, X., Poly, F., Currey, P., Commeaux, C., Hai, B., Nicol, G. W., Prosser J. I. Schloter M. Attard E. and Klumpp K. (2008)" Effects of aboveground grazing on coupling among nitrifier activity, abundance and community structure. International Society for Microbial Ecology Journal, 2, pp 221-232.
205. Leeson J. Y. and Thomas A. G. (2009)" Management of weeds within tillage systems" J. of Prairie Soils and Crops Journal, 2, pp 31-37.
206. Lichter K. Govaerts B. Six J. Sayre K. D. Deckers J. and Dendooven L. (2008)" Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in a permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico" J. of Plant Soil, 305, pp 237–252.
207. Liebman M. Drummond F. A. Corson S. and Zhang J. (1996) " Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems" J. of Agronomy Journal., 88, pp 18-26.
208. Logsdon S. D. and Karlen D. L. (2004)" Bulk density as a soil quality indicator during conversion to no- tillage" J. of Soil and Tillage Research, 78, 143-149.
209. Lopez M. S. Reynolds M. P. Manes Y. Singh R. P. Crossa J. and Braun H. J. (2012)"Genetic yield gain and changes in associated traits of CIMMYT spring breed

wheat in a “Historical” set representing 30 years of breeding”J. of Crop Science., 52, pp 1123-1131.

210. Lopez M. V. Moret D. Gracia R. and Arrue J. L. (2003)”Tillage effects on barley residue cover during follow in semiarid Aragon” J. of Soil and Tillage Researc.,72, pp 53-64.
211. Lopez-Bellido L. Fuentes M. Castillo J. E. and Fernandez E. J. (1996)” Longterm tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rained Mediterranean condition” J. of Agronomy Journal., 88, pp 783-791.
212. Mao S. Islam M. R. Hu Y. Qian X. Chen F. and Xue. X. (2011)” Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in Maize (*Zea mays*) following soil application of super absorbent polymer at different fertilizer regimes” African Journal of Biotechnology., 10, 49, pp 1000-1008.
213. Marcia G. Rex D. and Martin G. (2005)” Practical lessons learned from the sustainable cotton project biological agriculture systems in cotton (BASIC) program” Sustainable cotton project, from http://caff.org/wp-content/uploads/2010/07/Cotton-Manual.pdf .
214. Marongwe L. S. Kwazira K. Jenrich M. Thierfelder C. Kassam A. and Friedrich T. (2011)” An African success: the case of conservation agriculture in Zimbabwe” International Journal of Agricultural Sustainability., 9, 1, pp 153-161.
215. Martinez C. Angas P. and Lampurlanes L. (2003) ” Growth yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by tillage and fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed condition of Spain ” J. of Field Crops Research., 84, pp341-357.
216. Massacci A. Nabiev S. M. Pietrosanti L. Nematov S. K. Chernikova T. N. Thor K. and Leipner J. (2008)” Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging” J. of Plant Physiology and Biochemistry., 46, pp 189–195.
217. -Mathew R. Feng Y. Githinji L. Ankumah R. and Balkcom K. (2012)”Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities” J. of Applied

and Environmental Soil Science.,Article ID 548620 From http://www.hindawi.com/journals/aess/2012/548620

218. Mays L. (2009)," Integrated Urban Water Management: Arid and Semi-Arid Regions", UNESCO-IHP (Urban Water-Unesco-IHP). CRC Press.
219. Michels K. Sivakumar M. V. K. And Allison B. E. (1993) " Wind erosion in the South Sahelian zone and induced constrains to pearl millet production"J. of Agricultural and Forest Meteorology., 67, pp 65-67.
220. Morison M. J. Stewart D. W. and Mcvetty P. B. E.(1992)"Maximum area expansion rate and duration of summer rape leaves" Canadian Journal of Plant Science., 72 , pp 117-126.
221. Mosier A. R. Halvorson A. D. Reule C. A. and Liu X. J. (2006) " Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado" J. of Environmental Quality., 35, pp 1584-1598.
222. Mrabet R. (2002) " Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa" J. of Soil and Tillage Research., 66, pp119-128.
223. Mtui T. A. Kanemasu E. T. and Wassom C. (1981)" Canopy temperatures, water use, and water use efficiency of corn genotypes" J. of Agronomy Journal., 73, pp 639-643.
224. Mulugeta D. and Stoltenberg D. E. (1997) " Weed and seed bank management methods as influenced by tillage" J. of Weed Science., 45, pp 706-715.
225. Munijal R. and Rena R. K. (2003)" Evaluation of physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) for terminal high temperature tolerance. Proceedings of the tenth international wheat genetics symposium, poestum" Italian Journal of Classical and Molecular Breeding., 2, pp 804-805.
226. Munns R. James R. A. and Läuchli A. (2006) " Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals" J. of Experimental Botany., 57, pp 1025-1043.
227. Mutegi J. K. Lars J. Petersen B. M. Hansen E. M. and Petersen S. O. (2010) " Nitrous oxide emission and controls as influenced by tillage and crop residue management strategy" J. of Soil Biology and Biochemistry., 42, pp1701-1711.

228. Nakamoto T. Yamagishi J. and Miura F. (2006) ” Effect of reduced tillage on weeds and soil organisms in Winter wheat and summer maize cropping on Humic Andosolsin Central Japan ” J. of Soil and Tillage Research., 85, pp 94-106.
229. Nele V. Nelissen V. Jespers N. Haven H. and Sayre K. D. (2011) ”Soil water content, maize yield and its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands” J. of Plant and Soil., 344, pp 73-85.
230. Nice G. Johnson B. and Bauman T. (2007)” Weed control in no-till systems” From http://www.btny.purdue.edu/weedscience/NOTILLid/CT-2.html
231. Norsworthy J. K. (2008)” Effect of tillage intensity and herbicide programs on changes in weed species density and composition in the southeastern coastal plains of the United States “J. of Crop Protection., 27, pp151-160
232. Norwood C. A. (2000)” Dryland winter wheat as affected by previous crops” J. of Agronomy Journal., 92, pp 121-127.
233. Ntunes P. M.,(2004), PhD Thesis, “ Determination of nutritional and signaling factors involved in the tripartite symbiosis formed by arbuscular mycorrhizal fungi, bradyrhizobium and soybean”, The University of Guelph.
234. Nyssen J. Govaerts B. Araya T. Cornelis W. M. Bauer H. Haile M. Sayre K. and Deckers J. (2011)” The use of the marasha ard plough for conservation agriculture in Northern Ethiopia” J. of Agronomy Sustainability Development., 31, pp 287–297.
235. Oconnel M. G. Oleary G. J. Whitfield D. M. and Connor D. J. (2004)” Interception of photosynthetically active radiation and radiation use efficiency of wheat field pea and mustard in a semi arid environment” J. of Field Crops Research., 85, pp 111-124.
236. Oehl F. Sieverding E. Ineichen K. Mader P. Boller T. Wiemken A. (2003)”Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-ecosystems of central Europe” J. of Appl Environ Microbiol., 69, pp 2816–2824.
237. Ogbonnaya F. Mujeeb-Kazi A. Kazi A. G. Lagudah E. L. Xu S. S. and Bonnett D. (2013), ”Syntheticchexaploid in wheat improvement.” In: Jules Janick (Ed.) Plant Breeding Reviews. PP 35-122.

238. Oicha T. Cornelis W. M. Verplancke H. Nyssen J. Govaerts B. Behailu Behailu M. Haile M. and Deckers J. (2010)" Short-term effects of conservation agriculture on vertisols under tef (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) in the northern Ethiopian highlands" J. of Soil & Tillage Research, 106, pp 294–302.
239. Ortiz C. Sayre K. D. Govaerts B. Gupta R. Subbarao G. V. Ban T. Hodson D. Dixon J. M. Ortiz-Monasterio J. I. and Reynolds M. (2008)" Climate change: Can wheat beat the heat?" J. of Agriculture, Ecosystems and Environment.,126, pp 46 – 58.
240. Ozkan B. and Akcaoz H. (2002)"Impact of climate factors on yields for selected crops in Turkey" Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change., 7, pp 367-380.
241. Paknejad F. Majidi Heravan E. Noor Mohammadi Q. Siyadat A. and Vazan S. (2007)" Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars" American Journal of Biochemistry and Biotechnology., 5, 4, pp 162-169.
242. Panahyan M. and Jamaati S. H. (2009)"Study of variation trend of growth indices in lentil under drought stress" Australian Journal of Basic and Applied Sciences., 3, pp 4314-4326.
243. Papkosta D. K. and Gagianas A. A. (1991)" Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling., J. of Agronomy Journal., 83, pp 864-870.
244. Parr J. F. Papendick R. I. Hornick S. B. and Meyer R. E. (2003)" Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture" J. of Am J Altern Agric.,7, pp 5–7.
245. -Passban Eslam B. Shkiba M. R. Neshabori M. R. Moghaddam M. and Ahmadi M. R. (2000)" Effects of water stress on quality and quantity characteristics of rapeseed" J. of Agriculture Science., 10, pp 75 – 85.

246. Patiño-Zúñiga L. Ceja-Navarro J. A. Govaerts B. Luna-Guido M. Sayre K. D. and Dendooven L. (2009)" The effect of different tillage and residue management practices on soil characteristics, inorganic N dynamics and emissions of N2O, CO2

and CH4 in the central highlands of Mexico: a laboratory study" J. of Plant Soi., 314, pp 231–241.

247. Pauw E. D. Gbela W. and Adam H. (2000)" Agrometeorological aspects of agriculture and forestry in the arid zones" J. of Agricultural and Forest Meteorology., 103, pp 43-58.
248. Peñuelas J. and Filella I. (1998)" Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status" j. of Trends in Plant Science, 3, 151-156.
249. Pester T. A. Westra P. Randy L. A. Drew J. L. Stephan D. M. Philip W. S. and Gail A. W. (2000)"Secale cereal interference and economic threshold in winter Triticum aestivum" J. of Weed Science., 48, pp 720-727.
250. Peterson D. (2005) " Conserving natural resources in Illinois. University of Illinois Extension, January 2005, No. 6 pp 1-4. http://www.wq.uiu-c.edu/pubs/ustillage trends-1-13-05.pdf#search=%22tillage%20u-s%20acreage%22s
251. Philbrook B. D. Oplinger E. S.and Freed B. E. (1991)"Solid-seeded soybean cultivar response in three tillage systems" J. of Production Agriculture., 4, pp 86–91.
252. Pikul J. L. Ramig R. E. and Wilkins D. E. (1993)" Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat pea rotation" J. of Soil and Tillage Research., 26, pp151-162.
253. Plaut Z. Butow B. J. Blumenthal C. S. and Wrigkey C. V. (2004)" Transport of dry mater into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature" J. of Field Crop Research., 86, pp 185-198.
254. Powel J. M. and Unger P. W. (1998) " Alternative to crop residues for sustaining agricultural productivity and natural resourse conservation" J. of Sustainable Agric., 11, pp59- 84.
255. Power J. F. Willis W. O. Grunes D. L. and Reichman G. A.(1978)"Effect of soil temperature, phosphorus, and plant age on growth analysis of barley" J. of Agronomy Journal., 59, pp 231-234.
256. Purcell L. C. (2000)" Soybean canopy closure and light interception measurements using digital imagery" J. of Crop Science., 40, pp 834–837.

257. Ramesh K. Chandrasekaran B. Balasubramanian T. Bangarusamy U. Sivasamy R. and Sankaran N. (2002)" Chlorophyll dynamics in rice (Oryza sativa L.) before and after flowering based on SPAD (chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield" J. of Agronomy and Crop Science., 188, pp 102-105.
258. Rashid A. Stark J. C. Tanveer A. and Mustafa T.(1999)"Use of canopy emperature measurement as a screening tool for drough tolerance in spring wheat" J. of Agronomy and Crop Science., 82, pp 231-237.
259. Rees D. Sayre D. Acevedo E. Nava sanchez T. Lu Z. Zeiger E. and Limon A. (1993)" Canopy temperature of wheat: Relationship with yield and potential as a technique for early generation selection" October 1993. Wheat special report NO.10.Mexico, DF: CIMMYT. From http://cimmyt.org.
260. Reeves D. W. (1997)" The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems" J. of Soil and Tillage Research.,43,pp 151-167.
261. Reeves D. W. Rogers H. H. Droppers J. A. Prior S. A. and Powell J. B. (1992)" Wheel-Traffic effects on corn as influenced by tillage system" J. of Soil tillage Research., 23, pp 177-192.
262. Renne I. J. and Tracy B. F. (2007)" Disturbance persistence in managed grasslands: Shifts in aboveground community structure and the weed seed bank" J. of Plant Ecology, 190, 71-80.
263. Reynolds M. P. and Borlaug N. E. (2006)" Applying innovations and new technologies for international collaborative wheat improvement" J. of Agriculture Science., 144, pp 95-110.
264. Reynolds M. P. Nagarajan S. Razzaque M. A. and Ageeb O.A.A. (2001)" Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance. CIMMYT, Mexico, DF, pp 124-135. from http://cimmyt.org.
265. Robertson M. J. and Giunta F. (1994)" Responses of spring wheat exposed to pre-anthesis water stress" Australian Journal Agricultural Research., 45, pp 19-35.
266. Rosyara U. R. Vromman D. and Duveiller E. (2008)" Canopy temperature depression as an indication of correlative measure of spot blotch resistance and heat stress tolerance in spring wheat" J. of Plant Pathology., 90, 1, pp 103-107.

267. Royo C. and Blanco. R. (1999)" Use of potassium iodide to mimic drought stress in triticale" J. of Field Crops Research., 59, pp 201-212.
268. Ruegg W. T. Richner W. Stamp P. and Feil B. (1998) "Accumulation of dry matter and nitrogen by minimum-tillage silsge maize planted into winter cover crop residues" J. of European Journal of Agronomy., 8, pp 59-69.
269. Sainju U. M. Zachary N. Nyakatawa E. Z. Tazisong I. A. and Reddy K. C.(2008) " Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources" J. of Agriculture, Ecosystems and Environment., 127, pp 234-240.
270. Samarajeewa K. B. D. P. Horiuchi T. and Oba S. (2006)" Finger millet (*Eleucine corocana* L. Garetn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soybean under different tillage systems" J. of Soil and Tillage Research., 90, pp 93-99.
271. Sapkota J. R. K. Singh T. B. Jat R. G. Kumar M. L. and Gupta R. K. (2014)" Seven years of conservation agriculture in a rice–wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability" J. of Field Crops Research., 164, pp 199–210.
272. Sarvade S. Mishra H.S. Kaushal R. Chaturvedi S. Tewari S. and Jadhav T.A. (2014)"Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) crop under different spacings of trees and fertility levels" African Journal of Agricultural Research., 9, pp 866-873.
273. Sato T. Abdalla O. S. Oweis T. Y. and Sakuratani T. (2006)" The Validity of predawn leaf water potential as an irrigation-timing indicator for field-grown wheat in northern Syria" J. of Agriculture Water Management., 82, pp 223-236.
274. Satorre E. H. and Slafer G. A. (1999), " Wheat:ecology and physiology of yield determination" ,The Haworth Press, New York, pp 503.
275. Schalamuk S. Velazquez S. Chidichimo H. and Cabello M. (2006)" Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with spring wheat: effects of tillage" J. of Mycologia., 98, 1, pp 16–22.
276. Schynder H. (1993)" The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relation of wheat and barley during grain filling" J. of New Phytologist., 23, pp 233-245.

277. Sessiz A. Alp A. and Gursoy S. (2010)" Conservation and conventional tillage methods on selected soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) yield and quality under croppin system in turkey" Bulgarian Journal of Agricultural Science., 16 , 5, pp 597-608.
278. Sestera M. Ravelosonb H. Tharreauc D. and Dusserrea J. (2014)" Conservation agriculture cropping system to limit blast disease in upland rainfed rice" J. of Plant Pathology., 63, pp 373–381.
279. Shafi M. Bakht J. Jan M. T. and Shah Z. (2007) " Soil C and N dynamics and maize (*Zea mays* L.) yield as affected by cropping systems and residue management in North-western Pakistan " J. of Soil and Tillage Research., 94, pp 520-529.
280. Shao H. B. Chu L. Y. Jaleel C. A. Manivannan P. Panneerselvam R. and Shao M. A. (2009)" Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the Eco environment in arid regions of the globe" J. of Critical Reviews in Biotechnology., 29, pp 131-151.
281. Sharma S. K. Ramesh A. Sharma M. P. Joshi O. P. Govaerts B. Steenwerth K. L. and Karlen D. L. (2010)" Microbial Community Structure and Diversity as Indicators for Evaluating Soil Quality ,Springer Science+Business Media B.V. 317-358
282. Shibles R. M. and Weber C. R. (1995)"Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans" J. of Crop Sci., 5, pp 575-577.
283. Shipley J. L. and Regier C. (1977)" Effects of wheat straw disposal practices in the continous production of irrigated winten wheat " Texas. Agric. Exp. Stn. Misc. Rep. Mp1348C.
284. Shofield M. P. Richard J. C. Caver B. P. and Mornhi N. W. (1988)" Water relation in winter wheat as drought resistance indicators" J. of Crop Science., 28, pp 526-531.
285. Simmons F. W. and Nafziger E. D.(2011),"Soil management and tillage. Illinois Agronomy Handbook ", pp. 133- 142. http : // extension.cropsci.illinois.edu/.../chapter10.pdf .

286. Sinclair T. R. and Muchow R. C.(1999) " Radiation use efficiency" J. of
287. Adv. Agron., 35, pp 215-265.

288. Singh H. P. Batish D. R. and Kohli R. K. (2003)" Allelopathic interactions and allelochemicals: new possibilities or sustainable weed management" J. of Plant Science., 22, pp239-311.
289. Singh K. N. Singh S. P. and Singh G. S. (1995)" Relationship of physiological attributes with components in bread wheat (*Triticum aestivum* L) under rainfall condition" J. of Agriculture Science Digest.,15, pp
290. 11-14.
291. Six J. Ogle S. M. Breidt F. J. Conant R. T. Mosier A. and Paustian K. (2004)" The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term" Global Change Biol., 10, pp 155– 160.
292. Smith K. A. Mctaggart I. P. and Tsuruta H. (2000)"Emission of N2O and NO associated with nitrogen fertilization in intensive agriculture, and the potential for mitigation"J. of Soil Use Manage.,13, pp 296-304.
293. Soane B. D. (1990)" The role of organic mater in soil compactability: a review of some practical aspects" J. of Soil Tillage Research., 16, PP 179-201.
294. Sokoto M. B. Abubakar I. U. and Dikko A. U. (2012)"Correlation analysis of some growth, yield, yield components and grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.)" Nigerian Journal of Basic and Applied Science., 20, PP 349-356.
295. Sommer R. Piggin C. Haddad A. Hajdibo A. Hayek P. and Khalil Y. (2012) "Simulating the effects of zero tillage and crop residue retention on water relations and yield of wheat under rainfed semiarid Mediterranean condition " J. of Field Crops Research., 132, pp 40-52.
296. Somody C. N. Nalewaja J. D. and Miller S. D. (1984)" Wild oat seed environment and germination" J. of Weed Science., 32, pp 502-504.
297. Sorensen R. C. and Penas E. J. (1978)"Nitrogen fertilization of soybeans" J. of Agron. J. , 70, pp 213-216.
298. Sow A. A. Hossner L. R. Unger P. W. and Stewart B. A. (1997) " Tillage and residue effects on root growth and yields of grain sorghum following wheat " J. of Soil and Tillage Research., 44, pp 121-129

299. Stark J. C. Pavek J. J. and Mccann I. R. (1991)" Using canopy temperature measurements evaluate drought tolerance potato genotypes" J. of America Society Horticultural Science.,116, 3, pp 412-415.
300. Stewart B. A. and Peterson G. A. (2014)"Managing green water in dryland agriculture"J. of Agronomy Journal.,106, pp 1-10.
301. Swanton C. J. Clements D. R. and Derksen D.A. (1993) " Weed succession under conservation tillage : A hierarchical frame work for research and management" J. of weed technology., 7, pp 286-297.
302. Swanton C. J. Shrestha A. Knezevic S. Z. Roy R. C. and Ball-Coelho B. R. (1999)" Influence of tillage type on vertical weed seedbank distribution in a sandy soil" Canadian Journal of Plant Science., 80, pp 455-457.
303. Takahashi T. Chevalier P. M. and Rupp R. A. (2001) " Storage and remobilization of soluble carbohydrates after heading in different plant parts of a winter wheat cultivar" J. of Plant Production Science., 4, pp 160-165.
304. Tanji A. and Zimdahl R. (1997)"The competitive ability of (*Triticum aestivum*) compared to rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) and cowcockle(Vaccariahispanica)" J. of Weed Science ., 45, pp 481-487.
305. Tarkalsona D. D. Hergertb G. W. and Cassman K. G. (2006)" Long-term effects of tillage on soil chemical properties and grain yields of a dryland winter wheat sorghum/corn-fallow rotation in the great plains" J. of Agronomy Journal., 98, pp 26-33.
306. Thierfelder C. and Wall P. C. (2010)" Rotation in conservation agriculture systems of zambia: Effects On Soil Quality And Water Relations" J. of Experimental Agriculture., 46, 3, pp 309-325.
307. Thomas H. Ougham H. J. Wagstaff C. and Stead A. D. (2003)"Defining senescence and death" J. of Experimental. Botany., 54, pp 1127–1132.
308. Tilman D. Cassman K. G. Matson P. A. Naylor R. and Polasky S. (2002)" Agricultural sustainability and intensive production practices" J. of Nature., 418, pp 671-677.

309. Torresen K. S. and Skuterud R. (2002)" Plant protection in springcereal production with reduced tillage. Changes in the weed flora and weed seedbank" J. of Crop Protection., 21, pp179-193.
310. Tueche J. R. and Hauser S. (2011)" Maize (*Zea mays*) yield and soil physical properties as affected by the previous plantain cropping systems, tillage and nitrogen application" J. of Soil and Tillage Research., 115, pp 88-93.
311. Unger P. W. and Calla M. C. (1980)" Conservation tillage systems " J. of Advanced Agronomy., 33, pp 2-53.
312. Verhulst N. Govaerts B. Lichter K. Sayre K. D. Ceballos-Ramirez J. M. Luna-Guido M. L. Deckers J. and Dendooven L. (2009)"Short term changes in dynamics of C and N in soil when crops are cultivated on permanent raised beds" J. of Plant Soil., 320, pp 281–293.
313. Verhulst N. Govaerts B. Nelissen V. Sayre K. D. Crossa J. Raes D. and Deckers J. (2011)"The effect of tillage ،crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor" J. of Field Crops Research., 120, pp 58–67.
314. Verhulst N. Govaerts Sayre K. D. Sonder k. Romero-Perezgrovas R. Mezzalama M. Dendooven L. (2012)," Conservation agriculture as a means to mitigate and adapt to climate change, a case study from Mexico. Climate Change Mitigation and Agriculture", Earthscan, Oxon, ISBN: 9781849713924, pp. 287-300. from http://www. Teca.fao.org/sites/default/files/news.
315. Verhulst N. Govaerts B. Verachtert E. Castellanos-Navarretea A. Mezzalama M. Walla P. C. Chocobarc A. Deckersb J. and Sayre K. D. (2010a),"Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? Food security and soil quality", CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 137-208.
316. Verhulst N. Kienle F. Sayre K. D. Deckers J. and Raes D. (2010b)"Soil quality as affected by tillage-residue management in a wheat-maize irrigated bed planting system" J. of Plant Soil., 340, pp 453-466.
317. Verhulst N. Nelissen V. Jespers N. Haven H. Sayre K. D. Raes D. Deckers J. and Govaerts B. (2011)"Soil water content, maize yield and its stability as affected by

tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands" J. of Plant Soil., 344, pp 73–85.

318. Wang X. B. Hoogmoed W. B. Oenema O. Perdok U. D. and Cai D. X. (2007)" Developments in conservation tillage in rainfed regions of North China" J. of Soil and Tillage Research., 93, pp 239-250.
319. Wardlaw I. F. and Willenbrink J. (1994)"Carbohydrate storage and mobilization by the culm of wheat between heading and grain maturity: the relation to sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase" Australian Journal of plant Physiology., 21, pp 255-271.
320. West T. O. A and Marland G. (2002)"A synthesis of carbon sequestration, carbon emission and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States" J. of Agriculture, Ecosystem and Environment., 91, pp 217-232.
321. Wilkins D. E. Simens M. C. and Albrecht S. L. (2002)"Changes in soil physical characteristics during transition from intensive tillage to direct seeding" J. of Transactions_of_American_ Society_of_Agricultural_Engineers., 45, 4, pp 877-880.
322. Williams J. D. and Wuest S. B. (2011)"Tillage and no-tillage conservation effectiveness in the intermediate precipitation zone of the inland Pacific Northwest, United States" J. of Soil and Water Conservation., 66, 4, pp 242-249.
323. Wolf j. Adger W. Lorenzoni L. Abrahamson V. and Rain R. (2010)" ,Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation", An empirical study of two UK cities. Global Environmental Change., 20, pp. 44-52.
324. Wood C. W. and Edwards J. H. (1992)"Agroecosystem management effects on soil carbon and nitrogen" J. of Agric. Ecosys. Environ., 39, pp 123-138.
325. Wright A. L. Hons J. and Matocha F. M. (2005)" Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations" J. of Applied Soil Ecology., 29, pp 85-92.
326. Xiao Y. G. Qian Z. G. Wu k. Liu J. J. Xia X. C. Ji W. Q. and He Z. H. (2012)"Genetic gain in grain yield and physiological traits of winter in Shandong province China from 1969 to 2006" J. of Crop Science., 52, pp 44-56.

327. Yalcin H. and Cakir E. (2006)"Tillage effects and enery efficienciens of subsoiling and direct seeding in light soil on yield of second crop corn for silage in western Turkey" J. of Soil and Tillage Research., 90, pp 250-255.
328. Yang J. and Zang J. (2006)"Grain filling of cereals under soil drying" J. of New Phytologist., 169, pp223–236.
329. Yang J. Peng S. Zhang Z. Wang Z. Visperas R. M. and Zhu Q. (2002)" Grain and dry matter yields and partitioning of assimilate in Japonica/Indica hybrid rice" J. of Crop Science, 42, pp 766-77
330. Yang J. Zhang J. Huang Z. Zhu Q. and Wang L. (2000)" Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil drying during grain filling in wheat" J. of Crop Science., 40, pp 1645-1655.
331. Yano T. Aydin M. and Haraguchi T. (2007)"Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey" J. of Sensors., 7, pp 2297-2315.
332. Yao Z. Zheng X. Xie B. Mei B. Wang R. Butterbach-Bahl K. Zhu J. and Yin R. (2009)" Tillage and crop residue management significantly affects N-trace gas emission during the non-rice season of a subtropical rice-wheat rotation" J. of Soil Biology and Biochemistry., 41, pp 2131-2140.
333. Yenish J. P. Doll J. D. and Buhler D. D. (1992) "Effect of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil" J. of Weed Science., 40, pp 429-433.
334. Ying J. Peng Sh. He Q. Yang H. Yang Ch. Visperas R. M. and Cassman K. G. (1998)"Comparison of high- yield rice in a tropical and subtropical environment: I. Determinants of grain and dry matter yields" J. of Field Crops Res., 57, pp 71-84.
335. Younga F. l. and Thorneb M. E. (2004)"Weed-species dynamics and management in no-till and reduced-till fallowcropping systems for the semi-arid agricultural region of the Pacific Northwest, USA" J. of Crop Protection., 23, pp 1097–1110.

Effects of conservation and conventional agriculture on weed dynamics and yield under rotation of maize (*Zea mays* L.) **and wheat** (*Triticum aestivum* L.)

Abstract

This research was conducted to evaluate the effect of conservation agriculture methods compared with conventional cultivation method on density and biomass of weeds, physiological and agronomical properties and also soil physicochemical properties under rotation of maize and wheat at Mashhad agricultural and Natural Resources Research center of Razavi Khorasan province in 2012-2013 and 2013-2014. This experiment was arranged in a split plot based on randomized complete block design with three replications. The experimental treatments consisted of main plots included tillage systems: 1) conventional tillage (tillage, disk, leveler, planting), 2) reduced tillage (chisel ploughs and planting) and 3) no tillage (direct planting); subplots were residue management: 1) 0%, 2) 30% and 3) 60% residue. In this research traits of density, dry weight, fresh weight and species of weeds and traits of leaf number per plant of corn, leaf area of corn ear, height of corn plant, diameter of corn stem, at ear of corn height and traits of relative water content (RWC), the difference between canopy temperature and air temperature (Δt), SPAD value, flag leaf area (FLA), leaf water potential (ΨW) and radiation interception (RI), length of stem, length of spike, length of peduncle, length, weight and area of flag leaf, dry matter transferred from the stem, partitioning assimilates to spike, present of assimilates participation storage before anthesis in seed filling, leaf area index, dry matter accumulation, crop growth rate, relative growth rate in wheat and also to soil physicochemical properties, mycorrhizal colonization(spore), soil temperature, water-holding capacity of the soil, porosity, resistance to soil permeability were measured. The results showed that tillage systems and residue management had significant effect on density and dry weight of annual and perennial weeds. Annual weed density significantly decreased but permanent weed density of increased under no-till treatment. The highest permanent weed dry weight were obtained under no-till treatment. Increase in residue significantly decreased density and dry weight of annual and perennial weeds. It is concluded that no till treatment with more residue aboveground could decreased whole density of weeds. The results showed that tillage

systems had significant effect on relative water content (RWC), the difference between canopy temperature and air temperature (Δt), SPAD reading, flag leaf area (FLA), leaf water potential (ΨW) and radiation interception (RI) in wheat. The highest the values of mentioned traits were obtained from no-tillage method. In residue management with increase amount of residue, relative water content, the difference between canopy temperature and air temperature, radiation interception increased but residue management had no significant effect on SPAD reading, flag leaf area (FLA), leaf water potential in wheat. The results showed that tillage systems had significant effect on mycorrhizal colonization(spore), soil temperature, water-holding capacity of the soil and porosity. The highest mycorrhizal colonization(spore),Water-holding capacity of the soil and porosity were obtained from no-till treatment. In residue management. The highest mycorrhizal colonization (spore), water-holding capacity of the soil and porosity were obtained from more residue treatment but soil temperature and resistance to soil penetration decreased. In the first year tillage systems had no significant effect on yields of corn but in the second year the highest grain yields of wheat were obtained under no-till and 60% residue treatment and in both years, with the increase in residue, crop yield increased.
Key words: No-tillage, Residue, Rotation, Sustainability,yield

Shahrood University of Technology
Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agronomy

Effects of conservation and conventional agriculture on weed dynamics and yield under rotation of maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.)

By : Abolfazl Fallah Heravi

Supervisor:
Dr. Hamid Abbasdokht

Advisors:
Dr. Ahmad Gholami

Dr. Ahmad Zarea Feizabadi

March 2017