ارزیابی عملکرد برداشت‌کننده بادام‌زمینی نوع حفرکننده/لرزاننده/برعکس‌کننده

افشین آزموده میشامندانی[1*]، شمس‌اله عبداله پور[2]، حسین نوید[2] و محمد مقدم واحد[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز،
afshin_azmoodeh91@ms.tabrizu.ac.ir
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز

چکیده

هدف‌های این مطالعه، تعیین اثر رطوبت خاک، سرعت پیشروی و شیب نوارنقاله بر تلفات مختلف برداشت بادام‌زمینی با برداشت-کننده نوع حفرکننده/لرزاننده/برعکس‌کننده بود. برای این منظور، آزمون مزرعه‌ای در دو سطح رطوبتی، سه سطح سرعت پیشروی (شاخص سینماتیک) و سه سطح شیب نوارنقاله با سه تکرار انجام گردید. درصد غلاف‌های نمایان‌شده و نمایان‌نشده، درصد غلاف-های حفرنشده، درصد تلفات کل، درصد غلاف‌های آسیب‌دیده، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها و بازدهی حفاری مطابق استاندارد به دست آمد. نتایج نشان دادند اثر رطوبت خاک به جزء درصد غلاف‌های حفرنشده و درصد غلاف‌های آسیب‌دیده، در بقیه متغیرها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. اثر سرعت پیشروی (شاخص سینماتیک)، فقط بر درصد غلاف‌های نمایان‌شده و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود و شیب نوارنقاله بر هیچ‌یک از متغیرها اثر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل سرعت پیشروی و رطوبت خاک و هم-چنین اثر متقابل سرعت پیشروی و شیب نوارنقاله در درصد غلاف‌های نمایان‌شده کاملا معنی‌دار بودند. بعد از انجام تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته آماری، سطوح بهینه آماری به دست آمد. با توجه به نتایج، رطوبت خاک ۱۹/۹ درصد و سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵)، برای کاهش تلفات برداشت با ماشین پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، بادام‌زمینی، برداشت‌کننده، رطوبت خاک و سرعت پیشروی

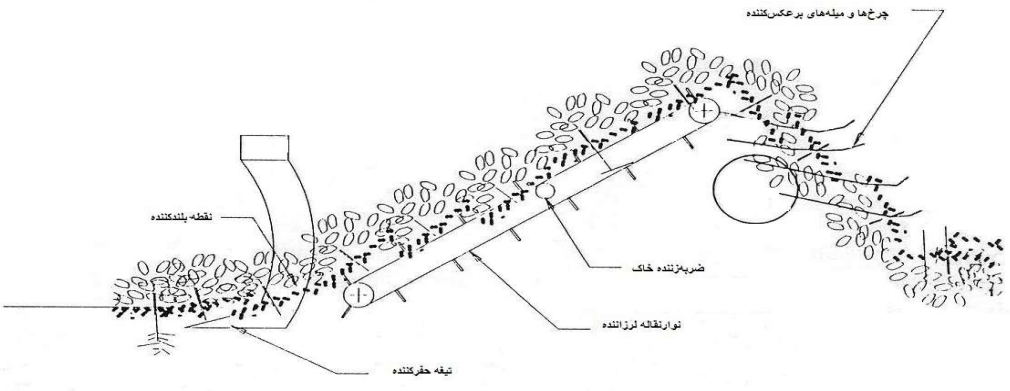
مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی بوته‌ای، یک ساله و از خانواده لگومینوزها است و امروزه بیشتر به دلیل روغن، پروتئین و کربوهیدرات موجود در آن کشت می‌شود (Panhwar, 2005). بادام‌زمینی بعد از سویا و پنبه عمده‌ترین دانه روغنی جهان است (Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2013). دانه بادام‌زمینی حاوی ۴۳ تا ۵۵ درصد روغن خوراکی و ۲۵ تا ۲۸ درصد پروتئین می‌باشد. بادام‌زمینی در ۸۲ کشور جهان و در مساحتی در حدود ۱۹/۳میلیون هکتار کشت می‌شود (Reddy *et al*., 2003). سطح زیر کشت بادام‌زمینی در ایران در حدود ۳،۰۰۰ هکتار و میزان تولید آن، ۶،۰۰۰ تن دانه است. از این ۳،۰۰۰ هکتار، حدود ۲،۵۰۰ هکتار در استان گیلان و بقیه در استان‌های گلستان و خراسان شمالی واقع شده است (Hosseinzadeh Gashti *et al*., 2009). بادام‌زمینی منبع عالی روغن آشپزی است و کنجاله، برگ و ساقه‌های آن، معمولا به عنوان غذای حیوانات استفاده می‌شوند

(Okello *et al*., 2010). حدود دوسوم تولید جهانی بادام‌زمینی برای استخراج روغن به‌کار می‌رود که بیانگر اهمیت این گیاه به عنوان یک گیاه روغنی است (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

برداشت دستی بادام‌زمینی کار بسیار پرزحمتی بوده و به دلیل نیاز به کارگر زیاد، پرهزینه نیز می‌باشد. در پژوهش حاضر برداشت بادام‌زمینی با بیل در آستانه اشرفیه به ۶۹/۸ نفر–ساعت نیروی کارگری (کارگر مرد) در هکتار نیاز داشت که با احتساب روزی ۸ ساعت و دستمزد هر کارگر ۶۰،۰۰۰ تومان در روز، هزینه برداشت در حدود ۵۲۳،۵۰۰ تومان می‌شود. امروزه با ورود ماشین آلات به این بخش، از هزینه‌ها و سختی‌های آن کم شده است. ماشین‌آلات مرسوم در دو نوع برداشت دومرحله‌ای و برداشت یک-مرحله‌ای موجود هستند. در برداشت دومرحله‌ای، ابتدا به کمک یک ماشین سه عمل حفرکردن بادام‌زمینی، تکان‌دادن و برعکس قراردادن آن روی زمین انجام می‌شود و بوته‌ها ظرف چند روز در مجاورت آفتاب خشک می‌شوند و سپس به کمک یک دستگاه کمباین بادام‌زمینی، بوته‌ها از زمین برداشته شده و عمل خرمن‌کوبی و چیدن غلاف‌ها از روی بوته‌ها انجام می‌شود. در برداشت یک‌مرحله‌ای، تمامی مراحل ذکر شده در برداشت دومرحله‌ای در یک مرحله و در یک کمباین کامل بادام‌زمینی انجام می‌شود.

در راستای مکانیزه کردن عملیات برداشت در استان گیلان، یک ماشین برداشت‌کننده بادام‌زمینی (حفر-کننده/لرزاننده/برعکس‌کننده[1]) وارد استان گردید. این برداشت‌کننده کار مرحله اول، برداشت دو مرحله‌ای را انجام می‌دهد و بادام-های دو ردیف را به‌طور هم‌زمان از زمین بیرون آورده و به صورت تمیز روی زمین قرار می‌دهد. هنگامی که تراکتور به سمت جلو حرکت می‌کند، دو تیغه وی‌شکل موجود در جلوی برداشت‌کننده، ریشه اصلی بوته‌های بادام‌زمینی را قطع و خاک بستر بوته را شل می‌کند. سپس انگشتی‌های موجود بر روی نوارنقاله در حال گردش، بوته‌های بادام‌زمینی را گرفته و از خاک شل بیرون می‌کشند. با حرکت بوته بادام‌زمینی به سمت بالای نوارنقاله، خاک چسبیده به ریشه و غلاف بادام‌زمینی از آن‌ها جدا شده و روی زمین ریخته می‌شود. در گام آخر هم چرخ‌ها و میله‌های انتهایی برداشت‌کننده، بوته‌های بادام‌زمینی را به صورت برعکس، روی زمین قرار می-دهند تا غلاف‌ها در معرض آفتاب سریع‌تر خشک گردند (شکل ۱).



شکل ۱. طرحواره ماشین حفرکننده/لرزاننده/برعکس‌کننده.

[1] Digger/shaker/inverter

این ماشین تاکنون توسط چند کشاورز مورد استفاده قرار گرفته ولی چندان مورد استقبال واقع نشده است. دلیل عدم استقبال کشاورزان از این ماشین، بالابودن میزان تلفات آن نسبت به برداشت دستی ذکر گردید. هدف اصلی پژوهش حاضر، اندازه گیری تلفات مختلف برداشت بادام‌زمینی با ماشین و تعیین بهترین تنظیم برای کاهش تلفات در استفاده‌های مجدد است.

از فاکتورهای تاثیرگذار بر تلفات ماشین برداشت بادام‌زمینی، رطوبت خاک و زمان برداشت است. در پژوهشی یک دستگاه حفرکننده/لرزاننده[۲] بادام‌زمینی با یک دستگاه حفرکننده[۳] بادام‌زمینی در سه رطوبت خاک مقایسه و ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که ماشین حفرکننده/لرزاننده عملکرد بهتری نسبت به ماشین حفرکننده خالی دارد و اگر برداشت بادام‌زمینی در زمان درست آن انجام نگیرد، برداشت با حفرکننده/لرزاننده بازدهی حفاری خیلی کمی تولید می‌کند. هم‌چنین رطوبت خاک یک عامل تاثیرگذار بر بازدهی حفاری است و خاک‌هایی با رطوبت بین ۱۲ تا ۱۵ درصد برای کار با این وسائل مناسب‌تر هستند (Ademiluyi *et al*., 2011).

از دیگر فاکتورهای تاثیرگذار بر تلفات این ماشین‌ها، سرعت پیشروی، شیب نوارنقاله و استفاده یا عدم استفاده از حرکت ارتعاشی است. در همین راستا، یک ماشین حفرکننده چند منظوره برای برداشت محصولات ریشه‌ای توسعه داده شد و برای برداشت بادام‌زمینی و سیب‌زمینی ارزیابی گردید. فاکتورهای مورد ارزیابی، سه سرعت پیشروی ۱/۴، ۱/۸ و ۲/۳ کیلومتر بر ساعت برای بادام‌زمینی و سه سرعت پیشروی ۱/۶، ۲ و ۲/۶ کیلومتر بر ساعت برای سیب‌زمینی، استفاده و عدم استفاده از حرکت ارتعاشی و هم‌چنین سه زاویه شیب ۱۲، ۱۸ و ۲۴ درجه برای سیب زمینی و بادام‌زمینی بودند. نتایج به دست آمده نشان داد، ماشین حفر-کننده بادام‌زمینی در عمق برداشت ۱۵ سانتی‌متر، سرعت پیشروی ۲/۳ کیلومتر بر ساعت و زاویه شیب ۱۲ درجه توام با لرزش موثرتر کار می‌کند (Ibrahim *et al*., 2008).

در مطالعه‌ای دیگر یک کمباین بادام‌زمینی طراحی، توسعه و ارزیابی شد. این ماشین، عملیات برداشت و خرمن‌کوبی را با استفاده از قدرت تراکتور انجام می‌داد و در سرعت پیشروی ۱/۵ کیلومتر بر ساعت و با عرض کاری یک متر، بالاترین بازدهی برداشت به میزان ۹۲/۳ درصد به دست آمد. هم‌چنین در این سرعت، بازده خرمن‌کوبی ۸۲/۳ درصد، بازده تمیزکنندگی ۷۲/۳ درصد و کمترین میزان غلاف‌های شکسته‌شده به میزان ۴/۴۳ درصد گزارش گردید. ظرفیت مزعه‌ای واقعی و تئوری به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۹۸ هکتار بر ساعت به دست آمدند که با لحاظ نمودن آن، بازده مزرعه‌ای ۷۵/۷۵ درصد شد. هم‌چنین نتایج به دست آمده نشان داد که انجام عملیات با کمباین بادام‌زمینی باعث صرفه‌جویی به ترتیب ۳۹ و ۹۶ درصدی در هزینه و زمان برداشت می‌شود (Padmanathan *et al*., 2006).

در پژوهشی دیگر، یک حفرکننده ارتعاشی بادام‌زمینی طراحی و سپس آزمون شد. فاکتورهای مورد ارزیابی دو نوع خاک، استفاده و عدم استفاده از حالت ارتعاشی، دو سرعت پیشروی ۲/۴ و ۴/۸ کیلومتر بر ساعت، دو فرکانس ارتعاش ۹ و ۱۶/۷ هرتز و هم‌چنین دو دامنه ارتعاش ۳/۲ و ۹/۶ میلی‌متر بودند. نتایج نشان داد که به جز فرکانس ارتعاش، بقیه فاکتورها اثر معنی‌داری روی

[۲] Digger/shaker
[۳] Digger

نیروی کششی[۴] دارند. خاک رسی به نیروی کششی بیشتری نسبت به خاک لومی نیاز داشت. استفاده از حالت لرزشی نسبت به عدم استفاده از آن، باعث کاهش نیروی کششی مورد نیاز شد. وقتی که دامنه فرکانس و سرعت پیشروی به ترتیب از ۳/۲ به ۹/۶ میلی متر و از ۲/۴ به ۴/۸ کیلومتر بر ساعت افزایش یافتند، نیروی کششی مورد نیاز کاهش یافت. هم‌چنین استفاده از ارتعاش در حفر-کننده بادامزمینی نسبت به عدم استفاده از آن، به کاهش درصد تلفات داخل زمین بادامزمینی کمکی نکرد (Dawelbeit and Wright, 1999).

خواص محصول و شرایط کاری از عوامل طراحی بوده و بر عملکرد ماشین موثرند. از جمله خواص، رطوبت خاک است که بر عملکرد ماشین برداشت بادامزمینی تاثیر به‌سزایی دارد. سرعت پیشروی و شیب نوارنقاله جزء شرایط کاری بوده، که قابل تنظیم نیز هستند و اثر قابل‌توجهی بر افت و عملکرد ماشین دارند. در هیچ‌یک از مطالعات مذکور به ارزیابی همزمان سه فاکتور رطوبت خاک (زمان برداشت)، سرعت پیشروی (شاخص سینماتیک) و شیب نوارنقاله پرداخته نشد. در این تحقیق اثر این سه فاکتور بر کارکرد ماشین برداشت‌کننده بادامزمینی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمینی به مساحت ۰/۳ هکتار در شهرستان آستانه اشرفیه استان گیلان و در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام گرفت. زمین در تاریخ ۲ اردیبهشت زیر کشت رقم NC2[۵] رفته بود. فاصله بوته‌ها در بین ردیف‌ها و روی ردیف‌ها به ترتیب ۷۵ و ۱۵ سانتی‌متر بودند. خاک محل انجام آزمایش از نوع سیلتی لوم (شن ۲۴ درصد و سیلت و رس به ترتیب ۵۹ و ۱۷ درصد) بود. متوسط شاخص مخروطی[۶] در ناحیه غلاف (عمق ۷ تا ۱۰ سانتی‌متری خاک) ۰/۹۸۵ مگاپاسکال[۷] و به کمک استاندارد ASAE EP542 و ASAE S313.3 تعیین شد. حفرکننده/لرزاننده/برعکس‌کننده مورد استفاده از نوع سوار و دوردیفه بود که توسط تراکتور مسی-فرگوسن ۲۸۵ کشیده شد.

فاکتورهای مورد مطالعه برای ارزیابی ماشین برداشت بادامزمینی شامل دو سطح رطوبت خاک، سه سرعت پیشروی ۱/۴، ۱/۸ و ۲/۲ کیلومتر بر ساعت و سه شیب نوارنقاله ۳۵، ۳۸ و ۴۱ درجه بودند. برای هر سطح رطوبتی یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با فاکتورهای سرعت پیشروی و شیب نوار نقاله پیاده شد. سپس به هنگام تجزیه‌ی داده‌ها، سطوح رطوبتی ادغام و تجزیه‌مرکب روی آن‌ها انجام گرفت. سرعت نوار نقاله در هر سه سرعت پیشروی محاسبه و توسط آن شاخص سینماتیک (نسبت سرعت محیطی به سرعت پیشروی) به دست آمد. هر سطح رطوبتی در یک روز و به فاصله دو روز

[۴] Draft
[۵] North Carolina 2
[۶] Cone index
[۷] MPa

از هم برداشت شدند. برداشت در رطوبت اول در ۲۰ شهریور (۱۴۲ روز پس از کشت) و برداشت در رطوبت دوم در ۲۲ شهریور (۱۴۴ روز پس از کشت) انجام گرفت.

از یک کادر فلزی ۱ مترمربعی به عنوان ناحیه مشخص‌کننده برای نمونه‌برداری از غلاف‌های برداشت شده یا سالم، غلاف-های آسیب‌دیده، غلاف‌های نمایان‌شده یا پخش شده روی زمین، غلاف‌های نمایان‌نشده یا جدا شده در داخل زمین و غلاف‌های حفرنشده یا جدا نشده از گیاه حفرنشده در داخل زمین استفاده شد. یک نمونه از هر کرت گرفته شد و با بهره‌گیری از آن درصد غلاف‌های نمایان‌شده و نمایان‌نشده، درصد غلاف‌های حفرنشده، درصد تلفات کل، درصد غلاف‌های آسیب‌دیده، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها و بازدهی حفاری به دست آمد. این متغیرها مطابق با کدهای آزمون استاندارد هند برای برداشت بادام‌زمینی (IS: 1985 – 11235) بودند. برای محاسبه‌ی این متغیرها از روابط ۱ تا ۸ استفاده شد.

$$A = B + C \quad (۱)$$

$$D = \frac{C}{A} \times 100 \quad (۲)$$

$$E = \frac{H}{A} \times 100 \quad (۳)$$

$$F = \frac{I}{A} \times 100 \quad (۴)$$

$$G = \frac{J}{A} \times 100 \quad (۵)$$

$$K = E + F + G \quad (۶)$$

$$L = K + D \quad (۷)$$

$$DE = 100 - L \quad (۸)$$

که در آنها:

A= مقدار کل غلاف‌های جمع‌آوری شده در محیط نمونه برداری، (کیلوگرم)

B= مقدار غلاف‌های تمیز جمع آوری شده از گیاه حفر شده در محیط نمونه برداری، غلاف‌های نمایان‌شده که در روی سطح قرار گرفته‌اند و غلاف‌های جامانده در داخل خاک، (کیلوگرم)

C= مقدار غلاف‌های آسیب‌دیده‌ی جمع‌آوری شده از گیاهان در محیط نمونه برداری، (کیلوگرم)

D= درصد غلاف‌های آسیب‌دیده، (درصد)

E= درصد غلاف‌های نمایان‌شده، (درصد)

F= درصد غلاف‌های نمایان‌نشده، (درصد)

G= درصد غلاف‌های حفرنشده، (درصد)

H= مقدار غلاف‌های جدا که به صورت نمایان روی سطح قرار گرفته‌اند، (کیلوگرم)

I= مقدار غلاف‌های جدا که در داخل خاک در محیط نمونه برداری باقی مانده‌اند، (کیلوگرم)

J= مقدار غلاف‌هایی که به طور متصل از گیاهان حفرنشده در محیط نمونه برداری باقی مانده‌اند، (کیلوگرم)

K= درصد تلفات کل، (درصد)

L= مجموع درصد تلفات غلاف‌ها، (درصد)

DE= بازدهی حفاری، (درصد)

برای تعیین متوسط رطوبت خاک و غلاف‌های بادام‌زمینی در هنگام برداشت، از هر یک از سطوح رطوبتی سه نمونه خاک و سه نمونه غلاف تهیه گردید. برای تعیین رطوبت خاک از استاندارد ASTM D:2246-71 و برای تعیین رطوبت غلاف بادام‌زمینی از استاندارد ASAE S410.1 استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 15.0 انجام گرفت و برای رسم شکل‌ها از نرم افزار MS-Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

متوسط رطوبت خاک و غلاف‌های بادام‌زمینی در هنگام برداشت اول و دوم، در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر رطوبت خاک بر درصد غلاف‌های نمایان‌شده، درصد غلاف‌های نمایان‌نشده، درصد تلفات کل، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها و بازدهی حفاری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود، ولی بر درصد غلاف‌های حفرنشده و درصد غلاف‌های آسیب‌دیده اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

جدول ۱. متوسط رطوبت خاک و غلاف‌های بادام‌زمینی در هنگام برداشت اول و دوم.

نوع برداشت	متوسط رطوبت خاک در هنگام برداشت	متوسط رطوبت غلاف‌ها در هنگام برداشت
برداشت ماشینی ۱	۱۹/۹	۴۸/۴
برداشت ماشینی ۲	۱۹/۳	۴۶/۶

رطوبت خاک بر پایه خشک و رطوبت غلاف‌ها بر پایه تر می‌باشد.

میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در برداشت ماشینی اول (رطوبت خاک ۱۹/۹٪)، ۶/۶۱۷ درصد بود که در برداشت ماشینی دوم (رطوبت خاک ۱۹/۳٪)، به ۱۱/۰۶ درصد افزایش یافت. هم‌چنین میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌نشده در برداشت ماشینی اول (رطوبت خاک ۱۹/۹٪)، ۱۲/۱۳ درصد بود که در برداشت ماشینی دوم (رطوبت خاک ۱۹/۳٪)، به ۲۵/۲۷ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به منظور حصول بیشترین عملکرد بادام‌زمینی در استان گیلان، برداشت دستی زمانی انجام می‌گیرد که بیشتر غلاف‌ها به حداکثر رشد خود رسیده باشند. از طرف دیگر، تاخیر در برداشت بادام‌زمینی باعث ضعیف شدن پگ‌ها می‌شود که این امر منجر به افزایش تلفات غلاف‌های نمایان‌شده و نمایان‌نشده در برداشت ماشینی، از طریق پاره شدن پگ‌ها و ریزش و یا جاماندن غلاف‌ها در داخل خاک می‌شود (Jordan *et al.*, 2007). در برداشت ماشینی، به غلاف‌های بادام‌زمینی ضربه‌های

شدیدی وارد می‌شود که منتج به افزایش ریزش غلاف‌ها (تلفات غلاف‌های نمایان‌شده) می‌گردد. هم‌چنین کاهش رطوبت خاک باعث افزایش مقاومت خاک و کاهش بازدهی حفاری می‌شود که این امر، پاره شدن پگ‌ها و جاماندن غلاف‌ها در داخل خاک را به دنبال دارد. برای جلوگیری از این تلفات، تعیین زمان بهینه برداشت بادام‌زمینی و انجام عملیات در زمان تعیین شده توصیه می‌گردد.

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر رطوبت، سرعت پیشروی و شیب نوارنقاله بر تلفات مختلف ماشین برداشت بادام‌زمینی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد غلاف-های نمایان-شده	درصد غلاف-های نمایان-نشده	درصد غلاف-های حفرنشده	درصد تلفات کل	درصد غلاف-های آسیب-دیده	مجموع درصد تلفات غلاف‌ها	بازده حفاری
رطوبت خاک	۱	۲۶۶/۴*	۲۳۳۲*	۲۰/۰۷^{ns}	۳۶۱۶*	۱/۲۹۹^{ns}	۳۴۸۰*	۳۴۸۰*
بلوک(رطوبت)	۴	۲۱/۸۰^{ns}	۱۳۳/۰^{ns}	۶۹/۲۷^{ns}	۳۱۵/۴*	۱/۱۶۹^{ns}	۳۲۸/۴*	۳۲۸/۴*
سرعت پیشروی	۲	۷۰/۹۶**	۸۸/۳۷^{ns}	۸۸/۷۷^{ns}	۹۴/۷۹^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۹۸/۸۱^{ns}	۹۸/۸۱^{ns}
شیب نوارنقاله	۲	۱/۵۱۷^{ns}	۳۸/۳۸^{ns}	۹۳/۶۲^{ns}	۱۳۱/۵^{ns}	۰/۹۱۷^{ns}	۱۵۱/۲^{ns}	۱۵۱/۲^{ns}
سرعت×شیب	۴	۴۴/۳۷*	۴۱/۵۴^{ns}	۶۰/۳۰^{ns}	۹۸/۷۹^{ns}	۰/۲۵۴^{ns}	۱۰۷/۹^{ns}	۱۰۷/۹^{ns}
رطوبت×سرعت	۲	۴۴/۶۵*	۱۳/۰۴^{ns}	۸/۲۹۲^{ns}	۸۶/۳۴^{ns}	۰/۱۸۱^{ns}	۹۳/۰۴^{ns}	۹۳/۰۴^{ns}
رطوبت×شیب	۲	۵/۹۰۷^{ns}	۱۱/۳۹^{ns}	۴۶/۷۲^{ns}	۱۱۹/۷^{ns}	۱/۹۳۵^{ns}	۱۱۹/۸^{ns}	۱۱۹/۸^{ns}
رطوبت×سرعت×شیب	۴	۲۰/۱۸^{ns}	۶۸/۵۲^{ns}	۲۱/۹۸^{ns}	۱۳۶/۴^{ns}	۰/۵۰۵^{ns}	۱۴۴/۶^{ns}	۱۴۴/۶^{ns}
خطا	۳۲	۱۱/۳۶	۵۲/۱۹	۵۱/۵۸	۹۱/۶۴	۰/۵۹۴	۹۴/۰۲	۹۴/۰۲

که ns: نبود اختلاف معنی‌دار * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۳. میانگین تلفات مختلف ماشین برداشت بادام‌زمینی در دو سطح رطوبت خاک.

رطوبت خاک	درصد غلاف‌های نمایان‌شده	درصد غلاف‌های نمایان‌نشده	درصد غلاف‌های حفرنشده	درصد تلفات کل	درصد غلاف‌های آسیب‌دیده	مجموع درصد تلفات غلاف‌ها	بازده حفاری
۱۹/۹	۶/۶۱۷^{a}	۱۲/۱۳^{a}	۲/۲۱۸^{a}	۲۰/۹۶^{a}	۰/۹۳۶^{a}	۲۱/۹۰^{a}	۷۶/۱۰^{a}
۱۹/۳	۱۱/۰۶^{b}	۲۵/۲۷^{b}	۰/۹۹۹^{a}	۳۷/۳۳^{b}	۰/۶۲۶^{a}	۳۷/۹۵^{b}	۶۲/۰۴^{b}

اعدادی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال۵ ٪ می‌باشند.

با کاهش رطوبت خاک در برداشت ماشینی دوم نسبت به اول، میانگین درصد غلاف‌های کل و مجموع درصد تلفات غلاف-ها از ۲۰/۹۶ به ۳۷/۳۳ درصد و از ۲۱/۹۰ به ۳۷/۹۵ درصد افزایش یافت (جدول ۳). علت این افزایش، افزایشِ درصد غلاف‌های نمایان‌شده و نمایان‌نشده در برداشت ماشینی دوم نسبت به برداشت ماشینی اول است. بازده حفاری در برداشت ماشینی دوم نسبت به برداشت ماشینی اول از ۷۸/۱۰ درصد به ۶۲/۰۴ درصد کاهش یافت (جدول ۳). علت این کاهش، بیشتر بودن مجموع درصد تلفات غلاف‌ها در رطوبت دوم نسبت به رطوبت اول است. بازده حفاری، معکوس مجموع درصد تلفات غلاف‌ها می‌باشد. در نتیجه با افزایش بازده حفاری، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها کاهش و با کاهش بازده حفاری، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها افزایش می-یابد.

اثر سرعت پیشروی فقط در مورد درصد غلاف‌های نمایان‌شده معنی‌دار بود و روی بقیه متغیرها اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). با افزایش شاخص سینماتیک، میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده افزایش یافت. درصد غلاف‌های نمایان‌شده در شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵، ۶/۷۷۲٪ بود که در شاخص‌های سینماتیک ۱/۸۸۲ و ۱/۸۷۷ به ترتیب به ۹/۰۱۱٪ و ۱۰/۷۳٪ افزایش

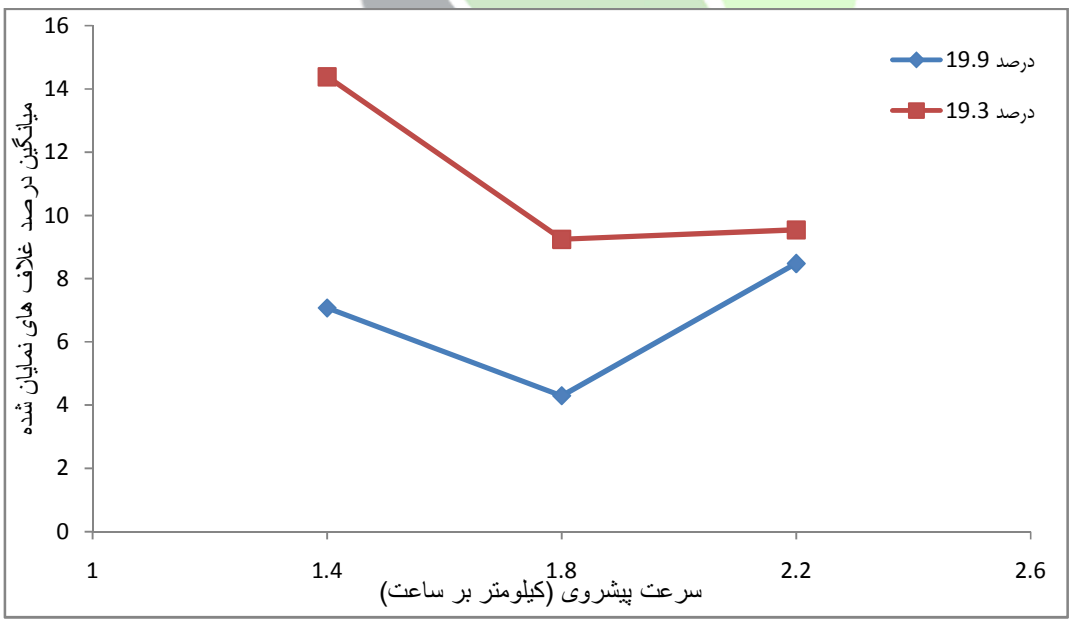
یافت. فقط دو شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵ و ۱/۸۸۲ با هم تفاوت معنی‌دار داشتند که کمترین درصد تلفات، به شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵ تعلق داشت (جدول ۴).

جدول ۴. میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در شاخص‌های سینماتیک مختلف.

سرعت پیشروی تراکتور (km/h)	سرعت محیطی نوارنقاله (km/h)	شاخص سینماتیک	درصد غلاف‌های نمایان‌شده
۱/۴	۲/۶۳۴	۱/۸۸۲	۱۰/۷۳[a]
۱/۸	۲/۷۸۱	۱/۵۴۵	۶/۷۷۲[b]
۲/۲	۴/۱۲۹	۱/۸۷۷	۹/۰۱۱[ab]

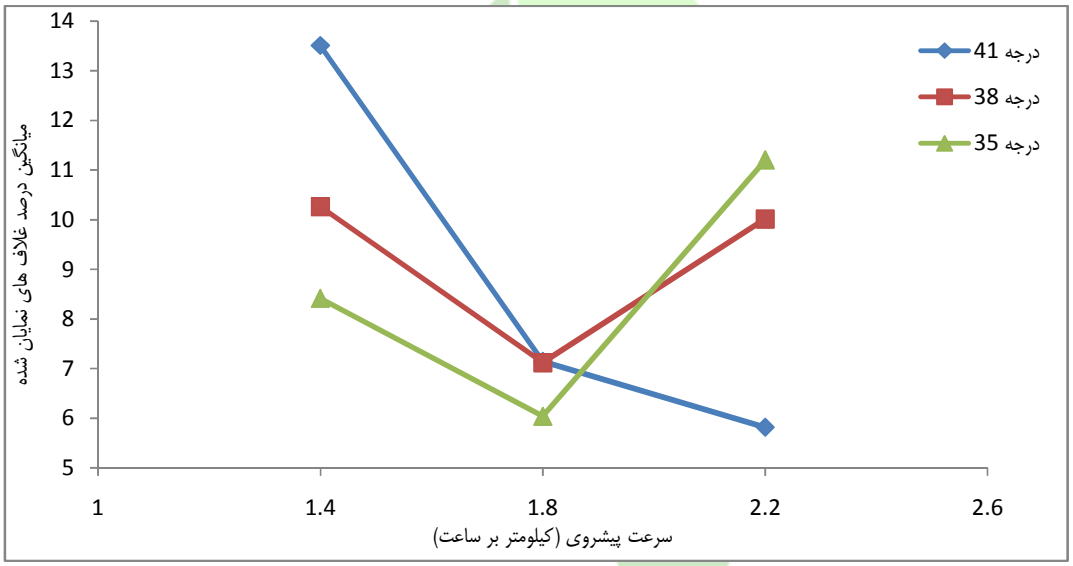
اعداد ستونی که دارای حرف مشترک می‌باشند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

اثرمتقابل سرعت پیشروی و رطوبت خاک و هم‌چنین اثرمتقابل سرعت پیشروی و شیب نوارنقاله، فقط در درصد غلاف‌های نمایان‌شده و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند و در بقیه متغیرها معنی‌دار نبودند (جدول ۲). میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در سه سطح سرعت پیشروی و دو سطح رطوبت خاک، در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، در تمام سطوح رطوبت خاک ۱۹/۹٪، میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده کمتر از سطوح رطوبت خاک ۱۹/۳٪ به دست آمد. تاخیر در برداشت بادام‌زمینی (ضعیف شدن پگ‌ها) و کاهش رطوبت خاک و غلاف‌های بادام‌زمینی، باعث افزایش این نوع تلفات در رطوبت خاک کمتر گردید. کمترین درصد تلفات غلاف‌های نمایان‌شده در سطوح رطوبت خاک ۱۹/۹ و ۱۹/۳ درصد، متعلق به سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵) بود (شکل ۲). در شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵ برخلاف دو شاخص سینماتیک دیگر، جریان یکنواختی از بوته‌ها بر روی نوارنقاله شکل گرفت که منجر به کاهش تلفات غلاف‌های نمایان‌شده گردید.



شکل ۲. میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در سرعت‌های پیشروی و رطوبت‌های خاک مختلف.

میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در سه سطح سرعت پیشروی و سه سطح شیب نوارنقاله، در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه مشهود است، در سرعت پیشروی ۱/۴ کیلومتر بر ساعت، میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده و شیب نوارنقاله رابطه مستقیمی با هم داشتند درحالی‌که در سرعت پیشروی ۲/۲ کیلومتر بر ساعت، رابطه این دو معکوس بود. در سرعت پیشروی ۱/۴ کیلومتر بر ساعت، بیشترین درصد غلاف‌های نمایان‌شده متعلق به بالاترین شیب نوارنقاله (۴۱ درجه) بود درحالی‌که در سرعت پیشروی ۲/۲ کیلومتر بر ساعت، بیشترین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در پایین‌ترین شیب نوارنقاله (۳۵ درجه) مشاهده شد (شکل ۳). در نتیجه استفاده توأم شیب نوارنقاله کم در سرعت پیشروی کم و شیب نوارنقاله زیاد در سرعت پیشروی زیاد، باعث کاهش تلفات غلاف‌های نمایان‌شده می‌شود. در سرعت پیشروی کم و شیب نوارنقاله زیاد و برعکس، جریان یکنواختی از بوته‌ها روی نوار-نقاله شکل نمی‌گیرد که باعث افزایش تلفات غلاف‌های نمایان‌شده می‌شود. این تلفات عمدتا به دلیل برخورد بوته‌ها با زمین و ریزش غلاف‌ها در اثر این برخورد، صورت گرفت.



شکل ۳. میانگین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در سرعت‌های پیشروی و شیب‌های نوارنقاله.

اثر شیب نوارنقاله، اثرمتقابل رطوبت خاک و شیب نوارنقاله و هم‌چنین اثرمتقابل رطوبت خاک، سرعت پیشروی و شیب نوار-نقاله، در هیچ‌کدام از متغیرها معنی‌دار نشدند. اثر بلوک روی درصد غلاف‌های نمایان‌شده، درصد غلاف‌های نمایان‌نشده، درصد غلاف‌های حفرنشده و درصد غلاف‌های آسیب‌دیده معنی‌دار نبود، اما روی درصد تلفات کل، مجموع درصد تلفات غلاف‌ها و بازده حفاری در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). عدم معنی‌دار شدن اثر بلوک روی درصد غلاف‌های نمایان‌شده، نشان می‌دهد که معنی‌دار شدن سایر فاکتورها در این متغیر قابل اعتماد می‌باشد.

برای انتخاب بهترین تنظیم که در آن تلفات برداشت‌کننده حداقل باشد، از کمترین مجموع درصد تلفات غلاف‌ها استفاده گردید. مجموع درصد تلفات غلاف‌ها فقط در فاکتور رطوبت خاک معنی‌دار بود. مجموع درصد تلفات غلاف‌ها در رطوبت خاک

۱۹/۹ و ۱۹/۳درصد، به ترتیب ۲۱/۹۰ و ۳۷/۹۵ درصد بود (جدول ۳). در نتیجه برداشت بادام‌زمینی در خاک‌هایی با رطوبت ۱۹/۹ درصد نسبت به خاک‌های خشک‌تر (رطوبت ۱۹/۳ درصد)، می‌تواند به کاهش تلفات برداشت با برداشت‌کننده کمک کند.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر اصلی رطوبت خاک و سرعت پیشروی و هم‌چنین اثر متقابل بین آن‌ها در درصد غلاف‌های نمایان‌شده، کمترین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در اثر متقابل آن‌ها، به عنوان شاخص دیگری برای بهترین تنظیم استفاده شد. کمترین درصد غلاف‌های نمایان‌شده متعلق به رطوبت خاک ۱۹/۹ درصد و سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵) بود (شکل ۲). با توجه به نتایج به دست آمده، برای کاهش تلفات برداشت ماشینی بادام‌زمینی، رطوبت خاک ۱۹/۹ درصد و سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵) پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رطوبت خاک و سرعت پیشروی بر تلفات مختلف ماشین برداشت بادام‌زمینی تاثیر دارند، ولی شیب نوارنقاله تاثیر معنی‌داری نداشت. مجموع درصد تلفات غلاف‌ها در رطوبت خاک ۱۹/۹ درصد، ۲۱/۹۰٪ به دست آمد که در رطوبت خاک ۱۹/۳ درصد به ۳۷/۹۵٪ افزایش یافت. کمترین درصد غلاف‌های نمایان‌شده در سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک۱/۵۴۵)، به مقدار۶/۷۷۲ درصد، به دست آمد. اثرمتقابل سرعت پیشروی و رطوبت خاک در درصد غلاف‌های نمایان‌شده کاملا معنی‌دار بود که سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک۱/۵۴۵) و رطوبت خاک ۱۹/۹ درصد، با ۴/۲۹۹ درصد کمترین مقدار را داشتند. در نتیجه برای کاهش تلفات برداشت با ماشین، سرعت پیشروی ۱/۸ کیلومتر بر ساعت (شاخص سینماتیک ۱/۵۴۵) و رطوبت خاک بالاتر (۱۹/۹ درصد)، پیشنهاد گردید.

منابع

۱- اسماعیل پور، ص.، اصغری، ج.، صفرزاده ویشگایی، م. ن.، و سمیع زاده لاهیجی، ح. ا. ۱۳۹۲. تاثیر عناصر گوگرد و روی بر رشد و عملکرد بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران جلد ۱۱، شماره ۲، ص ۲۹۰- ۲۸۳.

2- Ademiluyi, Y.S., O.A. Oyelade, D. Jaes, and I.C. Ozumba. 2011. Performance evaluation of a tractor drawn groundnut digger/shaker for agricultural productivity. "Tillage for agriculture productivity and environmental sustainability" conference. Ilorin, Nigeria.

3- Anonymous. 1998. Moisture measurement-peanuts. American society of agricultural engineers S410.1.

4- Anonymous. 2006. Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer. American Society of Agricultural and Biological Engineers EP542.

5- Anonymous. 2006. Soil Cone Penetrometer. American Society of Agricultural and Biological Engineers S313.3.

6- Dawelbeit, M.I., and M.E. Wright. 1999. Design and testing of a vibratory peanut digger. American Society of Agricultural Engineers 15(5): 389-392.

7- Hosseinzadeh Gashti, A., M. Esfahani, J. Asghari, M.N. Safarzad Vishgahi, and B. Rabiei. 2009. Effect of sulfur application on growth indices and yield of peanut (*Arachis hypogaea*). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology 13(48):27-39. (In Farsi).

8- Ibrahim, M.M., E. Amin, and A. Farag. 2008. Developing a multi-purpose digger for harvesting root crops. Misr Society of Agricultural Engineering 25(4): 1225-1239.

9- Jordan, D., J. Beasley, and S. Calhoun. 2008. Agricultural Practices for peanut growing and harvesting. American Peanut Council Good Management Practices.

10- Nabavi-Pelesaraei, A., R. Abdi, and S. Rafiee. 2013. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and economical models for peanut production in Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(19): 2193-2202.

11- Okel , D.K., M. Biruma, and C.M. Deom. 2010. Overview of groundnuts research in Uganda: Past, present and future. African Journal of Biotechnology 9(39): 6448-6459.

12- Padmanathan, P.K., K. Kathirvel, R. Manian, and V.M. Duraisamy. 2006. Design, development and evaluation of tractor operated groundnut combine harvester. Journal of Applied Sciences Research 2(12): 1338-1341.

13- Panhwar, F. 2005. Oilseed crops future in Sindh Pakistan. Digitalverlag Gmbh, Germany.

14- Reddy, T.Y., V.R. Reddy, and V. Anbumozhi. 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. Plant Growth Regulation 41: 75–88.

Performance evaluation of peanut digger/shaker/inverter harvester

Afshin Azmoodeh-Mishamandani[1*] Hossein Navid[2] Shamsollah Abdollahpoor [2] and Mohammad Moghaddam Vahed[3]

1- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
afshin_azmoodeh91@ms.tabrizu.ac.ir
2- Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tabriz

Abstract

The aims of this study were determination of effect of soil moisture content, forward speed and conveyor tilt on different loss of peanuts harvesting in harvester of digger/shaker/inverter. For this purpose, two levels of soil moisture contents, three levels of forward speeds (cinematic index) and three levels of conveyor tilts was analyzed with three replications. The percent of exposed pods loss, percent of unexposed pods loss, percent of undug pods loss, percent of total loss, percent of damaged pods, total percent of pods loss and digging efficiency were obtained according to the standard. The results revealed the effect of soil moisture content was significant at the 5% level in all variables, except undug pods percent and damaged pods percent. The effect of forward speed (cinematic index) was only significant on the percent of exposed pods at the 1% level; while the effect of conveyor tilt was no significant for all variables. Interactions of forward speed with soil moisture content and forward speed with soil moisture content were significant in the percent of exposed pods. The optimal statistical levels were obtained, after performing advanced statistical analysis. With respect to results, soil moisture content of 19.9% and forward speed of 1.8 km h-1(cinematic index of 1.545) were proposed to reduce of harvesting loss with the machine.

Keywords: Evaluation, Forward speed, Harvester, Peanut and Soil moisture content.