

## اثر خاک‌ورزی حفاظتی با رویکرد حفظ بقایا بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی

زین العابدین امیدمهر<sup>۱\*</sup>، علیرضا محمدی<sup>۲</sup>، ابوالفضل هدایتی‌پور<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۳

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران

۲- عضو هیئت علمی بخش تولیدات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)

۳- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

\*مسئول مکاتبه: Email: zshamabadi@gmail.com

### چکیده

به منظور مطالعه اثر روش‌های تهیه بستر بذر بر عملکرد سیب‌زمینی، تحقیقی طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۸۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های نواری بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عامل افقی شامل نوع و زمان شخم بصورت ۱- شخم با گاوآهن برگرداندار، ۲- شخم با گاوآهن بشقابی، ۳- شخم با گاوآهن چیزل در پاییز، ۴- شخم با گاوآهن چیزل در بهار و عامل عمودی شامل ارقام سیب‌زمینی اگریا، دراگوسانته بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (۱۳۸۶ و ۱۳۸۸) نشان داد، که تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، اختلاف معنی‌دار داشتند. تیمار چیزل در بهار در سال سوم و تیمار شخم معمول در سال اول آزمایش به ترتیب بیشترین (۳۱/۱ تن در هکتار) و کمترین (۲۴ تن در هکتار) عملکرد غده را تولید کردند. درصد برگردانی خاک به شدت تحت تاثیر تیمارهای خاک‌ورزی قرار گرفت. بطوریکه تیمار شخم با گاوآهن برگرداندار و چیزل به ترتیب با متوسط ۷۱/۵ و ۳۹/۵ درصد دارای بیشترین و کمترین مقدار برگردانی خاک بودند. همچنین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر میزان کربن آلی خاک موثر بودند. تیمار شخم با چیزل در بهار و شخم برگرداندار به ترتیب بیشترین (۰/۴۵) و کمترین (۰/۲۸) درصد کربن آلی خاک را دارا بودند. با توجه به عملکرد سیب‌زمینی و مزایای استفاده از گاوآهن چیزل، گاوآهن برگرداندار را می‌توان با گاوآهن چیزل جایگزین کرد.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، خواص خاک، سیب‌زمینی، شخم، عملکرد غده

**Conservation Tillage Effect as Residue Maintaining on Potato Yield****Zaynolabedin Omidmehr<sup>1\*</sup>, Alireza Mohammadi<sup>2</sup>, Abolfazl Hedayatipoor<sup>3</sup>**

Received: August 4, 2014 Accepted: September 13, 2016

1-Academic member of Agricultural Engineering Research Department, Semnan, Shahrood, Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Shahrood, Iran.

2-Academic member of Agricultural Plant Improvement Department, Semnan (Shahrood) Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Shahrood, Iran.

3-Academic member of Agricultural Engineering Research Department, Arak Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Arak, Iran.

\*Corresponding Author: Email: zshamabadi@gmail.com

**Abstract**

The effect of different seedbed preparation on potato yield, were studied in Agricultural Research Center of Semnan (Shahrood) in 2007-2009 periods. A RCBD based strip-block experiment with 4 replications was used, that horizontal factor included tillage methods as 1-Moldboard plowing, 2-Disk plowing, 3-fall chisel plowing and 4-spring chisel plowing and vertical factor included three potato cultivars (Agria, Deraga and Sante). Results of combined analysis (2007 and 2009) showed, crop yield differences among tillage methods were significant, Maximum of tuber yield per hectare was related to spring chisel plowing ( $31.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Soil inversion percent was significant among tillage treatments. Maximum and minimum of soil inversion percent was related to Moldboard plough (72/25%) and chisel plough (39.5%), respectively. Soil organic carbon was significant treatments among tillage methods. Maximum and minimum of Soil organic carbon was belonged to chisel (0.45%) and moldboard (0.28%) plowing, respectively. Regard to crop yield and chisel plough advantages, moldboard plough can be replaced with chisel plough.

**Keywords:** Plowing, Potato, Soil Properties, Tillage, Tuber Yield**مقدمه**

در دهه‌های اخیر تکنیک‌های خاک‌ورزی با هدف به حداقل رساندن صدمات محیطی به سمت کاهش چشم‌گیر در عمق شخم و تعداد عملیات جهت‌گیری شده است. با اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی شرایط بهینه برای رشد و نمو محصول فراهم می‌گردد (ساعتی ۲۰۰۹).

گزارشات نشان می‌دهد در حدود ۶۰ درصد انرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. دقت در نوع

هدف عملیات خاک‌ورزی ایجاد محیط مناسبی برای جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه و نرم کردن و تثبیت خاک جهت تماس کامل بذر با خاک و کم کردن مقاومت و پیوستگی خاک می‌باشد. سیب‌زمینی به شرایط فیزیکی خاک کاملاً حساس می‌باشد. اثر عملیات خاک‌ورزی بر تولید سیب‌زمینی کاملاً معنی‌دار می‌باشد. خاک ایده‌آل برای تولید سیب‌زمینی بایستی عمیق، دارای زهکشی خوب و ترد و شکننده باشد (جی‌سل و دلانوی ۲۰۰۶).

چگالی کمتری دارد و برعکس خاکی که منافذ کمتری داشته باشد دانسیته بیشتری دارد (بدلیکوا و روبی ۲۰۰۶). در آزمایشی توسط محمودی و محمدی‌نشلی (۲۰۰۶) اثر سه نوع وسیله خاک‌ورزی بر میزان حفظ رطوبت خاک، وزن مخصوص ظاهری، میزان برگردانی بقایای گیاهی توسط ادوات مختلف خاک‌ورزی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برای دستیابی به بیشترین کیفیت خاک شخم خورده، عملیات خاک‌ورزی ثانویه حداکثر تا یک هفته بعد از شخم انجام شود، تا بهترین میزان رطوبت و تخلل خاک حاصل شود.

کارتر و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای اثرات چهار روش خاک‌ورزی؛ ۱- شخم رایج با گاواهن برگردان‌دار در پاییز+ خاک‌ورزی ثانویه در بهار ۲- شخم رایج با گاواهن برگردان‌دار در بهار و خاک‌ورزی ثانویه در بهار ۳- شخم رایج با گاواهن چپزل در پاییز+ خاک‌ورزی ثانویه در بهار و ۴- خاک‌ورزی حفاظتی در بهار را بر عملکرد سیب‌زمینی و خواص خاک در یک دوره سه ساله بررسی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی را می‌توان جایگزین خاک‌ورزی مرسوم کرد، زیرا این روش، بر عملکرد سیب‌زمینی و کیفیت خاک اثر منفی نداشت.

با توجه اهمیت زمان و روش عملیات شخم بر عملکرد ارقام سیب‌زمینی، این مطالعه به منظور بررسی اثر روش‌های مختلف شخم بر عملکرد سیب‌زمینی در تناوب رایج منطقه (سیب‌زمینی - گندم - سیب‌زمینی) انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد سه رقم سیب‌زمینی، آزمایشی در قالب طرح آماری بلوک‌های نواری بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی؛

استفاده از ادوات و مراتب ورود به مزرعه برای هر نوع از ادوات خاک‌ورزی دارای اهمیت بالایی است (محمدی و همکاران ۲۰۰۶).

علاوه بر مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی، توجه به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی که موجب حفظ پتانسیل تولید خاک می‌شوند نیز ضروری است. در روش خاک‌ورزی حفاظتی نیاز به انرژی کمتری بوده و بقایای گیاهی در سطح خاک حفظ شده یا با خاک سطحی مخلوط می‌شوند. حفظ بقایا در سطح خاک موجب پوشش سطح و جلوگیری از تبخیر رطوبت می‌شود. عملکرد محصول در روش خاک‌ورزی حفاظتی از روش مرسوم کمتر نمی‌شود (بولیگوا و گلن ۲۰۰۳).

اگر آماده‌سازی خوب بستر بذر در نظر گرفته نشود، حتی در بهترین خاک‌ها تولید محصول کم خواهد بود. یکنواختی جوانه‌زنی و استقامت گیاهچه به تثبیت یکنواخت، خلل و فرج و رطوبت بستر بستگی دارد. اگر شرایط خاصی (شامل فشردگی خاک و عدم تهویه خاک) در فصل رشد در خاک ایجاد شود، موجب کاهش عملکرد می‌شوند. عواملی مانند بقایای محصولات قبلی، خاک‌ورزی کلشی، تسطیح و خاک‌ورزی دقیق<sup>۱</sup> (ایجاد بسترهای کاشت در فصل قبل توسط مالچ‌ساز یا بسترساز و شخم‌زنی در مرکز بستر تا عمق ۴۵ سانتی‌متری توسط گاواهن چپزل) بر میزان تهویه و عدم فشردگی خاک خیلی موثر هستند. گرچه خاک‌ورزی حفاظتی توسط همه کشاورزان اعمال نمی‌شود، اما به‌طور گسترده در تولید سیب‌زمینی استفاده می‌شود (رایت و همکاران ۱۹۹۷).

دانسیته ظاهری شاخصی برای مقاومت خاک در برابر نفوذ ادوات کشاورزی و ریشه گیاهان در آن می‌باشد. چون دانسیته خاک با منافذ موجود در آن رابطه مستقیم دارد. این منافذ فضاهایی هستند که آب و گاز از میان آنها عبور می‌کند و ریشه گیاهان از طریق آنها در خاک نفوذ می‌کند. خاکی که دارای منافذ زیادی باشد

روش‌های مختلف شخم (۱- شخم با گاوآهن برگرداندار، ۲- شخم با گاوآهن بشقابی، ۳- شخم با گاوآهن چپزل در پاییز و ۴- شخم با گاوآهن چپزل در بهار) به صورت افقی و ارقام مختلف سیب‌زمینی (اگریا، دراگوسانته) به صورت عمودی قرار گرفتند. تیمارهای شخم با گاوآهن برگرداندار و بشقابی در فصل بهار به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و تیمارهای چپزل‌زنی به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر اعمال شدند. یک هفته پس شخم، خاک‌ورزی ثانویه با استفاده از دیسک در همه تیمارها بطور یکسان انجام شد. عملیات کاشت در نیمه دوم اردیبهشت به فاصله بوته (۲۰ سانتی‌متر) و فاصله ردیف (۷۵ سانتی‌متر) انجام شد. در همه تیمارها آبیاری به روش شیاری انجام شد. میزان کودهای لازم برای تغذیه گیاه با توجه به آزمون خاک و توصیه‌های کارشناسان بخش تحقیقات خاک و آب تعیین شد و کود فسفر (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) توسط دیسک با خاک مخلوط شد. کود ازت (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) پس از سبز شدن گیاه و به صورت سرک در مراحل رشد گیاه توسط کارگر در سطح مزرعه پخش شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از سم متروبوژین (سوپر گلانت) به میزان ۱ لیتر در هکتار و توسط سمپاش پشتی انجام شد. میزان برگردانی خاک با استفاده از یک کادر چوبی مربعی به ابعاد ۵۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این منظور قبل و بعد از انجام عملیات شخم در تیمارهای مختلف، در ۴ نقطه متفاوت وزن بقایای گیاهی تعیین شد، و با استفاده از رابطه ۱ میزان برگردانی خاک در تیمارهای مختلف محاسبه گردید (یونیدو ۱۹۹۵):

$$F = \frac{W_P - W_E}{W_P} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، F = شاخص برگردانی خاک (درصد)،  $W_P$  و  $W_E$  به ترتیب وزن علف‌های هرز یا بقایای محصول (گرم) در واحد سطح قبل و بعد از شخم می‌باشند.

دانشیته ظاهری به روش استفاده از پارافین اندازه‌گیری و از رابطه ۲ و تخلخل خاک از رابطه ۳ محاسبه شد (بلیک و هارتج ۱۹۸۶):

$$B = \frac{W}{V} \quad (2)$$

که در آن B = دانشیته ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)، W = وزن نمونه (گرم) و V = حجم نمونه (سانتی‌متر مکعب) می‌باشند.

$$P = \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times 100 \quad (3)$$

که در آن P = تخلخل (درصد)، A = جرم مخصوص حقیقی (گرم بر سانتیمتر مکعب) می‌باشند.

اندازه‌گیری‌های لازم شامل؛ درصد غده‌های ریز (کمتر از ۵۰ گرم)، متوسط (۵۰-۱۵۰ گرم) و درشت (بیش از ۱۵۰ گرم) ثبت شد. هر کرت فرعی شامل ۵ خط به طول ۵ متر بود که در موقع برداشت پس از حذف دو ردیف کناری و حذف نیم متر از طرفین خطوط باقیمانده برداشت و عملکرد محاسبه شد. داده‌ها (عملکرد محصول، میزان بقایای گیاه به جامانده، درصد غده‌های درشت، درصد غده‌های متوسط، درصد غده‌های ریز) با استفاده از نرم افزار کامپیوتری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

### نتایج سال ۱۳۸۶

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر عملکرد محصول، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های درشت، درصد غده‌های متوسط و درصد غده‌های ریز اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۶

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد غده	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز	درصد برگردانی خاک
تکرار	۳	۵۹/۸۶	۹/۵۸	۴۳/۵۷	۳/۱۱	۵۸/۳۱	۱۶۳/۷۹
تیمار خاک‌ورزی	۳	۴۲/۹۲	۶/۶۹	۷۸/۵۵	۷/۰۶	۱۴۹/۸۹	۲۰۱۷/۶۳**
خطا	۹	۳۴/۷۳	۴/۵۶	۷۳/۶۵	۹/۹۳	۱۲۳/۸۴	۸۸/۱۷
رقم	۲	۳۱/۱۵	۲/۲۷	۹۳/۰۱*	۲۳۰/۲۹*	۱۰۰۸/۰۸*	۷۸/۰۸۵
خطا	۶	۲۵/۴۳	۵/۱	۲۰/۵۴	۲۲/۲۹	۱۱۷/۸۶	۲۰۹/۴۴
اثر متقابل	۶	۱۵/۸۹	۴/۲	۹/۷۰	۲۲/۳۹	۴۴/۴۵	۱۰۰/۸۶
خطا	۱۸	۲۰/۷۷	۳/۹۷	۲۹/۷۰	۳۱/۱۲	۵۲/۰۹	۱۰۵/۴۸
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۵۴	۲۲/۰۵	۱۷/۴۵	۱۵/۶۸	۱۹/۶۶	۲۱/۳۵

\*\* : بیانگر بترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سال ۱۳۸۶

تیمار شخم	عملکرد غده (تن در هکتار)	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز	درصد برگردانی خاک
برگرداندار	۲۴/۰۵ a	۸/۰۰ a	۳۰/۴۳ a	۳۶/۵۴ a	۳۷/۳۸ a	۶۵/۰۰ a
بشقابی	۲۵/۸۰ a	۹/۰۸۳ a	۳۴/۶۶ a	۳۴/۶۶ a	۳۲/۶۱ a	۵۱/۵۰ b
چیزل در پاییز	۲۵/۵۰ a	۹/۳۳ a	۲۸/۵۴ a	۳۵۴/۵۸ a	۴۱/۱۱ a	۳۸/۸۳ c
چیزل در بهار	۲۸/۵۷ a	۹/۷۵ a	۳۱/۲۶ a	۳۵/۵۰ a	۳۵/۶ a	۳۷/۰۸ c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

### درصد برگردانی خاک

نتایج نشان داد اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر درصد برگردانی خاک وجود داشت. شخم با گاوآهن برگردان‌دار و چیزل به ترتیب با متوسط ۷۱/۵ و ۳۷/۵ درصد برگردانی بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر را دارا بودند (جدول ۲).

### نتایج سال ۱۳۸۸

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد محصول، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های درشت، درصد غده‌های متوسط، درصد غده‌های ریز و درصد برگردانی خاک به شرح جدول ۳ می‌باشند.

### درصد برگردانی خاک

نتایج نشان داد اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر درصد برگردانی خاک وجود داشت (جدول ۴). تیمار شخم با گاوآهن برگردان‌دار با بیشترین مقدار برگردانی (۷۱/۵ درصد) در یک گروه آماری قرار گرفت و تیمارهای شخم با گاوآهن بشقابی، چیزل در پاییز و چیزل در بهار به ترتیب با متوسط ۴۸/۸۳، ۴۲/۱۶ و ۳۷/۵ درصد برگردانی دیگر قرار گرفتند.

**جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۸**

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد غده	تعداد غده	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز	برگردانی خاک
تکرار	۳	۲۱۰/۴۲	۱۰/۸۱	۲۳/۵۶	۱/۲۵	۵۶/۷۹	۴/۵۶
تیمار خاک‌ورزی	۳	۱۳۵/۹۳	۳/۱۴	۸۹/۷۹	۷/۴۱	۱۶۹/۹۹	۲۷۲۴/۸۹**
خطا	۹	۶۰/۲۲	۲/۹	۸۳/۳۸	۷/۱	۱۱۹/۳۷	۹۴/۴۸
رقم	۲	۴۳/۸۷	۴/۱۵	۱۲۹/۳۸*	۱۳۵/۰۱*	۹۰۹/۱*	۲/۱۳
خطا	۶	۲۳۲/۴۱	۲/۴۵	۲۱/۴۱	۱۳/۶۸	۱۰۱/۷۴	۲۴/۰۴
اثر متقابل	۶	۱۴۷/۲۲	۱/۲۰	۱۰/۲۹	۲۰/۳	۵۱/۰۲	۸/۲
خطا	۱۸	۴۷/۵۶	۲/۲۱	۲۷/۰۹	۲۵/۳۶	۵۱/۶۲	۱۴/۶۳
ضریب تغییرات (%)		۲۵/۶	۲۱	۱۵/۴	۱۴/۹	۲۰/۹	۷/۵۵

\*\*؛ \* بیانگر بترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد میباشد.

**جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خواص خاک در سال ۱۳۸۸**

منابع تغییر	درجه آزادی	دانشسته ظاهری	دانسسته تخلخل	کربن آلی
تکرار	۳	۰/۰۱۶	۲۲/۲۸	۰/۰۰۶
تیمار خاک‌ورزی	۳	۰/۰۱۱	۱۵/۳۹	۰/۰۲۹*
خطا	۹	۰/۰۲۹	۴۱/۹۲	۰/۰۰۸
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۳۳	۱۵/۱۲	۲۴/۹۵

\*\*؛ \* بیانگر بترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد میباشد.

**جدول ۵- مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۸**

تیمار شخم	عملکرد غده (تن در هکتار)	غده در بوته	غده‌های درشت (%)	غده‌های متوسط (%)	غده‌های ریز (%)	برگردانی خاک (%)	دانسسته ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	تخلخل (%)	کربن آلی (%)
برگرداندار	۲۴/۱۳ a	۶/۶۷ a	۳۳/۲۶ a	۳۴/۷۹ a	۳۴/۷۱ a	۷۱/۵ a	۱/۵۸a	۴۰/۴a	۰/۲۸ b
بشقابی	۲۴/۲۱ a	۶/۶۷ a	۳۷/۵۷ a	۳۲/۹۱ a	۲۹/۹۵a	۴۸/۸۳ b	۱/۵۳a	۴۲/۳a	۰/۳۲ ab
چیزل در پاییز	۲۸/۲۵a	۷/۱ a	۳۱/۰۴ a	۳۳/۵۸ a	۳۹/۱۱a	۴۲/۱۶ b	۱/۴۹a	۴۳/۸a	۰/۴۳ a
چیزل در بهار	۳۱/۰۶a	۷/۷۵a	۳۳/۲۷a	۳۴/۰۱a	۳۳/۸a	۳۷/۵ b	۱/۴۶a	۴۴/۹a	۰/۴۵ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

### خواص خاک

بافت خاک منطقه مورد مطالعه از نوع شنی-لومی با پی اچ ۷/۶ بود. برخی ویژگی‌های خاک مورد مطالعه (دانسیتته ظاهری، تخلخل و کربن آلی) در سال اول و آخر آزمایش اندازه‌گیری شد. میانگین مقادیر دانسیته ظاهری و کربن آلی در تکرارهای مختلف در سال آزمایش به ترتیب ۱/۵۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب و ۰/۳ درصد بود.

### دانسیته ظاهری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به دانسیته ظاهری در سال آخر آزمایش (پس از ۳ سال) نشان داد هرچند بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر دانسیته ظاهری، اختلاف آماری معنی‌دار وجود نداشت، اما تیمار شخم با گاوآهن برگرداندار و چیزل به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار دانسیته ظاهری را در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی دارا بود (جدول ۵).

### تخلخل خاک

بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر تخلخل خاک، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما تیمار شخم با گاوآهن برگرداندار و چیزل به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تخلخل را در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی دارا بود (جدول ۴).

### کربن آلی

از نظر کربن آلی بین تیمارهای خاک‌ورزی، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، شخم با گاوآهن چیزل با متوسط ۰/۴۴ درصد دارای بیشترین مقدار و درگروه آماری برتر قرار داشت و

شخم با گاوآهن برگرداندار و بشقابی در گروه بعدی قرار داشتند (جدول ۴).

**نتایج مربوط به تجزیه مرکب داده‌های مربوط به سیب‌زمینی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸**

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به عملکرد محصول، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های درشت، درصد غده‌های متوسط، درصد غده‌های ریز و درصد برگردانی خاک به شرح جدول ۶ می‌باشند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به عملکرد محصول، تعداد غده در بوته، درصد غده‌های متوسط نشان داد که بین ارقام اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. رقم آگریا با متوسط عملکرد ۲۷/۱۶ تن در هکتار بالاترین عملکرد را در بین ارقام دارا بود (جدول ۷). از نظر درصد غده‌های درشت بین ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی‌دار مشاهده شد، به طوری که رقم سانته با ۳۴/۳۷ درصد غده بزرگ در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۷). همچنین از نظر درصد غده‌های ریز بین ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی‌دار وجود داشت، به طوری که رقم سانته کمترین مقدار غده ریز را داشت.

بین تیمارهای خاک‌ورزی، از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود داشت. تیمار شخم چیزل در بهار با متوسط ۲۹/۸۱ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد را در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی دارا بود (جدول ۸). این تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد غده در بوته، درصد غده‌های درشت، متوسط و ریز نداشتند (جدول ۸).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد غده	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز	برگردانی خاک
سال	۱	۲۷/۴۱	۹۶/۰۰	۷/۵۹	۱/۴۸	۲/۶۷	۸۶/۲۶
خطا	۶	۱۴۳/۰۰	۱۰/۱۹	۳۳/۵۶	۲/۱۸	۵۷/۵۵	۸۴/۱۸
رقم	۲	۱۰/۳۹	۳/۲۹	۲۱۹/۵۴**	۳۵۸/۹۶**	۱۹۱۴/۵۲**	۴۴/۸۹
اثر متقابل رقم × سال	۲	۷۰/۴۱	۳/۱۳	۲/۸۴	۶/۳۴	۲/۶۷	۳۵/۵۱
خطا	۱۲	۱۳۷/۷۶	۳/۷۸	۲۰/۹۸	۱۷/۹۹	۱۰۹/۸۰	۱۱۶/۷۴
تیمار خاک‌ورزی	۳	۱۴۶/۵۶*	۸/۴۷	۱۶۷/۳۰	۱۴/۲۱	۳۱۸/۹۹	۴۶۴۹/۹۸**
اثر متقابل خاک‌ورزی × سال	۳	۲۱/۰۰	۱/۳۶	۱/۰۴	۰/۲۶	۰/۸۹	۹۲/۵۴
خطا	۱۸	۴۹/۷۳	۳/۷۳	۷۸/۵۲	۸/۵۲	۱۲۱/۶۱	۹۱/۳۳
اثر متقابل رقم × خاک‌ورزی	۶	۶۷/۳۹	۳/۵۱	۱۹/۵۴	۴۱/۷۱	۹۴/۵۸	۴۶/۹۸
اثر متقابل سال × رقم × خاک‌ورزی	۶	۹۳/۲۳	۱/۹۰	۰/۴۶	۰/۹۷	۰/۸۹	۶۲/۰۸
خطا	۳۶	۳۵/۲۴	۳/۰۹	۲۸/۳۹	۲۸/۲۴	۵۱/۸۶	۶۰/۰۵
ضریب تغییرات (%)		۲۲/۴	۲۱/۸۷	۱۶/۹۱	۱۴/۹۹	۱۹/۷	۱۵/۸۰

\*\*؛ \* بیانگر بترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد میباشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸

تیمار رقم	عملکرد غده (تن در هکتار)	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز
سانته	۲۶/۰۸ a	۸/۱۳ a	۳۴/۳۷ a	۳۹/۲۰ a	۲۷/۸۷ b
اگریا	۲۷/۱۶ a	۸/۳۱ a	۲۹/۲۳ b	۳۲/۷۷ a	۴۲/۷۳ a
دراگا	۲۶/۳۰ a	۷/۶۹ a	۳۰/۹۰ ab	۳۴/۳۵ a	۳۹/۰۳ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی صفات مورد بررسی در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸

تیمار شخم	عملکرد غده (تن در هکتار)	تعداد غده در بوته	درصد غده‌های درشت	درصد غده‌های متوسط	درصد غده‌های ریز	برگردانی خاک
برگرداندن	۲۴/۱۳ b	۷/۳۳ a	۳۰/۸۴ a	۳۶/۴۱ a	۳۷/۰۵ a	۷۱/۵ a
بشقابی	۲۵/۲۳ b	۷/۸۸ a	۳۵/۱۲ a	۳۴/۵۴ a	۳۲/۲۸ a	۴۸/۸۳ b
چیزل در پاییز	۲۶/۸۷ ab	۸/۲۱ a	۲۸/۷۹ a	۳۵/۳۳ a	۴۱/۱۱ a	۴۲/۱۶ b
چیزل در بهار	۲۹/۸۱ a	۸/۷۵ a	۳۱/۲۷ a	۳۵/۵۱ a	۳۵/۷۶ a	۳۷/۵ b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



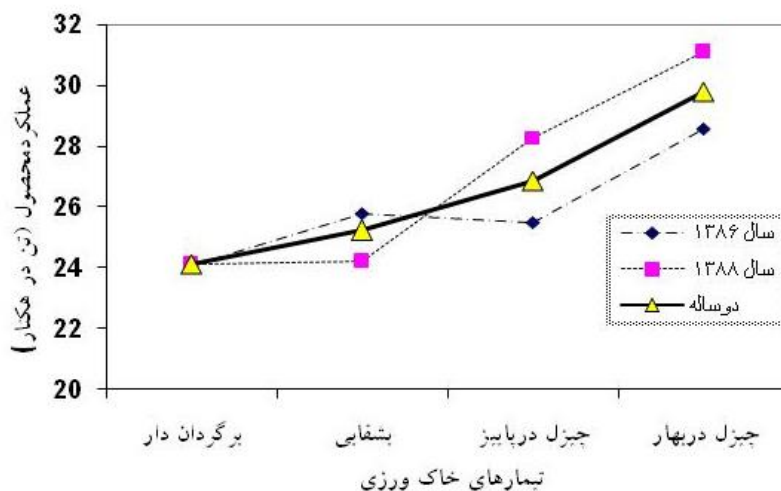
## درصد برگردانی خاک

نتایج نشان داد اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر درصد برگردانی خاک وجود داشت. بیشترین و کمترین مقدار برگردانی خاک به ترتیب مربوط به گاواهن برگرداندار و چیزل بود (جدول ۸). همچنین جدول ۸ نشان می‌دهد که فقط برگرداندار دارای برگردانی بیشتر و معنی‌داری بوده است ولی سه روش بشقابی، چیزل در پاییز و بهار با هم اختلافی نداشته‌اند و اختلاف دو چیزل با هم، از اختلاف آنها با بشقابی کمتر است.

## بحث و نتیجه‌گیری

اثرات مفید شخم‌های حفاظتی بر تولید محصول در دراز مدت مشخص می‌شود. بطوریکه در سال اول آزمایش (۱۳۸۶) بین تیمارها از نظر عملکرد غده سیب‌زمینی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۱)، ولی تیمارهای شخم

چیزل اثرات مفیدی داشتند که در سال سوم آزمایش این اثرات در تغییرات عملکرد غده مشاهده شد. ساعتی (۱۳۸۷) نیز گزارش کرد که اثر روش‌های خاک‌ورزی در سال اول آزمایش بر عملکرد غده سیب‌زمینی معنی‌دار نبود و با اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی شرایط بهینه برای رشد و نمو محصول فراهم گردید. همچنین نتوبایر (۱۹۹۵) و الو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند عملکرد غده در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بجز روش کاشت مستقیم) بیشترین مقدار را داشت. شکل ۱ نشان می‌دهد با تغییر سیستم خاک‌ورزی از شخم معمول به روش حفاظتی (چیزل) میانگین عملکرد سیب‌زمینی (دوساله) افزایش می‌یابد. با دقت در شکل ۱ و تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۶) ملاحظه می‌شود که اختلاف عملکرد غده بین تیمارهای شخم در سطح احتمال ۵ معنی‌دار بود و تیمارهای شخم چیزل در بهار و پاییز عملکرد بیشتری نسبت به روش رایج داشتند.



شکل ۱- عملکرد محصول غده سیب‌زمینی در تیمارهای مختلف شخم به تفکیک سال‌های آزمایش

استفاده از گاواهن بشقابی عملکرد کاهش یافت (شکل ۱، جدول ۱ و ۲)، ولی در تیمارهای شخم با گاواهن چیزل در بهار و پاییز در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ عملکرد غده افزایش یافت. بطوری که استفاده از گاواهن چیزل حدود ۳ تن در

با بررسی مستقل روش‌های خاک‌ورزی در طی دوره آزمایش مشخص گردید، اگرچه تیمار شخم با گاواهن برگرداندار در طی دو سال آزمایش تاثیری بر عملکرد نداشت (شکل ۱، جدول ۱ و ۲) و حتی در تیمار

در بهار می‌تواند باشد. بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر اندازه غده (غده‌های درشت، متوسط و ریز) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. این نتیجه‌گیری (عدم تاثیر عملیات خاک‌ورزی بر اندازه غده) با نتایج حاصل از آزمایش انجام شده توسط الو و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت. بین ارقام سیب‌زمینی از نظر عملکرد، تعداد غده در بوته و درصد غده‌های متوسط اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. اما با توجه به اینکه در رقم سانته، درصد غده‌های متوسط و درشت بیشترین مقدار و درصد غده‌های ریز کمترین مقدار داشت،

چون غده‌های سیب‌زمینی در زیر خاک تشکیل می‌شوند، بنابراین برای تشکیل غده‌های یکنواخت و رشد و توسعه آنها باید بستر خاک تا عمق کافی سست و نرم باشد، تا سیستم ریشه به راحتی در خاک نفوذ کند. از طرفی بستر بذر سیب‌زمینی باید به اندازه کافی محکم باشد تا ریشه با ذرات خاک تماس پیدا کرده و آب و مواد غذایی را جذب کند. هرچند گاوآهن برگرداندار موجب ایجاد بستر مناسب برای نفوذ ریشه محصول می‌شود اما به دلیل برگردانی و دفن بقایا به عمق خاک، احتمال فرسایش آبی و بادی خاک را افزایش می‌دهد. بنابراین استفاده از سیستم خاک‌ورزی مرسوم (با گاوآهن برگرداندار) به دلیل خاک‌ورزی شدید و فرسایش آبی و بادی خاک در تولید محصول توصیه نمی‌شود. گاوآهن چیزل علاوه بر اینکه شرایط را برای نفوذ بهتر ریشه در خاک فراهم می‌کند، با حفظ بقایا در سطح خاک از تبخیر سطحی رطوبت جلوگیری می‌کند. با توجه حفظ بقایای بیشتر در سطح خاک به وسیله گاوآهن چیزل (اصلاح بافت و مواد آلی خاک)، زبر و ساییده بودن خاک‌های منطقه (فرسودگی بیشتر گاوآهن‌های برگرداندار)، و فقر مواد آلی در این خاک‌ها، استفاده از گاوآهن چیزل برای تولید سیب‌زمینی توصیه می‌شود. در مقایسه با روش مرسوم کاربرد گاوآهن چیزل علاوه بر کاهش دانسیته و بهبود مواد آلی خاک، موجب افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود.

هکتار سبب افزایش عملکرد گردید. این افزایش می‌تواند به دلیل اثرات مثبت کم‌خاک‌ورزی و حفظ بقایای بیشتر در سطح خاک و کاهش دانسیته ظاهری و افزایش تخلخل شده و بدین ترتیب رشد محصول بهتر و در نتیجه عملکرد روند افزایشی داشته است. پیرس و بورپی (۱۹۹۵) در آزمایش خود نشان دادند که گاوآهن چیزل موجب کاهش دانسیته ظاهری خاک شد و عملکرد محصول را افزایش داد. دیکی و همکاران (۱۹۹۴)، نیز گزارش کردند که اثرات مثبت خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایا در سال‌های اول آزمایش ظاهر نشد و با تکرار آزمایش اثر روش‌های حفاظتی بر عملکرد و خواص خاک معنی‌دار شد.

هر چند بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی از نظر دانسیته ظاهری و تخلخل خاک اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما استفاده از گاوآهن برگرداندار موجب افزایش دانسیته ظاهری خاک و کاهش تخلخل در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک شده است. نتایج مشابهی توسط بدلیکوا و روبی (۲۰۰۶) گزارش شده است. تیمار استفاده از گاوآهن برگرداندار در مقایسه با گاوآهن چیزل، دارای منافذ کمتر جهت نفوذ و رشد ریشه بوده است.

بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر میزان کربن آلی اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود داشت. به طوری بیشترین و کمترین مقدار کربن آلی به ترتیب مربوط به تیمار استفاده از گاوآهن چیزل و برگرداندار بود. مواد آلی بیشتر در تیمار استفاده از گاوآهن چیزل در تطابق با حفظ بقایای بیشتر در سطح خاک می‌باشد. کاهش ماده آلی خاک در تیمار استفاده از گاوآهن برگرداندار مربوط به برگردانی بقایای گیاهی به اعماق بیشتر خاک می‌باشد (جدول ۵ و ۳). بطور کلی شرایط فیزیکی خاک در تیمارهای شخم حفاظتی بهتر گردید که آن سبب بهبود تشکیل غده گردید بطوریکه تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل در بهار بالاترین میزان غده در بوته (۸/۷۵ عدد) را در تیمارهای مختلف آزمایش دارا بود (جدول ۵). این دلیل بارز عملکرد بیشتر در تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل

## منابع مورد استفاده

- Saati M, 2007. Evaluation of various tillage methods on potato yield. Education and Extension of Agriculture.
- Mahmoodi A and Mohammadi-Nashali Y. 2007. Study the effects primary tillage equipments on physical properties of soil. 3th Student Conference on Agricultural Machinery Engineering and mechanization. 18-19 April. Shiraz, Iran. pp: 66.
- Alva AK, Collins HP and Boydston RA, 2010. Potato response to tillage and nitrogen management. United States Department of Agriculture -Agricultural Research Service, Vegetable and Forage Crops Research Unit.
- Badalikova B and Hruby J, 2006. Influence of minimum soil tillage on development of soil structure. Advances in Geocology. No. 39 Pp. 430-435.
- Blake GR and Hartge KH, 1986. Bulk density, Klute, ed., Methods of soil analysis, Part I. Physical and Mineralogical methods. Agronomy monograph no.9 (2<sup>nd</sup> ed.), P. 363-375.
- Boligłowa E and Glen k, 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. Electronic journal of Polish Agricultural Universities. 6 (1). Available Online: <http://www.ejpau.media.pl>.
- Carter MR, Holmstrom D, Sanderson JB, Ivany J and Dehaan R. 2005. Comparison of conservation with conventional tillage for potato production Atlantic Canada. Canadian Journal of Soil Science, 36: 453-461
- Dicky EC, Jasa PJ and Griss RD, 1994. Long-term no-tillage effects on grain yield and soil properties in soybean-grain sorghum rotation. Journal of production Agriculture, 7(4): 465- 470.
- Geisel B and Delanoy L, 2006. Commercial potato production field preparation. Alberta research council crop & plant management. Published by the western potato council.
- Neubauerw, 1995. Reduced soil tillage tested. Four-year trials on sandy soil. Kartoffelbau. 46(9): 384-387.
- Pierce EJ and Burpee CG, 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes. Soil and tillage research, 35(3): 135-146.
- United Nation Industrial Development Organization, 1995. RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. Bangkok.
- Wright DN, Bishopand JC and Harvey OA, 1997. Potato pre-plant tillage practices. Vegetable research and information center. University of California.