

## بررسی ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب زمینی و چغندرقد در استان خوزستان به روش مزرعه ای (۳۶۹)

پویان امیرپور گورانی<sup>۱</sup>، محمد امین آسودار<sup>۲</sup>، نواب کاظمی<sup>۳</sup>، علیرضا شافعی نیا<sup>۴</sup>، نوید مرواریدی<sup>۵</sup>

### چکیده

ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول یکی از فرآیندهای فرسایشی خاک می باشد که در زمان برداشت محصولات غده ای و ریشه ای نظیر سیب زمینی و چغندرقد رخ می دهد. در طول فصل برداشت چنین محصولاتی ممکن است مقادیر قابل توجهی از خاک سطحی مزرعه همراه با محصول از مزرعه خارج گردد. این ضایعات خاک را می توان به دو دسته ضایعات خاک چسبیده به محصول و کلوخه های خاک (ضایعات خاک نجسبیده) تقسیم بندی نمود. این پژوهش با هدف برآورد مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت دو محصول سیب زمینی و چغندرقد و همچنین بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات ضایعات خاک در مزارع استان خوزستان انجام گرفت. برای این منظور نمونه گیری ها به صورت تصادفی و برای سه جامعه ی مستقل مزارع سیب زمینی (۵۰ نمونه)، مزارع نیمه مکانیزه چغندرقد (۳۰ نمونه) و مزارع مکانیزه چغندرقد (۴۸ نمونه) انجام شد. مقدار ضایعات خاک کل برای مزارع سیب زمینی به طور متوسط ۰/۶ تن در هکتار و بین ۰/۱ تا ۱/۲ تن در هکتار متغیر بود. در مزارع چغندرقد مکانیزه مقدار ضایعات کل از ۰/۳ تا ۱/۹ تن در هکتار متغیر بود و به طور متوسط ۱/۰ تن در هکتار بود. در مزارع چغندرقد نیمه مکانیزه نیز مقدار متوسط ضایعات خاک کل ۰/۷ تن در هکتار و بین ۰/۲ تا ۱/۳ تن در هکتار متغیر بود. مهمترین عامل مؤثر بر تغییرات ضایعات خاک در هر سه جامعه ی مورد بررسی رطوبت خاک در زمان برداشت بود که در حدود ۵۰ درصد از تغییرات ضایعات خاک را توضیح می دهد. ضایعات خاک در مزارع سیب زمینی و نیمه مکانیزه چغندرقد تنها شامل ضایعات چسبیده به محصول بود، اما در مزارع مکانیزه چغندرقد کلوخه های خاک در حدود ۲۷ درصد از ضایعات خاک کل را شامل گردید. مقدار ضایعات خاک کل در مزارع مکانیزه چغندرقد در سطح  $p \leq 0.05$  به طور معنی داری بالاتر از دو جامعه ی دیگر بود، اما بین مزارع سیب زمینی و نیمه مکانیزه چغندرقد تفاوت معنی داری وجود نداشت. همچنین مقدار ضایعات خاک کل ویژه برای مزارع سیب زمینی در مقایسه با دو جامعه ی دیگر در سطح  $p \leq 0.05$  به طور معنی داری بالاتر بود. به طور کلی مقدار ضایعات خاک کل برای محصول سیب زمینی در مقایسه با محصول چغندرقد کمتر بود که صرف نظر از نوع روش برداشت در مزارع مکانیزه چغندرقد، علت آن را می توان در پایین تر بودن عملکرد محصول سیب زمینی و صاف تر بودن سطح غده های سیب زمینی نیز دانست.

**کلید واژه:** ضایعات خاک، سیب زمینی، چغندرقد، برداشت مکانیزه

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین پست الکترونیک: pouyan\_a\_g@yahoo.com
- ۲- استادیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
- ۳- مربی گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
- ۴- مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
- ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

## مقدمه

خاک اساس بقا و حیات است و هر جامعه‌ای که دارای خاک حاصلخیز، غنی و گسترده باشد و از آن به بهترین و مناسب‌ترین وجه بهره‌برداری کند، ثبات، قدرت، رفاه، امنیت و پایداری آن تضمین شده است. امروزه به علت رشد روز افزون جمعیت، کمبود زمین و مواد غذایی از یکطرف و فرسایش بیش از حد خاک از طرف دیگر، توسعه، امنیت، استقلال و خودکفایی بسیاری از کشورهای جهان بالاخص کشورهای در حال توسعه، بیش از پیش با تهدیدی جدی روبرو شده است [۳]. فرسایش خاک یکی از عواملی است که نقش بسیار مهمی در ایجاد فقر مواد غذایی و کاهش توان تولیدی آن دارد [۲]. طبق برآوردهای کلان‌میزان متوسط سالانه فرسایش خاک در ایران در سطح ۱۰۰ میلیون هکتار حوزه‌های آبخیز کشور حدود ۲/۵ تا ۴ میلیارد تن تخمین زده می‌شود. این رقم معادل ۲۵ تا ۴۰ تن فرسایش خاک در هر هکتار در طول سال است. در صورت پذیرش ۲/۵ میلیارد تن فرسایش سالانه خاک در ایران که رقمی محافظه‌کارانه است آن وقت ایران با داشتن ۱/۲ درصد سطح اراضی و حدود ۱ درصد جمعیت جهان بالغ بر ۱۰ درصد فرسایش جهانی را به خود اختصاص می‌دهد [۱]. در مطالعاتی که در ارتباط با فرسایش خاک انجام می‌گیرند همواره از آب، باد و خاک‌ورزی به عنوان عوامل فرسایش خاک نام برده می‌شود و تمرکز مطالعات مذکور اغلب بر روی این عوامل و بررسی شدت و چگونگی اثرات آنها می‌باشد. اما تحقیقات نشان می‌دهد که یکی دیگر از فرآیندهای فرسایشی خاک در حین عملیات برداشت محصولاتی از قبیل چغندر قند، سیب زمینی، هویج و برخی دیگر از محصولات ریشه‌ای و غده‌ای رخ می‌دهد. در هنگام برداشت این قبیل محصولات ممکن است مقادیر قابل توجهی از خاک سطحی مزارع بصورت خاک چسبیده به محصول، خاک نچسبیده و کلوخه به همراه مقداری سنگ از مزرعه خارج می‌گردد [۱۲]. اگر چه شدت فرسایش خاک در این فرآیند ممکن است کمتر از فرسایش آبی و خاک‌ورزی باشد اما می‌تواند یکی از عوامل اصلی فرسایش خاک در زمین‌های هموار باشد [۴]. نتایج حاصل از بسیاری از تحقیقات نشان داده است که شدت فرسایش ناشی از برداشت محصول با فرسایش ناشی از آب و عملیات خاک‌ورزی برابر می‌باشد. بنابراین در بررسی عوامل فرسایش خاک باید برداشت محصول را نیز یک عامل مهم در نظر گرفت [۱۲]. عوامل متعددی بر مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول تأثیر گذار می‌باشد. اما به طور کلی تمامی این عوامل را می‌توان به چهار دسته اصلی خاک، محصول، عملیات زراعی و روش برداشت تقسیم بندی نمود [۱۰]. در پژوهشی که در شمال فرانسه بر روی ضایعات ناشی از برداشت چغندر قند به روش مکانیزه انجام شد، مهمترین عامل تأثیر گذار بر مقدار ضایعات خاک رطوبت خاک در زمان برداشت تعیین شد بگونه‌ای که حدود ۵۰ درصد از تغییرات مقدار ضایعات کل بوسیله این عامل توضیح داده شد [۱۰]. در پژوهشی در مرکز و شمال بلژیک، ضایعات خاک در برداشت مکانیزه سیب زمینی و عوامل مؤثر بر آن را مورد بررسی قرار گرفت. رطوبت خاک در زمان برداشت دارای اثر مثبت بر میزان خاک چسبیده به محصول بوده و در حدود ۵۰ درصد از تغییرات این متغیر را توضیح می‌داد [۱۲]. در پژوهش انجام شده بر روی برداشت دستی سیب زمینی در چین درصد رس خاک یک عامل تعیین کننده در ضایعات خاک ویژه بوده است. در حدود ۴۶ درصد از تغییرات مربوط به ضایعات خاک ویژه بوسیله این متغیر قابل توضیح بوده است [۷]. انواع مختلف محصولات از آنجایی که دارای اندازه، شکل، خصوصیات رشد و روش‌های برداشت ویژه متفاوتی می‌باشند، در برداشت آنها نیز ممکن است مقدار ضایعات خاک متفاوت باشد [۱۰]. معمولاً محصولاتی مانند سیب زمینی که داری پوستی صاف بوده و فاقد انشعابات جانبی در غده یا ریشه، و شیارهای سطحی می‌باشند در مقایسه با محصولاتی نظیر چغندر قند دارای ضایعات خاک چسبیده ویژه کمتری می‌باشند [۱۱]. نتایج مربوط به یک دوره ۱۰ ساله (۱۹۹۹-۱۹۸۹) نشان می‌دهد که ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول چغندر قند در کشور ترکیه و منطقه اسکیشهر در این کشور، به ترتیب ۱۰/۲۴ و ۱۱/۲۰ درصد از وزن خالص محصول برداشت شده در این محدوده جغرافیایی بوده است. این بدان معنی می‌باشد که خاک خارج شده از مزارع چغندر قند در کشور ترکیه و منطقه اسکیشهر، سالیانه به ترتیب ۱۵۰۰۰۰ و ۱۵۴۰۰۰ تن می‌باشد [۸]. در تحقیقی دیگر متوسط ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب زمینی در کشور بلژیک ۲/۱ تن در هکتار بدست آمد. اما نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار ضایعات خاک به ازای هر مرحله تحویل محصول به کارخانه ممکن است تا ۳۲/۹ تن در هکتار هم برسد [۱۰]. در کشور روسیه مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب زمینی برای دو روش مزرعه‌ای و کارخانه‌ای به ترتیب ۲/۵ و ۰/۶ تن در هکتار بوده است. مقدار حداکثر و حداقل ضایعات خاک در این پژوهش نیز به ترتیب ۰/۱ و ۳/۴ تن در هکتار بوده است [۵]. در تحقیقی که به منظور بررسی میزان ضایعات خاک در برداشت چند محصول مختلف در روسیه انجام گرفت، متوسط کل ضایعات خاک برای چغندر قند، سیب زمینی و کاسنی، به ترتیب ۹، ۲ و ۸ تن در هکتار بوده است. بیشترین مقدار ضایعات خاک مشاهده شده در یک کرت برای چغندر قند، سیب زمینی، هویج و کاسنی به ترتیب ۳۳، ۶۶ و ۷۱



تن در هکتار بوده است [۹]. متأسفانه مطالعات انجام شده بر روی فرسایش خاک بیشتر در رابطه با تأثیر عواملی از قبیل آب، باد و خاک ورزی انجام شده است و عامل برداشت محصول کمتر مورد توجه واقع گردیده است. بنابراین ضرورت بررسی این موضوع موجب گردیده تا پژوهش موجود با اهداف مذکور انجام گیرد.

## مواد و روشها

این آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۸۶ به منظور تخمین مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت دو محصول سیب زمینی و چغندر قند و تعیین میزان تأثیر عوامل مختلف بر مقدار این ضایعات، در مزارع چغندر قند و سیب زمینی استان خوزستان واقع در شهرستان های شوشتر، گتوند، دزفول، اندیمشک، شوش و بهبهان انجام گرفت. نمونه گیری ها بصورت تصادفی و برای سه امعه ی مستقل مزارع سیب زمینی با روش برداشت نیمه مکانیزه، مزارع چغندر قند با روش برداشت مکانیزه و مزارع چغندر قند با روش برداشت نیمه مکانیزه در مزارع این استان انجام گرفت. متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از: درصد رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت، بافت خاک، تراکم بوته، عملکرد بوته، عملکرد محصول، سطح تماس ویژه محصول با خاک، سطح تماس محصول با خاک و روش برداشت محصول (برای محصول چغندر قند). پارامترهای مورد اندازه گیری نیز عبارتند از: ضایعات خاک چسبیده ویژه، ضایعات خاک نچسبیده ویژه، ضایعات خاک کل ویژه، ضایعات خاک چسبیده، ضایعات خاک نچسبیده و ضایعات خاک کل. برداشت محصول سیب زمینی در استان خوزستان در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ به علت سرمای زیاد هوا، نسبت به سال های قبل کمی دیرتر آغاز شد. برداشت سیب زمینی در این سال تقریباً از اوایل نیمه دوم فروردین ماه آغاز گردید، و تا نیمه دوم اردیبهشت ماه ادامه یافت. برداشت سیب زمینی بصورت نیمه مکانیزه انجام گرفت. در این روش ابتدا با استفاده از سیب زمینی کن که در واقع یک گاواهن چیزل تک شاخه ی مجهز به تیغه پنجه غازی می باشد، غده ها را از درون پشته ها خارج شده و سپس به صورت دستی اقدام به جمع وری و بسته بندی سیب زمینی ها گردید. اما برداشت محصول چغندر قند هم به روش مکانیزه و هم به روش نیمه مکانیزه انجام گرفت که برداشت در اکثر مزارع چغندر قند در استان خوزستان با استفاده از روش اول انجام می شد و تنها در مزارع شهرستان بهبهان روش نیمه مکانیزه مورد استفاده قرار می گیرد. در روش مکانیزه ابتدا با استفاده از برگ زن و طوقه زن، برگ ها و طوقه ها جدا شده، سپس با استفاده از چغندرکن، چغندرها از خاک خارج شده در نهایت با استفاده از بردارنده عملیات بارگیری انجام گرفت. اما در روش نیمه مکانیزه چغندرها با استفاده از چغندرکن از خاک خارج شده و سپس عملیات برگ زنی، طوقه زنی و بارگیری بصورت دستی توسط کارگر انجام گرفت. تاریخ برداشت محصول چغندر قند نیز از اوایل خردادماه تا نیمه دوم تیرماه بوده است.

نمونه های خاک جهت تعیین رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت محصول و همچنین بافت خاک، از وسط پشته های محل کشت محصول و تا عمق ۲۰ سانتی متری تهیه گردید. جهت اندازه گیری تراکم بوته محصول ابتدا طول ردیف مربوط به ۴۰ بوته از محصول (DP<sub>۴۰</sub>) و عرض مربوط به ۴ ردیف کشت (DR<sub>۴</sub>) اندازه گیری شد و سپس با استفاده از رابطه ی (۱) تراکم بوته بر حسب تعداد بوته در هکتار محاسبه گردید:

$$\text{رابطه (۱)} \quad (DR_4 \times 100 / DP_{40}) \times (40 \times 100 / DR_{40}) = \text{تراکم بوته (هکتار)}$$

جهت اندازه گیری عملکرد بوته، تعداد ۶ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب گردید و به روش دستی برداشت، تمیز و وزن گردید و سپس عملکرد متوسط هر بوته بر حسب کیلوگرم محاسبه گردید. پس از محاسبه تراکم و عملکرد بوته، با استفاده از رابطه ی (۲) عملکرد محصول بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید:

$$\text{رابطه (۲)} \quad 1000 / (\text{عملکرد بوته} \times \text{تراکم بوته}) = \text{عملکرد محصول (تن در هکتار)}$$

در نهایت جهت محاسبه سطح تماس ویژه محصول چغندر قند و سیب زمینی بر حسب سانتی مترمربع بر گرم، از روش کخ (۱۹۹۶) استفاده گردید.

جهت اندازه گیری مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول، از هر کرت تعداد سه نمونه تهیه گردید. هر نمونه شامل ۵۰-۲۰ عدد بوته از محصول بصورت ناخالص (همراه با خاک، سنگ و کلس) بوده است. جهت محاسبه دقیق مقدار ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول چغندر قند، در روش برداشت مکانیزه نمونه ها از زیر نقاله بارگیری محصول تهیه گردید. پس از جمع آوری نمونه از روابط زیر جهت محاسبه پارامترهای مربوط به ضایعات خاک استفاده گردید:

$$\text{رابطه (۳)} = \frac{(M_{gross} - M_{crop} - M_{bag} - M_{rf} - M_{clod}) / (1 + GMC)}{M_{crop}} = \frac{Adhering M_{ds}}{M_{crop}}$$

ضایعات خاک چسبیده ویژه

$$\text{رابطه (۴)} = \frac{M_{clod} / (1 + GMC)}{M_{crop}}$$

ضایعات خاک نجسبیده ویژه

$$\text{رابطه (۵)} = \frac{(M_{gross} - M_{crop} - M_{bag} - M_{rf}) / (1 + GMC)}{M_{crop}} = \frac{M_{ds}}{M_{crop}}$$

ضایعات خاک کل ویژه

در روابط بالا:

$M_{gross}$  = وزن ناخالص محصول یا وزن کل نمونه (کیلوگرم)

$M_{crop}$  = وزن خالص محصول (کیلوگرم)

$M_{bag}$  = وزن ظرف نمونه (کیلوگرم)

$M_{rf}$  = وزن سنگ‌های همراه نمونه که به علت ناچیز بودن در محاسبات وارد نشده است (کیلوگرم)

$M_{clod}$  = وزن کلوخه‌های همراه نمونه (کیلوگرم)

$GMC$  = درصد رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت

$Adhering M_{ds}$  = وزن خاک چسبیده خشک (کیلوگرم)

جهت محاسبه ضایعات خاک چسبیده، ضایعات خاک نجسبیده و ضایعات خاک کل پارامترهای ویژه آنها در عملکرد محصول ضرب گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و محاسبه پارامترهای مورد نظر، از نرم‌افزارهای Excel و SAS جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

## نتایج و بحث

### الف) سبب نی

مقدار ضایعات خاک کل برای محصول سبب زمینی بین ۰/۰۹ تا ۱/۲ تن در هکتار و یا به عبارت دیگر ۰/۴ تا ۶/۶ درصد از وزن خالص محصول برداشت شده محاسبه شد. مقدار متوسط ضایعات خاک ۰/۶۴۵ تن در هکتار و مقدار میانه نیز ۰/۶۴۵ تن در هکتار بوده است. از آنجا که روش برداشت محصول نیمه مکانیزه بوده است بنابراین ضایعات خاک تنها شامل ضایعات خاک چسبیده به محصول بوده است و در نتیجه مقادیر ضایعات خاک کل و ضایعات خاک کل ویژه در واقع همان ضایعات خاک چسبیده و ضایعات خاک چسبیده ویژه می‌باشند.

**رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت (GMC):** بین رطوبت خاک در زمان برداشت و ضایعات خاک ویژه و کل رابطه‌ی مثبت برقرار می‌باشد، و در حدود نیمی از تغییرات این دو پارامتر توسط این متغیر توضیح داده می‌شود (جدول ۱). به طور کلی با افزایش رطوبت خاک مقدار ضایعات خاک بویژه ضایعات چسبیده به محصول افزایش می‌یابد. مناسبترین رابطه‌ی بدست آمده بین رطوبت خاک در زمان برداشت و ضایعات ویژه‌ی خاک یک رابطه‌ی خطی با ضریب تبیین ۰/۵۲ بود. بهترین رابطه‌ی بدست آمده بین رطوبت خاک و ضایعات خاک کل نیز یک رابطه‌ی خطی با ضریب تبیین ۰/۵۰ بود.

**تراکم بوته (PD):** بین تراکم بوته و مقدار ضایعات خاک ویژه و کل یک همبستگی مثبت برقرار می‌باشد (جدول ۱). بهترین رابطه‌ی بدست آمده بین تراکم بوته و مقدار ضایعات خاک ویژه یک رابطه‌ی درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۱۴ می‌باشد. بهترین رابطه‌ی بدست آمده بین تراکم بوته و مقدار ضایعات خاک کل یک رابطه‌ی لگاریتمی با ضریب تبیین ۰/۲۳ می‌باشد. اصولاً غده‌های کوچکتر در مقایسه با غده‌های بزرگتر، به علت داشتن نسبت بزرگتر سطح تماس به وزن غده، دارای ضایعات خاک چسبیده ویژه‌ی بیشتری می‌باشند. از آنجائیکه که با افزایش تراکم بوته اندازه غده‌ها کاهش پیدا می‌کند بنابراین انتظار می‌رود که مقدار ضایعات خاک چسبیده‌ی ویژه و در نتیجه ضایعات خاک کل افزایش یابد. همین امر همبستگی مثبت بین تراکم بوته و ضایعات خاک را می‌تواند توجیه نماید.



**عملکرد محصول ( $M_{cy}$ ):** بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک ویژه و عملکرد محصول یک رابطه ی توانی با ضریب تبیین  $0/23$  بوده ست (جدول ۱). اصولاً در شرایطی بین ضایعات خاک چسبیده ویژه و عملکرد محصول رابطه ی مثبت بدست می آید که افزایش عملکرد محصول در نتیجه افزایش تراکم بوته باشد اما نسبت کاهش اندازه هر ریشه در نتیجه افزایش تراکم بوته، کمتر از نسبت افزایش تراکم بوته باشد. از آنجائیکه جهت محاسبه ی مقدار ضایعات خاک کل از حاصلضرب مقدار ضایعات خاک ویژه و عملکرد محصول می باشد استفاده گردیده است بنابراین بدست آمدن روابط مثبت معنی دار بین این متغیر و ضایعات خاک کل قابل پیش بینی می باشد. در این مورد نیز بهترین رابطه ی بدست آمده یک رابطه ی درجه دوم با ضریب تبیین  $0/48$  می باشد.

**عملکرد بوته ( $PY$ ):** روابط بدست آمده نشان می دهد که بین عملکرد هر بوته و مقدار ضایعات خاک ویژه و کل رابطه ی مثبتی برقرار می باشد (جدول ۱). این در حالی می باشد که نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که با افزایش عملکرد هر بوته نسبت سطح تماس بوته به وزن آن و در نتیجه مقدار ضایعات خاک چسبیده ویژه و کل کاهش می یابد و اصولاً باید بین عملکرد بوته و ضایعات خاک چسبیده یک رابطه منفی برقرار باشد. علت این امر را می توان وجود اثر متقابل بین عملکرد بوته و رطوبت خاک دانست. بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک ویژه و عملکرد بوته روابط نمایی و توانی با ضریب تبیین  $0/19$  بوده است. مقدار ضرایب تبیین برای ضایعات خاک کل نسبت به ضایعات کل ویژه بالاتر بوده است. در این مورد نیز بهترین روابط بدست آمده روابط نمایی و توانی با ضریب  $0/31$  می باشند.

جدول ۱: معادلات رگرسیونی ساده بین متغیرهای مستقل و ضایعات خاک در برداشت محصول سیب زمینی

معادلات	$R^2$	p
$GMC - 0/027 = 0/4995 GMC$ ضایعات خاک کل	$0/52$	$< 0/0001$
$GMC - 0/0227 = 0/4178 GMC + 0/3749 GMC^2$ ویژه و کل	$0/51$	$< 0/0001$
$Ln(GMC) + 0/1451 = 0/0526 Ln(GMC)$ کل ویژه	$0/52$	$< 0/0001$
$GMC - 0/7426 = 12/217 GMC$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/50$	$< 0/0001$
$PD - 0/116 = 7 \cdot 10^{-2} PD$ ضایعات خاک کل ویژه	$0/12$	$0/01$
$PD + 0/0742 = 20 \cdot 10^{-1} PD - 30 \cdot 10^{-1} PD$ ویژه و کل	$0/14$	$0/03$
$PD + 0/1544 = 90 \cdot 10^{-6} PD - 30 \cdot 10^{-1} PD$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/18$	$0/02$
$Ln(PD) - 13/826 = 1/3246 Ln(PD)$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/23$	$0/0005$
$M_{cy}^{1/7002} = 0/0001 M_{cy}$ ضایعات خاک کل ویژه	$0/23$	$0/0003$
$M_{cy} - 0/0805 = 0/0365 Ln(M_{cy})$ ضایعات خاک کل ویژه	$0/20$	$0/0004$
$M_{cy} - 0/7498 = 0/067 M_{cy}$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/41$	$< 0/0001$
$M_{cy} - 0/3599 = 0/0009 M_{cy}^2 + 0/286 M_{cy}$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/48$	$< 0/0001$
$PY = 0/003 e^{0/6625 PY}$ ویژه و کل	$0/19$	$0/0004$
$PY^{2/0899} = 0/2009 PY$ ویژه و کل	$0/19$	$0/0004$
$PY^{1/3161} = 0/0231 e^{1/3161 PY}$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/31$	$0/0001$
$PY^{3/0665} = 10/894 PY$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/31$	$0/0001$
$(\%clay)^{-1/6194} = 0/0035$ ضایعات خاک کل	$0/28$	$0/006$

ویژه -/۰۱	-/۱۲	$+0.0657(\%sand) - 0.0006$ ضایعات خاک کل
ویژه -/۰۰۰۱	-/۲۷	$0.7197(\%clay) - 0.0512$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)
-/۰۱	-/۱۲	$160.19(\%sand)^{-1.998}$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)
-/۰۴	-/۱۶	$0.211S_s^{-0.559}$ ضایعات خاک کل ویژه
-/۰۳	-/۲۲	$4257.9e^{-0.2552S_s}$ ضایعات خاک کل (تن در هکتار)

### بافت خاک (%Sand, %Clay): از آنجا که ذرات رس و شن نقش مؤثرتری بر میزان چسبندگی خاک به محصول

دارند بنابراین تجزیه و تحلیل نیز بر روی این دو ذره صورت گرفته است. ارزیابی عملکرد روابط بدست آمده بر اساس ضرایب تبیین نشان می‌دهد که درصد ذرات رس در مقایسه با ذرات شن تأثیر بیشتری بر تغییرات ضایعات خاک داشته است. تأثیر بافت خاک بر مقدار ضایعات خاک کل ویژه و ضایعات خاک کل تقریباً به یک اندازه بوده است. به طور کلی با افزایش درصد ذرات رس به دلیل افزایش چسبندگی خاک انتظار می‌رود که مقدار ضایعات خاک و بویژه ضایعات خاک چسبیده افزایش یابد. بهترین رابطه‌ی بدست آمده بین درصد ذرات رس و ضایعات خاک کل ویژه رابطه‌ی توانی با مقدار ضریب تبیین ۰/۲۸ بوده است (جدول ۱). در مورد ضایعات خاک کل نیز بهترین رابطه، رابطه‌ی توانی با ضریب تبیین ۰/۲۷ می‌باشد. بهترین رابطه بدست آمده بین درصد ذرات رس و مقدار ضایعات خاک کل ویژه رابطه‌ی از نوع خطی ساده با ضریب تبیین ۰/۱۲ می‌باشد. از آنجا که افزایش درصد ذرات شن باعث کاهش چسبندگی خاک به محصول می‌گردد، بین ضایعات چسبیده و درصد ذرات شن رابطه‌ی منفی برقرار می‌باشد. رابطه توانی بهترین رابطه بدست آمده بین مقدار ضایعات خاک کل و درصد شن می‌باشد و مقدار ضریب تبیین برای آن ۰/۱۲ می‌باشد.

### سطح تماس ویژه محصول با خاک ( $S_s$ ): بین سطح تماس ویژه‌ی محصول با خاک و مقدار ضایعات خاک رابطه

ای منفی بدست آمد (جدول ۱). نتایج مربوط به روابط بین عملکرد بوته و ضایعات خاک در بخش نشان داد که بین این دو متغیر رابطه‌ی مثبت برقرار می‌باشد. به طور کلی بین اندازه‌ی غده‌های سیب زمینی و سطح تماس ویژه‌ی محصول با خاک رابطه‌ی منفی برقرار است. یعنی با افزایش عملکرد بوته سطح تماس ویژه‌ی محصول با خاک کاهش می‌یابد. با استفاده از این موضوع می‌توان رابطه‌ی منفی بین سطح تماس ویژه‌ی محصول با خاک و ضایعات خاک را توجیه نمود. با توجه به جدول مشخص می‌باشد که سطح تماس ویژه‌ی محصول با خاک اثر بیشتری بر تغییرات مقدار ضایعات کل در مقایسه با مقدار ضایعات کل ویژه داشته است. از بین روابط بدست آمده برای ضایعات کل ویژه بهترین رابطه، رابطه‌ی توانی با ضریب تبیین ۰/۱۶ می‌باشد. برای ضایعات کل نیز بهترین رابطه بدست آمده روابط نمایی می‌باشد که مقدار ضریب تبیین برای آن برابر با ۰/۲۲ می‌باشد.

### ب) چغندر قند

مقدار ضایعات خاک کل برای برداشت چغندر قند به روش مکانیزه به طور متوسط ۱/۰۱ تن در هکتار بوده است. اما این مقدار بین ۰/۳۱ تا ۱/۹۴ تن در هکتار متغیر بوده است. مقدار ضایعات خاک چسبیده نیز به طور متوسط ۰/۷۳ تن در هکتار



می باشد که بین ۰/۰۹ و ۱/۶۸ تن در هکتار متغیر بوده ست. مقدار ضایعات خاک نجسبیده نیز بین ۰/۰۸ تا ۰/۷۹ تن در هکتار متغیر بوده و مقدار متوسط برای آن ۰/۲۸ تن در هکتار می باشد. مقدار ضایعات خاک کل ویژه، ضایعات خاک چسبیده ویژه و ضایعات خاک نجسبیده ویژه نیز به طور متوسط و به ترتیب برابر با ۰/۰۱۸، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۰۵ بوده است. مقدار ضایعات خاک کل در روش نیمه مکانیزه تنها شامل ضایعات خاک چسبیده به محصول بوده است. مقدار ضایعات خاک کل به طور متوسط ۰/۷۳۴ تن در هکتار بوده است که بین ۰/۲ و ۱/۳۱ تن در هکتار متغیر می باشد. مقدار ضایعات خاک کل ویژه نیز بین ۰/۰۰۵ و ۰/۰۲۸ تن متغیر بوده و مقدار متوسط برای آن ۰/۰۱۵ می باشد.

**رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت (GMC):** نتایج بدست آمده نشان می دهد که رطوبت خاک در زمان برداشت عاملی مهم در تعیین مقدار ضایعات خاک در برداشت محصول چغندر قند هم در روش مکانیزه و هم در روش نیمه مکانیزه می باشد. این متغیر در حدود نیمی از تغییرات ضایعات خاک در برداشت چغندر قند را برای هر دو روش توجیه می نماید (جدول ۲). بهترین معادله ی بدست آمده برای بیان رابطه ی بین ضایعات خاک کل ویژه در روش نیمه مکانیزه معادله درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۴۷ می باشد. اما برای روش مکانیزه بهترین رابطه ی بدست آمده رابطه ای با ضریب تبیین ۰/۴۹ می باشد. نتایج مربوط به تحلیل رگرسیونی بین ضایعات خاک کل و رطوبت خاک در زمان برداشت برای روش نیمه مکانیزه نشان داد که بهترین رابطه بدست آمده رابطه ای خطی دوم می باشد که مقدار ضریب تبیین برای آن ۰/۴۵ می باشد. اما در روش برداشت مکانیزه بهترین رابطه بدست آمده نمایی می باشد. مقدار ضریب تبیین ب ای این معادله برابر با ۰/۴۸ می باشد. به نظر می رسد که رطوبت وزنی خاک در زمان برداشت نقش مؤثرتری بر مقدار ضایعات خاک چسبیده در مقایسه با ضایعات خاک کل و نجسبیده در روش برداشت مکانیزه دارد. بهترین رابطه بدست آمده بین ضایعات چسبیده ویژه و رطوبت خاک رابطه ای توانی می باشد که مقدار ضریب تبیین برای آن ۰/۵۹ می باشد. بهترین رابطه بدست آمده برای ضایعات چسبیده کل نیز همانند ضایعات چسبیده ویژه رابطه ای توانی با ضریب تبیین ۰/۵۹ می باشند. نتایج نشان می دهد که رطوبت خاک در زمان برداشت از بین انواع ضایعات خاک در روش برداشت مکانیزه کمترین اثر را بر ضایعات خاک نجسبیده داشته است. بهترین رابطه ی به دست آمده بین ضایعات نجسبیده و رطوبت خاک، در هر دو حالت ویژه و کل، رابطه ای درجه دوم به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۱۹ و ۰/۱۷ بوده است.

**تراکم بوته (PD):** بهترین رابطه بدست آمده بین تراکم بوته و ضایعات خاک کل ویژه برای روش نیمه مکانیزه رابطه ای توانی با ضریب تبیین ۰/۱۰ می باشد (جدول ۲). بهترین رابطه بدست آمده برای روش مکانیزه نیز رابطه درجه دوم می باشد. مقدار ضریب تبیین برای این معادله ۰/۱۲ می باشد. تأثیر تراکم بوته بر ضایعات خاک کل در هر دو روش نسبت به ضایعات خاک کل ویژه بیشتر بوده است. در روش نیمه مکانیزه بهترین رابطه بدست آمده بین ضایعات خاک کل و تراکم بوته همانند ضایعات خاک کل ویژه رابطه ای توانی می باشند. مقدار ضریب تبیین برای این رابطه ۰/۱۵ می باشد. در روش برداشت مکانیزه بهترین رابطه ی بدست آمده بین تراکم بوته و ضایعات خاک کل رابطه ای درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۲۲ می باشد. برای ضایعات خاک چسبیده ویژه بهترین رابطه ی بدست آمده رابطه ی از نوع درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۱۴ بدست آمد. برای ضایعات خاک چسبیده کل نیز بهترین رابطه ی بدست آمده رابطه ای از نوع درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۲۲ می باشد.

**عملکرد محصول ( $M_{cy}$ ):** بهترین رابطه بدست آمده بین ضایعات خاک کل ویژه و عملکرد محصول در روش نیمه مکانیزه رابطه ای توانی می باشد که مقدار ضریب تبیین برای آن برابر با ۰/۲۴ می باشد (جدول ۲). اما بین ضایعات خاک کل ویژه در روش مکانیزه و عملکرد محصول در سطح  $p \leq 0.05$  رابطه ی معنی داری بدست نیامد. بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک کل در برداشت نیمه مکانیزه و عملکرد محصول رابطه ای از نوع درجه دوم با ضریب تبیین ۰/۴۷ می باشد. بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک چسبیده کل و عملکرد محصول رابطه ای از نوع خطی ساده با ضریب تبیین ۰/۱۹ بوده است.

**عملکرد بوته (PY):** نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی نشان داد که از بین انواع ضایعات خاک هم در روش نیمه مکانیزه و هم در روش مکانیزه، تنها بین ضایعات خاک کل در روش برداشت نیمه مکانیزه و عملکرد بوته روابط مثبت و معنی دار برقرار می باشد (جدول ۲). بهترین رابطه ی بدست آمده در این مورد یک رابطه ی خطی ساده با ضریب تبیین ۰/۱۹ می باشد.

**بافت خاک (%Sand, %Clay):** از آنجا که تغییرات بافت خاک در روش برداشت نیمه مکانیزه محدود بوده است بنابراین بین بافت خاک و ضایعات خاک در این روش رابطه ی معنی داری در سطح  $p \leq 0.05$  بدست نیامد. اما نتایج حاصل از

تحلیل رگرسیونی در روش برداشت مکانیزه نشان داد که بافت خاک یکی از عوامل مؤثر در تغییرات مقدار ضایعات خاک در این روش بوده است. بهترین رابطه ی بدست آمده بین درصد رس و ضایعات خاک کل ویژه رابطه ای توانی با ضریب تبیین  $0/43$  می باشد (جدول ۲). بهترین رابطه ی بدست آمده بین درصد رس و ضایعات خاک کل رابطه ای نمایی با ضریب تبیین  $0/38$  بوده است. بهترین رابطه بدست آمده برای ضایعات خاک چسبیده ویژه رابطه توانی می باشد که مقدار ضریب تبیین برای آن برابر با  $0/37$  می باشد. در مورد ضایعات خاک چسبیده کل نیز همانند ضایعات خاک چسبیده ویژه، بهترین رابطه بدست آمده، رابطه توانی با ضریب تبیین  $0/37$  می باشد. بین درصد ذرات شن و ضایعات خاک در برداشت چغندر قند به روش مکانیزه رابطه ی منفی بدست آمد. بهترین رابطه ای که بین ضایعات خاک کل ویژه و درصد شن بدست آمد یک رابطه ی درجه دوم با ضریب تبیین  $0/31$  بوده است. بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک کل و درصد شن نیز رابطه ای از نوع درجه دوم می باشد. مقدار ضریب تبیین برای این معادله  $0/29$  می باشد. بین ضایعات خاک چسبیده و درصد شن نیز روابط معنی داری بدست آمد. معادله لگاریتمی بهترین رابطه بدست آمده بین ضایعات خاک چسبیده ویژه و درصد شن بوده است. مقدار ضریب تبیین برای این رابطه  $0/24$  می باشد. بهترین رابطه بدست آمده بین ضایعات خاک چسبیده کل نیز رابطه درجه دوم با ضریب تبیین  $0/23$  می باشد.

جدول ۲: معادلات رگرسیونی ساده بین متغیرهای مستقل و ضایعات خاک در برداشت محصول چغندر قند

برداشت روش	$R^2$	p معادلات
ضایعات خاک کل	$-1/8047GMC^T + 0/6141GMC - 0/0292$	$0/47 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل ویژه	$0/0039e^{11/678GMC}$	$0/49 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$12/242GMC - 0/5731$	$0/45 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/1957e^{12/494GMC}$	$0/48 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک چسبیده	$2/6064GMC^{2/6025}$	$0/59 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک چسبیده (تن در هکتار)	$176/79GMC^{2/6987}$	$0/59 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک نجسبیده	$1/8555GMC^2 - 0/4673GMC + 0/0231$	$0/19 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک کل ویژه	$70 \cdot 10^{-10} PD^{1/5146}$	$0/10 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل ویژه	$10^{-11} PD^2 - 90 \cdot 10^{-7} PD + 0/0308$	$0/12 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$40 \cdot 10^{-11} PD^{2/1206}$	$0/15 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$10^{-3} PD^2 - 0/0001 PD + 3/4308$	$0/22 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک چسبیده	$30 \cdot 10^{-11} PD^2 - 30 \cdot 10^{-2} PD + 0/1039$	$0/14 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک چسبیده (تن در هکتار)	$20 \cdot 10^{-3} PD^2 - 0/0002 PD + 7/3466$	$0/22 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک کل ویژه	$80 \cdot 10^{-6} M_{cy}^{1/946}$	$0/24 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/0013 M_{cy}^2 - 0/0864 M_{cy} + 1/8292$	$0/47 < 0/0001$ نیمه مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$0/001 M_{cy}^2 - 0/0784 M_{cy} + 2/1511$	$0/17 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک چسبیده (تن در هکتار)	$0/035 M_{cy} - 1/1201$	$0/19 < 0/0001$ مکانیزه
ضایعات خاک کل (تن در هکتار)	$1/6431 PY - 0/46$	$0/19 < 0/0001$ نیمه مکانیزه



$0.033(\% \text{clay})^{-0.5158}$ = ضایعات خاک کل	مکانیزه	0.43	< 0.001
			ویژه
$0.4874e^{-0.23(\% \text{clay})}$ = ضایعات خاک کل (تن در	مکانیزه	0.38	< 0.001
			هکتار)
$0.009(\% \text{clay})^{-0.7774}$ = ضایعات خاک چسبیده	مکانیزه	0.37	< 0.001
			ویژه
$0.482(\% \text{clay})^{-0.7961}$ = ضایعات خاک چسبیده (تن	مکانیزه	0.37	< 0.001
			درهکتار)
$0.90 \cdot 10^{-6}(\% \text{sand})^2 - 0.018(\% \text{sand}) + 0.0724$ = ضایعات خاک کل	مکانیزه	0.31	< 0.001
			ویژه
$0.005(\% \text{sand})^2 - 0.873(\% \text{sand}) + 4/19.09$ = ضایعات خاک کل (تن در	مکانیزه	0.29	< 0.001
			هکتار)
$-0.024 \text{Ln}(\% \text{sand}) + 0.0955$ = ضایعات خاک چسبیده	مکانیزه	0.24	< 0.001
			ویژه
$0.004(\% \text{sand})^2 - 0.666(\% \text{sand}) + 3/2449$ = ضایعات خاک چسبیده (تن در	مکانیزه	0.23	< 0.001
			هکتار)
$0.8992S_s^2 - 1.0143S_s + 0.3009$ = ضایعات خاک کل	مکانیزه	0.23	0.005
			ویژه
$-1/7372 \text{Ln}(S_s) - 0.288$ = ضایعات خاک کل (تن در	نیمه مکانیزه	0.14	0.04
			هکتار)
$57/441S_s^2 - 65/379S_s + 19/393$ = ضایعات خاک کل (تن در	مکانیزه	0.31	0.002
			هکتار)
$0.6606S_s^2 - 0.7705S_s + 0.2343$ = ضایعات خاک چسبیده	مکانیزه	0.23	0.005
			ویژه
$44/604S_s^2 - 51/979S_s + 15/648$ = ضایعات خاک چسبیده (تن در	مکانیزه	0.30	0.006
			هکتار)

### سطح تماس ویژه محصول با خاک ( $S_s$ ): بین ضایعات خاک و سطح تماس ویژه محصول با خاک بویژه در روش

برداشت مکانیزه روابط معنی داری در سطح  $p \leq 0.05$  بدست آمد. تمامی روابط بدست آمده بین این دو متغیر مثبت بوده است. بین ضایعات خاک کل ویژه و سطح تماس محصول با خاک تنها در روش مکانیزه روابط معنی داری بدست آمد. بهترین رابطه ی بدست آمده در این مورد دارای ضریب تبیین 0.23 بوده است که رابطه ای از نوع درجه دوم می باشد (جدول ۲). بین ضایعات خاک کل و سطح تماس ویژه ی محصول با خاک در روش نیمه مکانیزه در سطح  $p \leq 0.05$  رابطه ی معنی دار از نوع لگاریتمی بدست آمد که مقدار ضریب تبیین برای آنها برابر با 0.14 می باشد. اما مقدار ضریب تبیین برای روابط بدست آمده در روش مکانیزه بالاتر بوده است. بهترین رابطه ی بدست آمده در این مورد معادله ی درجه دوم با ضریب تبیین 0.31 می باشد. بین ضایعات خاک چسبیده و سطح تماس ویژه ی محصول با خاک در روش مکانیزه روابط معنی داری بدست آمد. بهترین رابطه ی بدست آمده بین ضایعات خاک چسبیده ی ویژه و سطح تماس ویژه ی محصول با خاک معادله ای درجه دوم با ضریب تبیین 0.23 می باشد. سطح تماس محصول با خاک در حدود 30 درصد از تغییرات ضایعات خاک چسبیده کل را در قالب یک معادله ی درجه دوم توجیه می کند.

### ج) مقایسه ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب زمینی و چغندر قند

در جدول (۳) مقایسه میانگین بین انواع ضایعات خاک در برداشت دو محصول سیب زمینی و چغندر قند نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد مقدار ضایعات خاک چسبیده ویژه برای محصول سیب زمینی در مقایسه با محصول چغندر قند در سطح  $p \leq 0.05$  به طور معنی داری بالاتر می باشد. اصولاً در محصولات نظیر چغندر قند و سیب زمینی با کوچکتر شدن اندازه غده یا ریشه مقدار ضایعات خاک چسبیده ویژه افزایش می یابد. بنابراین کوچکتر بودن اندازه غده های سیب زمینی و در نتیجه

نسبت سطح تماس با خاک به وزن غده، در مقایسه با محصول چغندر قند را می توان علت اصلی تفاوت در ضایعات خاک چسبیده ویژه برای دو محصول دانست.

جدول ۳: مقایسه میانگین ضایعات خاک در برداشت دو محصول سیب زمینی و چغندر قند

ضایعات خاک	برداشت سیب زمینی	برداشت نیمه مکانیزه چغندر قند	برداشت مکانیزه چغندر قند
ضایعات خاک چسبیده ویژه	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۱۵ <sup>b</sup>	۰/۰۱۳ <sup>b</sup>
ضایعات خاک چسبیده کل	۰/۶۴۵ <sup>a</sup>	۰/۷۳۴ <sup>a</sup>	۰/۷۳۴ <sup>a</sup>
ضایعات خاک کل ویژه	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۱۵ <sup>b</sup>	۰/۰۱۸ <sup>b</sup>
ضایعات خاک کل	۰/۶۴۵ <sup>a</sup>	۰/۷۳۴ <sup>a</sup>	۱/۰۱ <sup>b</sup>

حروف مشابه در هر سطح نشانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح  $p \leq 0.05$  می باشد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مقدار ضایعات خاک چسبیده کل برای دو محصول سیب زمینی و چغندر قند در سطح  $p \leq 0.05$  دارای تفاوت معنی دار نمی باشد. این در حالی می باشد که ضایعات خاک چسبیده ویژه برای محصول سیب زمینی به طور معنی داری بیشتر بوده است. با توجه به اینکه ضایعات خاک چسبیده کل از حاصلضرب ضایعات خاک چسبیده ویژه و عملکرد محصول حاصل می گردد، بنابراین بالاتر بودن عملکرد محصول چغندر قند نسبت به محصول سیب زمینی را می توان علت بیشتر بودن ضایعات خاک چسبیده در محصول چغندر قند نسبت به محصول سیب زمینی دانست. ضایعات خاک کل ویژه برای دو محصول سیب زمینی و چغندر قند در سطح  $p \leq 0.05$  تفاوت معنی دار نداشته است. بیشترین مقدار ضایعات خاک کل ویژه مربوط به مزارع سیب زمینی و برابر با ۰/۰۳ تن/تن بوده است که به طور معنی دار بیشتر از دو جامعه دیگر می باشد. مقدار ضایعات خاک کل ویژه برای مزارع نیمه مکانیزه و مکانیزه چغندر قند تفاوت معنی دار نداشته است. مقدار ضایعات خاک کل برای مزارع مکانیزه چغندر قند برابر با ۱/۰۱ تن در هکتار بوده است که در مقایسه با مزارع سیب زمینی و همچنین مزارع نیمه مکانیزه چغندر قند در سطح  $p \leq 0.05$  به طور معنی داری بالاتر می باشد. این در حالی می باشد که مقدار ضایعات خاک چسبیده کل برای سه جامعه مورد بررسی تفاوت معنی داری نداشته است. بنابراین علت اصلی تفاوت در مقدار ضایعات خاک کل را می توان در وجود ضایعات کلوخه ای در برداشت مکانیزه چغندر قند دانست که در حدود ۲۷ درصد از کل ضایعات خاک در این جامعه را تشکیل داده است.



## نتیجه گیری

ضایعات خاک ناشی از برداشت محصول سیب زمینی در استان خوزستان به طور متوسط  $0/645$  تن در هکتار بوده است. این مقدار تقریباً معادل با  $3$  درصد از وزن کل محصول برداشت شده را تشکیل می دهد. از بین عوامل مورد بررسی، رطوبت خاک در زمان برداشت مؤثرترین عامل بر تغییرات مقدار ضایعات خاک در برداشت محصول سیب زمینی بوده است. این عامل به تنهایی در حدود  $50$  درصد از تغییرات ضایعات خاک در برداشت محصول سیب زمینی در استان خوزستان را توضیح داده است. در برداشت محصول چغندر قند به روش نیمه مکانیزه ضایعات خاک تنها شامل ضایعات چسبیده به محصول می باشد. مقدار ضایعات خاک کل در مزارع نیمه مکانیزه به طور متوسط  $0/734$  تن در هکتار بوده است. این مقدار تقریباً  $1/5$  درصد از وزن کل محصول برداشت شده را تشکیل داده است. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که رطوبت خاک در زمان برداشت در حدود  $45$  درصد از تغییرات ضایعات خاک در برداشت محصول را توضیح داده است و مهمترین عامل تأثیرگذار بر تغییرات ضایعات خاک بوده است. مقدار ضایعات خاک در مزارع مکانیزه به طور متوسط  $1/01$  تن در هکتار بوده است که معادل با  $2$  درصد از وزن کل محصول برداشت شده می باشد. مهمترین عامل تأثیرگذار بر مقدار ضایعات خاک در مزارع مکانیزه رطوبت خاک در زمان برداشت می باشد به طوری که به تنهایی در حدود  $50$  درصد از تغییرات ضایعات خاک را توضیح داده است.

## منابع

- ۱- صیادیان، ک، بهشتی آل آقا، ع. ۱۳۸۴. امید به پایدار بودن کشاورزی یا هراس از پایدار بودن کشاورزی. مجله خشکی و خشکسالی، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، شماره ۱۵، ۷۳-۶۵.
- ۲- قربانی، م، حسینی، س.ص. ۱۳۸۴. فقر مواد غذایی خاک: نگرشی اقتصادی بر فرسایش در ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، شماره ۱ اول، ۱۵۷-۱۴۷.
- ۳- کریمی، س، چیدری، م. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر بر فناوری های حفاظت خاک توسط کشاورزان استان مرکزی. مجله توسعه روستایی و ترویج کشاورزی، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، شماره ۲۵۶، ۴۲-۳۱.
- 4- Auerswald, K., Gerl, G., Kainz, M. 2006. Influence of cropping system on harvest erosion under potato. *Soil & Tillage Research*, 89, 22-34.
- 5- Blotserkovsky, Y., Larionov, A. 1988. Removal of soil by harvest of potatoes and and root crops. *Vestnik Moslovskogo Universiteta Serii 5: Geografia* 4, 49-55 (in Russian).
- 6- Koch, H.J. 1996. Possibilities and limits for reducing soil tare of sugar beet through tillage, population density, N-fertilizer supply, variety and cleaning. In *Proceedings of the 59th IIRB Congress, Brussels: International Institute for Beet Research*, 483-497.
- 7- Li, Y., Ruyschaert, G., Poesen, J., Zhang, Q.W., Bai, L.Y., Li, L., Sun, L.F. 2006. Soil losses due to potato and sugar beet harvesting in NE China. *Earth Surf, Process, Landf*, 31 (8), 1003-1016.
- 8- Oruc, N., Gungor, H. 2000. A study on the soil tare of sugar beet in Eskisehir-Turkey. In *Proceedings of the Intrenational Symposium on Desertification, Konya, Turkey*, Soil Science Society of Turkey, <http://www.topsak.org.tr/isd/isd-46.htm> (last accessed 2 september 2004) 258-261.
- 9- Ruyschaert, G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G. 2003. Soil losses due to crop harvesting in Europe. In: Boardman, J., Poesen, J. (Eds), *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 110, 41-50.
- 10- Ruyschaert, G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G. 2004. Soil loss due to crop harvesting: significance and determining factors. *Progress in Physical Geography*, 28, pp 467-501.
- 11- Ruyschaert, G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G. 2006. Soil loss due to harvesting of various crop types in contrasting agro-ecological environments. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 120, 153-165.



12- Ruyschaert, G., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G. 2006. Soil loss due to mechanized potato harvesting. Soil & Tillage Research, 86, 52-72.