اثر خاک ورزی بین ردیف بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی و کارآیی مصرف آب

احمد حیدری
عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
heidari299@yahoo.com

چکیده:

تراکم خاک،جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش و سرعت نفوذ آب به خاک و خلل و فرج خاک را کاهش می دهد این تغییرات حرکت آب و هوا در خاک و نیز نفوذ ریشه را در خاک محدود می‌کند و باعث کاهش جوانه زنی و در نهایت ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول شود. با توجه به اینکه تا زمانیکه سیب زمینی کشت شود نیاز است که تراکتور و ادوات مختلف چندین بار بر روی زمین حرکت کنند که این عاملی جهت متراکم شدن خاک محسوب می شود. این تحقیق با هدف خاک ورزی داخل ردیف به منظور کاهش اثرات منفی تراکم خاک و نیز نرم کردن خاک اطراف ریشه سیب زمینی اجرا شد. بدین منظور پس از کاشت سیب زمینی در زمانهای مناسب مبادرت به خاک ورزی بین ردیف کردیم. این تحقیق در قالب طرح آزمایشی، استریپ پلات در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. نوار افقی، فاکتور آبیاری (۲ سطح) شامل آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی سیب زمینی و نوار عمودی، فاکتور خاک ورزی داخل ردیف (٤ سطح) شامل ۱- نیمه زیرشکن (عمق ٤۰-۳۵سانتی متر) ۲- گاوآهن قلمی (حداکثر عمق نفوذ) ۳- پنجه غازی ٤- بدون خاک ورزی (شاهد) می باشد. در حین آزمایش شاخص مخروط خاک (مقاومت خاک) در دو مرحله اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد (زمان برداشت) عملکرد و برخی از فاکتورهای کمی و کیفی سیب‌زمینی شامل: اندازه غده، تعداد غده در بوته، وزن هر بوته و درصد غده‌های تغییرشکل یافته اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر روشهای خاک ورزی بین ردیف بر مقاومت خاک معنی دار بوده و به ترتیب خاک ورزی با زیرشکن و قلمی بیشترین تاثیر را بر کاهش مقاومت خاک در بین تیمارها داشتند. همچنین اثر روشهای خاک ورزی بر عملکرد سیب زمینی در سطح ۵ درصد معنی دار شد. و روشهای خاک ورزی با زیرشکن و گاوآهن قلمی بیشترین تاثیر را بر افزایش عملکرد سیب زمینی در بین تیمارها داشتند. اثر تیمارها بر فاکتورهای وزن غده در بوته، تعداد غده در بوته، اندازه طولی و درصد غده های دفرمه معنی دار نشد.

واژه‌های کلیدی : خاک ورزی نواری بین ردیف، سیب‌زمینی،کارآیی مصرف آب. تراکم خاک.

مقدمه:

تراکم خاک،جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش و سرعت نفوذ آب به خاک و خلل و فرج خاک را کاهش می دهد این تغییرات حرکت آب و هوا در خاک و نیز نفوذ ریشه را در خاک محدود می‌کند و باعث کاهش جوانه زنی و در نهایت ممکن است باعث کاهش عملکرد محصول شود. سیب‌زمینی یکی از محصولات مهم استان همدان می‌باشد که هر ساله سطح قابل ملاحظه‌ای از اراضی استان به کشت این محصول اختصاص می‌یابد (سطح زیر کشت و میانگین

عملکرد در هکتار این محصول در استان همدان بر اساس آمار وزارت جهادکشاورزی – دفتر آمار و فن آوری اطلاعات در سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ به ترتیب ۲٤۱٦۲ هکتار و ۳٦ تن در هکتار بوده است). سیب‌زمینی محصولی است با سیستم ریشه‌ای ضیعف و نیز نیاز بالا به آب، بنابراین اگر بتوان با نرم کردن خاک اطراف ریشه با خاک‌ورزی ، توسعه نفوذ ریشه را زیاد و مقدار مصرف اب را کم نمود در عین حالی که به عملکرد سیب‌زمینی خللی ایجاد نشود از نظر اقتصادی حائز اهمیت خواهد بود.

حیدری و رضوانی (۱۳۸۳) در تحقیقی اثر زیرشکنی در پاییز را بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در سه دور آبیاری (۳،۷ و۱۰ روز) بررسی نمودند.نتایج نشان داد که زیرشکنی در پاییز مقاومت خاک را در کف جوی و روی پشته به ترتیب ۱۱/۵٪ و ۱٤/۵٪ کاهش داد.همچنین زیرشکن زنی در پاییز تاثیری در افزایش عملکرد نداشت. کاهش دور آبیاری پس از گل دهی به سه روز یکبار موجب افزایش عملکرد شد، زیرا سیب زمینی نه تنها به کمبود آب حساس است بلکه به تغییرات رطوبت در خاک نیز حساس می باشد، به گونه ای که با وجود حجم آب تقریباً یکسان در سه تیمار آبیاری، تیمار آبیاری با دور سه روز به علت تغییرا ت کمتر رطوبت خاک بیشترین عملکرد را دارد.

سوجکا و همکاران (۱۹۹۳) در تحقیقی اثرات زیرشکنی داخل ردیف را بر عملکرد و اندازه غده سیب‌زمینی بررسی نمودند. آزمایشات مزرعه‌ای در جنوب آیداهو در ٦ مکان به مدت ۲ سال در خاکهای مختلف با دو سیستم آبیاری (بارانی و نشتی) به منظور بررسی اثرات زیرشکنی داخل ردیف بعد از کاشت سیب‌زمینی بر عملکرد و اندازه سیب‌زمینی انجام شد. نتایج نشان داد که زیرشکنی داخل ردیف، اندازه و عملکرد سیب‌زمینی را افزایش داد. بیشترین تأثیر تحت سیستم آبیاری نشتی بود. همچنین زیرشکنی داخل ردیف اثر قابل ملاحظه‌ای روی شکل پشته و جابجایی غده‌ها نداشت.

پیرس و بارپی (۱۹۹۵) در تحقیقی، اثرات زیرشکنی داخل ردیف را روی خواص خاک و عملکرد سیب‌زمینی بررسی نمودند. مطالعات مقدماتی در سال ۱۹۸۵نشان داد که زیرشکنی داخل ردیف در بهار عملکرد سیب‌زمینی‌های بازارپسند را ٤/۲ تا ۵/۲ تن در هکتار در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم افزایش داد. ولیکن عملکرد کل بین دو سیستم خاک ورزی اختلافی نداشت. در سه سال بعدی مطالعه (۱۹۸٦ تا ۱۹۸۸) خاک‌ورزی داخل ردیف عملکرد کل را ۲/۹ تا ۸/۷ تن در هکتار زمانی که فاصله بین غده‌های سیب‌زمینی ۲۵ و ۲۸ سانتی متر بود افزایش داد. همچنین زیرشکنی داخل ردیف در سال ۱۹۸٦، عملکرد غده‌های بازار پسند را ٤/٦ تا ٦ تن در هکتار افزایش داد. در سال ۱۹۸۸، در یک سال خشک با تنش‌های حرارتی بالا، عملکرد سیب‌زمینی نسبت به سالهای دیگر پایین بود، زیرشکنی داخل ردیف عملکرد کل را افزایش داد اما روی عملکرد غده‌های بازارپسند اثری نداشت. زیرشکنی داخل ردیف، وزن مخصوص ظاهری و مقاومت خاک را کاهش و حجم خلل و فرج خاک را در نواحی متراکم افزایش داد. نتیجه کلی اینکه زیرشکنی داخل ردیف، شرایط فیزیکی خاک را در منطقه متراکم خاک (۳۰-۲۰سانتی متر) بهبود داد و بطور معمول عملکرد غده و غده‌های بازارپسند را در بیشتر سالها افزایش داد.

سوجکا و همکاران (۱۹۹۳) در تحقیقی اثرات زیرشکنی داخل ردیف را بر نفوذپذیری، رواناب و فرسایش خاک و عملکرد سیب‌زمینی بررسی نمودند.یک مطالعه دو ساله در یک خاک لومی سیلتی در آیداهو آمریکا، جهت آزمایش این فرضیه که زیرشکنی داخل ردیف عملکرد و اندازه سیب‌زمینی را بهبود و نفوذپذیری را افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک، رواناب و فرسایش را در مزارع تحت آبیاری شیاری کاهش می‌دهد انجام شد. تیمارهای خاک ورزی در پاییز شامل

دیسک (عمق ۱۲-۱۰ سانتی متر)، شخم با گاوآهن قلمی (۳۰-۲۵ سانتی متر) و شخم با گاوآهن برگرداندار (عمق ۳۰-۲۵ سانتی متر) بود و در بهار در نصف هر کدام از پلاتها بلا فاصله بعد از کاشت سیب‌زمینی. داخل ردیف زیرشکن در عمق ٤٦ سانتی متر زده شد. اثر زیرشکنی داخل ردیف روی نفوذپذیری خاک در سال ۱۹۸۹ در تمام خاک‌ورزی‌های پاییزه کم بود. در سال ۱۹۹۰،زیرشکنی داخل ردیف نفوذپذیری را ۱۰٪ در تمام خاک‌ورزی‌های پاییزه افزایش داد. زیرشکنی داخل ردیف فرسایش را در حدود ۲۷۸ درصد کاهش داد. در سال ۱۹۸۹، زیرشکنی داخل ردیف، عملکرد غده‌های درجه ۱ را ۳/۸ تن در هکتار (٤/٦٪) افزایش داد اما عملکرد کل بطور معنی‌داری افزایش نیافت. در سال ۱۹۹۰، زیرشکنی داخل ردیف، عملکرد کل را ٤/۲ تن در هکتار و عملکرد غده‌های درجه ۱ را ٥/٦ تن در هکتار (۷/۷٪) افزایش داد.

هنریکسون و همکاران (۲۰۰٤) در تحقیقی اثر پشته‌سازی در پاییز و زیرشکنی داخل ردیف را بر عملکرد کمی و کیفی غده‌های سیب‌زمینی بررسی نمودند. بدین منظور آزمایشی طی سالهای ۲۰۰۱-۲۰۰۳ در یک خاک شنی انجام شد. پشته سازی در پاییز نسبت به شخم تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی عملکرد سیب‌زمینی نشان داد، همچنین زیرشکنی داخل ردیف در فصل رشد، به طور معنی‌داری عملکرد غده‌های بازارپسند را در حدود ۱٤٪ افزایش داد و درصد غده‌های خراب را از ۹/۳٪ به ۷/٥٪ کاهش داد. در سال خشک ۲۰۰۱ زیرشکنی داخل ردیف عملکرد غده‌های بازارپسند را ٤۸/٥٪ افزایش داد.

هنریکسون و همکاران (۲۰۰٥) اثر زیرشکنی قبل و بعد از کاشت را در دو محصول، چغندرقند و جو طی سالهای ۱۹۹۹ و۲۰۰۰ در دو مزرعه تحت شرایط سیستم خاک ورزی مرسوم و بدون تشخیص تراکم خاک و در شرایطی که خاک از نظر مواد غذایی ضعیف بود، مطالعه کردند. نتایج نشان داد که زیرشکنی بعد از کاشت روی رشد و عملکرد دو گیاه اثر منفی داشته است در حالیکه زیرشکنی قبل از کاشت، عملکرد چغندرقند را از ۸/٤ به ۹/٥ تن در هکتار و جذب نیتروژن را از ٤۸/٥ به ٥۷/٤ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. زیرشکنی قبل از کاشت اثری بر عملکرد جو نداشت. اثر منفی زیرشکنی بعد از کاشت در سال ۱۹۹۹ نسبت به سال ۲۰۰۰ بیشتر بود. مطالعه نشان داد که زیرشکنی بعد از کاشت دارای ریسک بالایی جهت خسارت به محصول می باشد و نمی توانیم در سیستم خاک ورزی مرسوم انتظار افزایش عملکرد را داشته باشیم، در صورتیکه زیرشکنی قبل از کاشت دارای پتانسیل افزایش عملکرد چغندرقند و دیگر محصولات را دارد.

وسترمان و سوجکا(۱۹۹٦) تأثیر زیرشکنی داخل ردیف و جایگذاری کود ازته را بر عملکرد سیب زمینی بررسی نمودند.سیب زمینی در سال ۱۹۸۹ پس از گندم و در سال ۱۹۹۰ پس از لوبیا کشت شد. تیمارهای خاک ورزی پاییزه شامل دیسک ، گاوآهن قلمی و گاوآهن برگرداندار و در بهار عمل زیرشکنی انجام شد. پس از کشت کود ازته به دو صورت (۱- پاشیدن ۲- کودکاری نواری در کنار پشته ها) در اختیار سیب زمینی قرار گرفت. تیمارهای پاییزه تأثیری روی جذب نیتروژن، عملکرد غده ها یا کیفیت آن نداشت. زیرشکنی داخل ردیف، میانگین وزن خشک گیاه را در حدود ۹٪ و عملکرد غده را ۱۰٪ افزایش داد. جایگذاری نواری کود ازته وزن خشک گیاه را ٦/٤٪،عملکرد کل غده را ۹٪ و جذب ازت را ۲۸٪ در مقایسه با کودپاشی افزایش داد.

ریوس و تاچتن (۱۹۸٦) در تحقیقی اثر زیرشکنی را روی ذرت در سیستم خاک ورزی حفاظتی و کاربرد ازت بررسی نمودند. در این تحقیق اوره به چهار روش استفاده شد: ۱- سطحی- نواری در زمان کاشت ۲- داخل شکاف ایجاد

شده بوسیله زیرشکن در زمان کاشت ۳- سطحی – نواری، ۵ هفته پس از کاشت ٤- داخل شکاف ایجاد شده بوسیله زیرشکن در زمان کاشت، ۵ هفته پس ازکاشت. نتایج نشان داد که استفاده ازت (N) در شکاف خاک زیرین یک روش مؤثر و کاراً می باشد.بیشتری عملکرد (۸۲۰٤ تا ۹٤۸٦ کیلوگرم در هکتار) با روش کاربرد ازت با زیرشکنی داخل ردیف، ۵ هفته پس از کاشت حاصل شد.هیچگونه تاثیر مثبتی از زیرشکنی در زمان کاشت مشاهده نشد. اگر ذرت بدون زیرشکنی داخل ردیف کاشته شود زیرشکنی ۵ هفته بعد باعث افزایش عملکرد می شود.

مطالعات ریوس و تاچتن (۱۹۸٦) و تاچتن و بریانت (۱۹۸۸) نشان داد که دو محصول ذرت و سورگوم را بدون خاک ورزی در خاکهای متراکم می توان کاشت، اگر چند هفته بعد بین ردیف ها زیرشکن زده شود.

راپر و همکاران (۲۰۰۷) اثر زمان زیرشکنی در ردیف را بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد پنبه بررسی نمودند. نتایج نشان داد که زیرشکنی در ردیف فوراً قبل از کاشت در بهار (نسبت به زیرشکنی در زمستان) جرم مخصوص ظاهری خاک و شاخص مخروط (مقاومت خاک) را کاهش و عملکرد پنبه را افزایش داد.

راپر و همکاران(۲۰۰۵) در تحقیقی اثر زیرشکنی هر سال، دو سال یکبار و سه سال یکبار در ردیف را بر تراکم خاک و عملکرد پنبه در خاکهای لومی سیلتی جنوب شرق آمریکا مطالعه نمودند. نتایج نشان داد که زیرشکنی هر سال نسبت به دو سال یکبار و سه سال یکبار، جرم مخصوص ظاهری خاک و نیروی کششی را کاهش داد. هیچ گونه اختلافی در عملکرد پنبه بین تیمارها مشاهده نشد.

مواد و روشها:

اثر خاک‌ورزی بین ردیف در دو دور آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی تجرک مرکز تحقیقات کشاورزی همدان بررسی شد. این ایستگاه در'٤۵ و°٤۸ طول شرقی و'۱٤ و°۳۵ عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۰۰ متر می‌باشد. بافت خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی متر لوم‌رسی سیلت دار (۲۲/٦٪ رس، ۲٦/٦٪ سیلت و ۵۰/۸٪ شن) بود.

این تحقیق در قالب طرح آزمایشی، استریپ پلات اجرا شد. نوار افقی، فاکتور آبیاری (۲ سطح) شامل آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی سیب زمینی و نوار عمودی، فاکتور خاک ورزی داخل ردیف (٤ سطح) شامل ۱- نیمه زیرشکن (عمق ٤۰-۳۵سانتی متر) ۲- گاوآهن قلمی (عمق ۲۵-۲۰ سانتی متر) ۳ - پنجه غازی(عمق ۱۵-۱۰ سانتی متر) ٤- بدون خاک ورزی (شاهد) بود.

ابتدا در پاییز سال ۱۳۸۷ قطعه زمینی به ابعاد ۳۰×۲۰۰ متر در ایستگاه تجرک انتخاب شد (هر تکرار به طول ٦۰ متر و شامل ۹ خط کشت به فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر (۳۰ متر) در نظر گرفته شد). خاک ورزی اولیه (شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۳۰-۲۵ سانتی متر) انجام شد. ضمناً نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متر برداشت و جهت تجزیه روتین خاکشناسی و توصیه کودی به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب ارسال می‌شود (جدول۱). در بهار خاک ورزی ثانویه با خاک ورز (سیکلوتیلر+غلطک) انجام شد. درتاریخ ۳/۱۰/ ۱۳۸۸، غده سیب زمینی (رقم پیکاسو) به میزان ۳ تن در هکتار با غده کار - کودکار دوریفه گریمه (با فاصله ردیف ۷۵ سانتیمتر و

فاصله غده ها از یکدیگر در روی ردیف ۲۵ سانتیمتر) کشت شد ضمنا یک سوم کود اوره (معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، تمام کود فسفات (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و تمام کود پتاس (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با دستگاه کارنده به صورت نواری در کنار غده ها داده شد. سپس تیمارهای خاک ورزی داخل ردیف به شرح ذیل را در تاریخ ۸۸/٤/۱ قبل از خاکدهی را اجرکردیم.

۱- - نیمه زیرشکن (عمق ٤۰-۳۵سانتی متر)
۲- گاوآهن قلمی (عمق ۲۵-۲۰ سانتی متر)
۳- پنجه غازی(عمق ۱۵-۱۰ سانتی متر)
٤- بدون خاک ورزی (شاهد)

مابقی کود اوره به هنگام خاکدهی خاک پایه بوته (قبل از گل‌دهی) به محصول داده می‌شود. اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاه انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی سیب زمینی بود. آبیاری به روش بارانی (ویل مو) انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه معمول خاکشناسی

عمق	درصد	هدایت	واکنش	درصد مواد	درصد	ازت کل	فسفر قابل	پتاسیم قابل	درصد شن	درصد	درصد رس	بافت
	اشباع	الکتریکی	گل	خنثی شونده	کربن		جذب	جذب	Sand	سیلت	Clay	
سانتی‌متر	s.p	EC*10³ Ds/cm	اشباع PH	T.N.V%	آلی O.C%	(درصد)	p.p.m	p.p.m		Silt		
۰-۳۰		۰/۸۱	۸	۴/۲	۰/۴	۰/۰۵	۱/۲	۳۶۵	۲۲/۶	۲۲/۶	۵۰/۸	SCL

قبل از برداشت سطح رکورد گیری چند بوته از هر پلات جهت تعیین فاکتورهای، تعداد غده در بوته، وزن هر بوته، اندازه طولی غده، غده های تغییر شکل یافته و.. برداشت شد. سپس از هر پلات از دو خط میانی به طول ۵ متر غده های سیب زمینی جهت تعیین عملکرد برداشت شد (تاریخ ۸۸/۷/۱۵). نتایج حاصله از بررسی های آزمایشگاهی، مزرعه‌ای و همچنین عملکرد تیمارها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفته و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث:

اثر روشهای خاک ورزی بین ردیف بر مقاومت خاک:

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خاک ورزی بین ردیف بر مقاومت خاک در جوی و پشته در تاریخ های ۸۸/٤/۱۷ و ۸۸/٦/۱۹ درجداول ۲ ،٦،٥،٤،۳ و۷ آورده شده است. همانگونه که از ارقام جداول مذکور مشاهده می شود اثر

خاک ورزی بین ردیف بر مقامت خاک معنی دار بوده و به ترتیب زیرشکن و گاوآهن قلمی بیشترین تاثیر را بر کاهش مقاومت خاک در بین تیمارها داشته اند (شکل های ۲،۳و ٤).

جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرخاک ورزی بر مقاومت خاک در پشته (۸۸/٤/۱۷)

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	٤۰	٤۵
تکرار	۲	ns۰/۰۰۱	*۰/۰۱۸	**۰/۰۸۲	**۰/۰۲	**۰/۲۸۱	**۰/۲۹۷	**۰/٤٤۱	**۰/۵۳۹	ns۰/۲۰۰
خاک ورزی بین ردیف	۳	**۰/۰۰۹	*۰/۰۱۵	**۰/۰۱٤	**۰/۰۲۷	**۰/۰۸٦	**۰/۱۱٦	**۰/۱۳۳	**۰/۱٦۸	ns۰/۳۰٤
خطا	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰٦
مجموع	۲۳									
ضریب تغییرات(درصد)		۱۰/۸٤	۱۷/۰۳	٦/۰۷	٦/۰۳	۹/٦٤	۱۰/۲۵	۸/۰۵	۸/٦۸	۳/٦۹

ns ، *و** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی دار در سطح۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح۱٪ .

جدول۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرخاک ورزی بر مقاومت خاک درجوی (۸۸/٤/۱۷)

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	٤۰	٤۵
تکرار	۲	ns۰/۰۱۱	ns۰/۰۱۷	ns۰/۰۱۲	**۰/۱۶۸	*۰/۰۵۲	*۰/۲۵۷	**۰/۱۱۱	ns۰/۱۱۷	**۰/۴۰۹
خاک ورزی بین ردیف	۳	*۰/۰۴۵	*۰/۰۹۴	*۰/۰۵۸	**۰/۱۱۸	**۰/۱۹۸	**۰/۲۷۶	**۰/۲۵۵	**۰/۵۵۵	*۰/۲۴
خطا	۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸
مجموع	۲۳									
ضریب تغییرات(درصد)		۲۸/۶۴	۲۶/۱	۱۸/۹۶	۹/۳۸	۹/۳۸	۱۳/۱۲	۲/۴۳	۶/۷۱	۶/۶۴

ns ، *و** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی دار در سطح۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح۱٪ .

جدول٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرخاک ورزی بر مقاومت خاک در پشته (۸۸/٦/۱۹)

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
تکرار	۲	ns۰/۰۰۲	ns۰/۰۰۲	**۰/۰۰۳	**۰/۰۱۷	*۰/۰۰٤	*۰/۰۰۹	ns۰/۰۰۹	*۰/۳٤٤	ns۰/۰۰۱
خاک ورزی بین ردیف	۳	ns۰/۰۰٤	* *۰/۰۱٤	**۰/۰۰۸	**۰/۰۲۹	**۰/۰٤۵	**۰/۰۵	**۰/۱٤۱	**۰/۳۱۱	**۰/۸٦٦
خطا	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰٦	۰/۰٤	۰/۰۳۳
مجموع	۲۳									
ضریب تغییرات(درصد)		۱۹/۱۷	۸/۷۷	٤/٤۸	٦/۰۳	۳/۵٦	۳/۹۹	۷/۲۸	۱۳/۲٤	۹

ns ، *و** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی دار در سطح۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح۱٪ .

جدول۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرخاک ورزی بر مقاومت خاک درجوی (۸۸/۶/۱۹)

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
تکرار	۲	۰/۰۳۷**	۰/۰۴۷**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۲۱ns	۰/۱۳۵ns	۰/۴۲۲*	۰/۷۲۶**	۰/۵۷۱*	۰/۱۰۳ns
خاک ورزی بین ردیف	۳	۰/۰۱۱**	۰/۰۳*	۰/۰۲۸**	۰/۱۲۸**	۰/۴۲۶**	۰/۴۷۵*	۰/۷۱۱*	۰/۴۶۹*	۰/۴۱۹*
خطا	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۱۳۲	۰/۰۶۴	۰/۰۶۹
مجموع	۲۳									
ضریب تغییرات(درصد)		۱۲/۹۶	۱۸/۷	۱۰/۰۷	۱۲/۱۳	۱۸/۰۷	۱۵/۴۲	۱۸/۷۶	۱۰/۹۲	۹/۵۹

ns ، *و** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی دار در سطح۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح۱٪ .

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر روش های خاک ورزی بین ردیف برمقاومت خاک(۸۸/۴/۱۷)

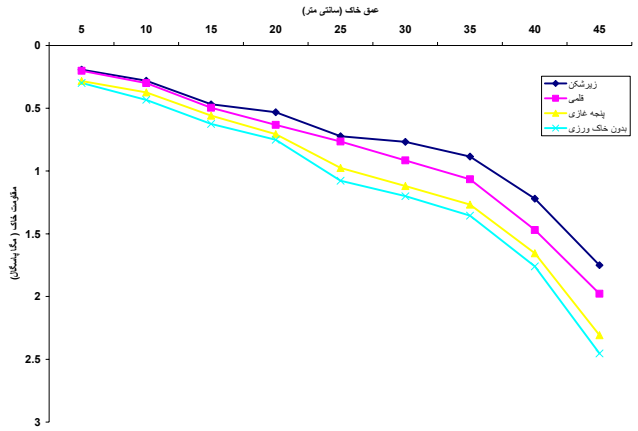
خاک ورزی بین ردیف	محل اندازه گیری	مقاومت خاک (مگاپاسگال) در اعماق خاک (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
زیرشکن	پشته	۰/۱۹۳a	۰/۲۸۱a	۰/۴۶۹a	۰/۵۳۲a	۰/۷۲۳a	۰/۷۶۸a	۰/۸۸۵a	۱/۲۲a	۱/۷۵a
	جوی	۰/۱۶۲a	۰/۲۹۱a	۰/۳۴۷a	۰/۵۴۶a	۰/۷۷۹a	۱/۱۶a	۱/۶۹a	۱/۸۸a	۲/۵۴a
قلمی	پشته	۰/۲۰۲ab	۰/۳a	۰/۴۹۶a	۰/۶۳۳ab	۰/۷۶۵a	۰/۹۱۵ab	۱/۰۷ab	۱/۴۷ab	۱/۹۸a
	جوی	۰/۱۹a	۰/۳۱۷a	۰/۴۰۷ab	۰/۵۸۶a	۰/۸۳۶a	۱/۵۶ab	۲/۱۳b	۲/۴b	۲/۸۸ab
پنجه غازی	پشته	۰/۲۸۳ab	۰/۳۷۴ab	۰/۵۵۸ab	۰/۷۰۷ab	۰/۹۷۶ab	۱/۱۲b	۱/۲۷bc	۱/۶۶b	۲/۳۱b
	جوی	۰/۳۴۶b	۰/۶b	۰/۵۸۱bc	۰/۸۴b	۱/۱۵b	۱/۷۱b	۲/۲۳bc	۲/۶۸b	۳/۰۷b
بدون خاک ورزی	پشته	۰/۲۹۸b	۰/۴۳۳b	۰/۶۲۵b	۰/۷۵۱b	۱/۰۸b	۱/۲b	۱/۳۴c	۱/۷۶b	۲/۴۵b
	جوی	۰/۴۱۷b	۰/۶۲b	۰/۶۴c	۰/۹۵۶b	۱/۳۲b	۱/۸۷b	۲/۳۶c	۲/۸۷b	۳/۱۸b

اعداد هر ستون که دارای حرفهای یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح ۵٪ ندارند.

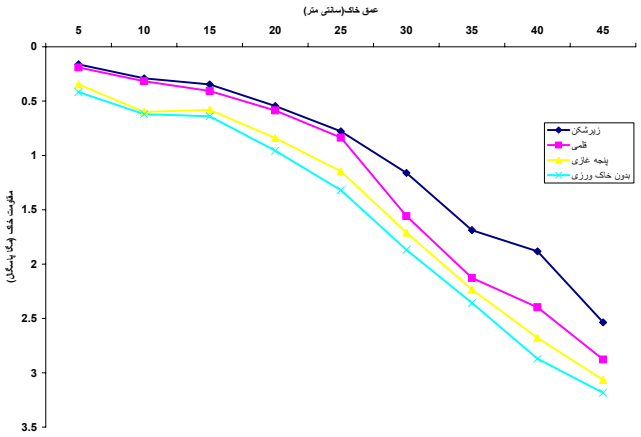
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر روش های خاک ورزی بین ردیف برمقاومت خاک(۸۸/۶/۱۹)

خاک ورزی بین ردیف	محل اندازه گیری	مقاومت خاک (مگاپاسگال) در اعماق خاک (سانتی متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
زیرشکن	پشته	۰/۱۳۲a	۰/۲۰۴a	۰/۳۰۴a	۰/۳۹۶a	۰/۴۲۴a	۰/۵۶۱a	۰/۷۲۷a	۱/۱۷a	۱/۵۱a
	جوی	۰/۱۵۶a	۰/۲۷۲a	۰/۳۸۱a	۰/۵۲۱a	۰/۷۳۸a	۱/۱۲a	۱/۲۶a	۱/۸۵a	۲/۳۳a
قلمی	پشته	۰/۱۴۵a	۰/۲۶۶ab	۰/۳۱۷a	۰/۴۰۳a	۰/۵۰۶a	۰/۷۲۷b	۱/۰۴b	۱/۳۳ab	۱/۶۷a
	جوی	۰/۲۱۳ab	۰/۳۰۱a	۰/۳۸۸a	۰/۵۶۸ab	۰/۸۳a	۱/۵۴ab	۲/۰۷b	۲/۱۹ab	۲/۵۳ab
پنجه غازی	پشته	۰/۱۶a	۰/۳۲۲b	۰/۳۵ab	۰/۵۴۶b	۰/۶۰۹b	۰/۸۱۴ab	۱/۱۲b	۱/۷۲bc	۲/۲۳b
	جوی	۰/۲۱۹ab	۰/۳۳a	۰/۴۶ab	۰/۷۸۸bc	۱/۲۸ab	۱/۷ab	۱/۹۸ab	۲/۴۵bc	۲/۹۸bc
بدون خاک ورزی	پشته	۰/۲۱۵a	۰/۳۵۸b	۰/۴۱۷b	۰/۵۸۶b	۰/۷۰۶c	۰/۸۴۹c	۱/۲۴b	۱/۸۵c	۲/۶۸b
	جوی	۰/۳۰۶b	۰/۴۹۷b	۰/۵۹b	۰/۹۶۶c	۱/۵۴b	۲/۰۷b	۲/۴۲b	۲/۷۸c	۳/۱۲c

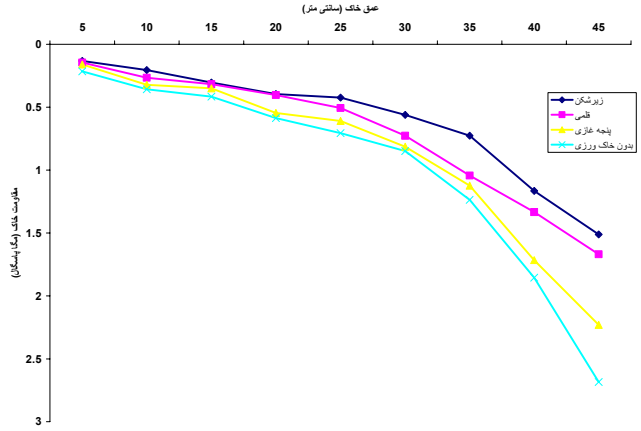
اعداد هر ستون که دارای حرفهای یکسانی هستند تفاوت آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح ۵٪ ندارند.



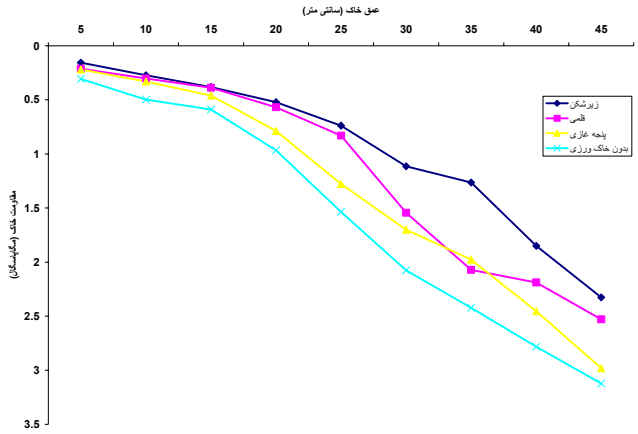
شکل۱- تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در تیمارهای مختلف در پشته(۸۸/٤/۱۷)



شکل۲- تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در تیمارهای مختلف در جوی(۸۸/٤/۱۷)



شکل۳- تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در تیمارهای مختلف در پشته(۸۸/٦/۱۹)



شکل٤- تغییرات مقاومت خاک با عمق خاک در تیمارهای مختلف در جوی(۸۸/٦/۱۹)

اثر خاک ورزی بین ردیف و آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی:

نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسه میانگین‌های عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در روشهای مختلف خاک ورزی بین ردیف و آبیاری و نیز اثرات متقابل آنها در جداول ۸و ۹ ارائه شده است. همانگونه که از ارقام جداول مذکور مشاهده می‌شود تنها اثر خاک ورزی بین ردیف بر عملکرد سیب زمینی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شده است و از نظر متوسط عملکرد سیب زمینی، تیمارهای زیرشکن (۳۱/۹۵ تن در هکتار) و قلمی (۳۱/۳۳) نسبت به دو تیمار دیگر، پنجه غازی (٢٤/٨ تن در هکتار) و بدون خاک ورزی (۲۱/۲۸ تن در هکتار) تاثیر بیشتری در افزایش عملکرد سیب‌زمینی داشتند. علت این امر به دلیل عمق کار بیشتر زیرشکن (۳۵ سانتی‌متر) و قلمی (۲۰ سانتی‌متر) می‌باشد که توانسته است خاک داخل جوی و بالطبع اطراف ریشه را بیشتر نرم کرده و درنتجه مقاومت خاک کاهش یافته و باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی شده است.

نتیجه‌گیری کلی:

خاک‌ورزی بین ردیف با زیرشکن و قلمی بیشترین تاثیر را بر کاهش مقاومت خاک و افزایش عملکرد سیب‌زمینی داشتند بنابراین با توجه به هزینه کمتر قلمی و آسانی کار توصیه می‌شود که به ترتیب اولویت از قلمی و زیرشکن جهت خاک‌ورزی بین ردیف در محصول سیب‌زمینی استفاده شود.

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمار بر عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد سیب زمینی	وزن غده در بوته	تعدادغده در بوته	طول غده	عرض غده	پهنا (ضخامت) غده	غده های تغییر شکل یافته
تکرار	۲	ns۳۶/۲۳۱	ns۳۳۲۴۹/۵	ns ۰/۴۹۳	ns۰/۹۸۷	ns۰/۸۷۵	ns۱/۰۷۲	ns۰/۰۰۱
فاکتور عمودی A (خاک ورزی بین ردیف)	۳	*۱۶۰/۸۰۵	ns۷۴۶۳۳/۹	ns۵/۳۸۹	ns۰/۷۵۷	ns۰/۲۲۹	ns۰/۶۹۴	ns۰/۰۰۱
خطای A	۶	۴۴/۳۱۴	۴۰۴۷۷/۱	۴/۶۹	۰/۸۳۷	۰/۳۹۷	ns۱/۰۴۶	۰/۰۰۱
فاکتور افقی B (آبیاری)	۱	ns۲۴/۳۳۵	ns۹۸۵۶۰/۲	ns۸/۶۴	ns۰/۳۵	ns۰/۲۶	ns۰/۲۰۲	ns۰/۰۰۱
خطای B	۲	۴۴/۳۱۴	۱۴۷۳۰/۷	۱/۱۲۹	۰/۵۷۲	۰/۶۱۲	۲/۰۴۷	۰/۰۰۱
اثرات متقابل A B	۳	ns۱۴/۸	ns۳۳۶۳۰/۳	ns۲/۴۸۳	ns۰/۳۱۹	ns۰/۲۴۸	ns۰/۶۸۹	ns۰/۰۰۱
خطای C	۶	۱۶/۵	۵۷۴۳/۸	۰/۶۳۴	۰/۲۲۱	۰/۰۹۹	۰/۵۶۶	۰/۰۰۱
مجموع	۲۳							
ضریب تغییرات(درصد)		۱۴/۸۸	۱۱	۱۲/۲	۷/۵۱	۶/۲	۱۸/۱۷	۳/۸۵

ns ، *و** به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی دار در سطح۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح۱٪ .

جدول۹ – میانگین عملکرد کمی و کیفی سیب زمینی در تیمارهای مختلف

خاک ورزی بین ردیف	نیاز آبی	عملکرد سیب زمینی (تن در هکتار)	وزن غده در بوته (کیلوگرم)	تعداد غده در بوته	اندازه غده سیب زمینی (سانتی متر)			غده های تغییر شکل یافته
					طول	عرض	پهنا (ضخامت)	(درصد)
زیرشکن	٪۱۰۰	۳۵/۰۲۲a	۷۳۱a	۶a	۶/۷a	۵/۵a	۴/۳a	۶a
	٪۷۵	۲۸/۸۸۸a	۴۹۹a	۵/۲a	۶a	۴/۸a	۳/۷a	۲/۹a
قلمی	٪۱۰۰	۳۱/۹a	۷۴۵a	۷/۳a	۶/۳a	۵a	۴a	۲/۵a
	٪۷۵	۳۰/۷۵۵a	۷۹۷a	۷/۳a	۶/۴a	۵/۲a	۴a	۴/۴a
پنجه غازی	٪۱۰۰	۲۴/۰۸۹ab	۹۳۱a	۸/۹a	۶/۴a	۵/۲a	۴/۱a	۹/۳a
	٪۷۵	۲۵/۵۱۱ab	۶۶۲a	۵/۹a	۶/۶a	۵/۳a	۵/۲a	۶/۴a
بدون خاک ورزی	٪۱۰۰	۲۲/۳۷۸b	۶۰۴a	۶/۴a	۶a	۵a	۳/۷a	۵/۸a
	٪۷۵	۲۰/۱۷۸b	۵۴۱a	۵/۳a	۵/۴a	۴/۶a	۴a	۷/۴a

اعداد هر ستون که دارای حروف مشترک هستند تفاوت آماری بر پایه آزمنون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

منابع مورد استفاده:

۱. حیدری، احمد و س.م.رضوانی. ۱۳۸۳. اثر زیرشکنی بر عملکرد کمی و کیفی سی زمینی در سه دور آبیاری. گزارش پژوهش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت۳۴۲.

2. Henrikson, C.B., J.P. Mlgaard, and J.Rasmussen.2004-a. The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. Soil & Tillage Research. 93, 309-315.
3. Henrikson, C.B., J.P. Molgaard, and J.Rasmussen.2004-b. Inter-row subsoiling increases marketable yield in potatoes. Newsletter from Danish Research Center for Organic Farming. June 2004. No.2.
4. Henrikson, C.B., J.Rasmussen, and C. Soggard.2005. Kemink subsoiling before and after planting. Soil and tillage, 80, 59-68.
5. Pierce, F.J, and C.G. Burpee. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes(Solanum tuberosum L.). Soil & Tillage Research . 53:3, 135-146.
6. Raper,R.L., F.J.Arriaga., K.S. Balkcom., J.S.Bergtold., T.S.Kornecki., A.J. Price., and E.B. Schwap. 2007. Effect of timing of in-row subsoiling on soil properties, cover crop production and cotton production. ASAE Annual Meeting 071103.
7. Raper,R.L., E.B.Schwab., K.S. Balkcom., C.H.Burmester., and D.W.Reeves.2005. Effect of annual, biennial, and trie ennial in row subsoiling on soil compaction and cotton yield in Southeastern U.S. silt loam soils. Applied Engineering in Agriculture. (Vol.21) (No.3) 337-3343.
8. Reeves, D. W., and J. T. Touchton. 1986. Effects of in-row and inter-row subsoiling and time of nitrogen application on growth, stomatal conductance and yield of ship-tilled corn. Soil. Tillage. Res. 7: 327-340.
9. Reeves, D. W and J. T. Touchton. 1986. Subsoiling for nitrogens to corn grown in a conservation tillage system. Agron Journal 78: 921-926.
10. Touchton, J. T., and H. H. Bryant. 1988. In-row and between-row subsoiling for sorghum double-cropped with winter grain grown in various tillage systems. P. 49-52. In J. Hairston(ed). Proceedings of the Southern Region No-Tillage Conference. Agronomy Department, Mississippi State, Miss.
11. Sojka, R.E., D.T. Westermann, M.J. Brown, and B.D. Meek.1993. Zone-subsoiling effects on infiltration, runoff, erosion, and yields of furrow-irrigated potatoes. Soil & Tillage Research. 25:4, 351-368.
12. Sojka, R.E., D.T. Westermann, M.J. D.C. Kincaid, I.R. Mccann, J.L. Halderson, and M. Thornton.1993. Zone-Subsoiling effects on potato yield and grade. American Potato Journal. 70:6, 475-484.
13. Westermann D.T, and A.E. Sojka. 1996. Tillage and nitrogen placement effects on nutrient uptake by potato. Soil Science Society of America Journal. 60. 1448-1453.

The effect of inter-row tillage on quality & quantity yield of potato and water use efficiency

Abstract

Soil compaction, increases soil bulk density and decreases water infiltration rate and soil pores. These changes limits air and water movement and root penetration in soil and reduces seed germination and ultimately maybe caused decreased crop yield. The fact that until the potatoes are planted, tractors and various equipments move on soil that caused soil compaction. Effects of inter-row tillage and water requirment on potato yield was evaluated during 2009 growing season at Tajarak Research Station of Hamedan province. In this study, four inter-row tillage methods consisting of 1) semi-subsoiling to a depth of 35-40 cm and 2) chiseling with penetration maximum 3) sweeping 4) no till with two water requirements (75% and 100% WR), were used. A split plot design within a randomized complete block design with three replications (tillage method and water requirements were assigned to main plot and sub plot, respectively) was used. The effect of subsoil loosening on soil resistance was evaluated by determining cone Index at two stages. At the end of the growth season (harvesting time), potato yield and some of the quantitative and qualitative factors of potato consisting of tuber size, tuber number per plant, tuber weight per plant and the percentage of deformed tubers were measured. Result showed that inter-row tillage had significant effect on soil resistance. Semi-subsoiling and chiseling had high effects to decrease soil resistance than the other two inter-row tillages (sweeping and no-till). The effect of inter-row tillage on potato yield was significant ($P \leq 0.05$) and Semi-subsoiling and chiseling had higher yield value than the other two inter-row tillages (sweeping and no-till). The effect of inter-row tillage on tuber size, tuber number per plant, tuber weight per plant and the percentage of deformed tubers wasn't significant.

Keywords: inter-row tillage, potato, soil compaction, wate use efficiency.