بررسی پارامترهای اساسی در جداکن(نوع تسمه‌ای) محصول از سنگ و کلوخ درکمباین سیب زمینی

حسین مصلی نژاد[۱]، حسین مبلی[۲]، افسانه پورسلطان[۳]
Hosein_apm@yahoo.com

چکیده

عملیات برداشت محصول سیب زمینی یکی از مشکل‌ترین، کاربرترین و حساس‌ترین مراحل می باشد. محصول به همراه حجم زیادی سنگ و کلوخ وارد کمباین سیب زمینی شده و در این بین جداسازی سیب زمینی ها از سنگ و کلوخ های هم اندازه یک مشکل اساسی به شمار می رود. از میان روش‌های مورد مطالعه توسط محققین بر پایهٔ خواص فیزیکی سیب زمینی و سنگ و کلوخ، در این تحقیق، با توجه به شرایط مزارع و وضعیت اقتصادی کشاورزان ایران، روش تسمه نقاله شیب دار ترجیح داده شده است. در این روش ابتدا طرح واره‌ای از بخش جدا کننده سنگ و کلوخ از محصول طراحی و ساخته شد و پارامترهایی نظیر زاویه سطح، سرعت حرکت تسمه نقاله و نوع تسمه که در عمل جدا سازی نقش مهمی ایفا می‌کند، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه فاکتور زاویه در پنج سطح (۵،۱۰، ۱۵، ۱۷/۵و۲۰ درجه) و سرعت در پنج سطح (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰و۶۰۰ دور در دقیقه)و نوع تسمه در دو سطح (صاف و زبر) با پنج تکرار در نظر گرفته شد. به منظور تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. نتایج نشان داد که بهترین ترکیب زاویه، سرعت و نوع تسمه برای بیشترین جدایش و کمترین میزان سنگ و کلوخ در محصول جدا شده به ترتیب عبارت بود از زاویه ۱۵ درجه، سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه با تسمه صاف و برای تسمه نوع زبر زاویه ۱۷/۵ درجه و سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه بود.

کلیدواژه:
ماشین برداشت- سیب زمینی- سنگ وکلوخ- تسمه نقاله

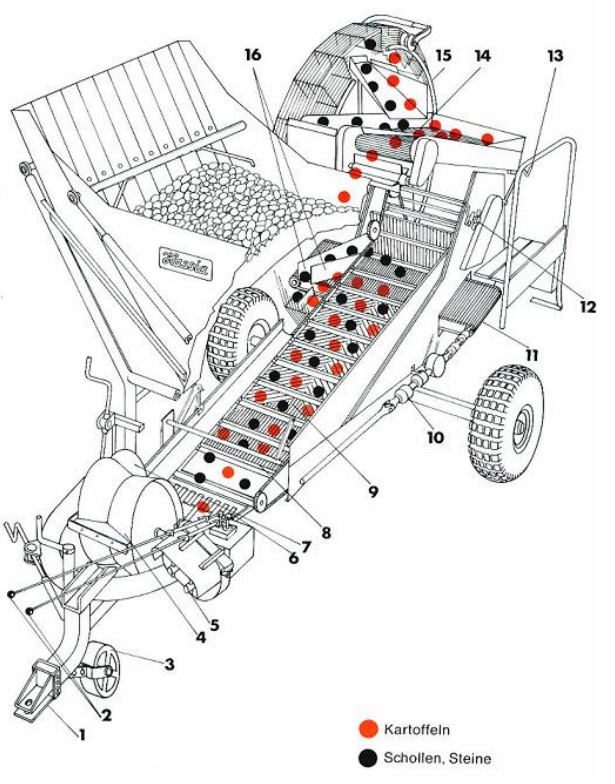
۱- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران
۳- کارشناس مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه تبریز

۱- مقدمه

سیب زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت دارای گسترده‌ترین توزیع در دنیاست و سطح زیر کشت آن در جهان ۲۰ میلیون هکتار است[۱]. از نظر اهمیت غذایی سیب زمینی نسبت به غلات، مواد غذایی و انرژی بیشتری در واحد سطح تولید می کند[۲]. کشت سیب زمینی در ایران اغلب با گونه آگریا[1] انجام می شود که ۸۵٪ سطح زیر کشت ایران را به خود اختصاص داده است[۳].

به منظور برداشت محصول سیب زمینی ماشین های متنوعی طراحی و ساخته شده است که عبارتند از:

سیب زمینی کن دوار، سیب زمینی کن ارتعاشی و سیب زمینی کن با زنجیر نقاله. در این سه نوع ماشین، محصول پس از خارج شدن از خاک بر روی زمین ریخته می شود تا بعد به وسیله کارگران جمع آوری شود. اما با استفاده از یک ماشین برداشت کامل، سیب زمینی‌ها به همراه حجم زیادی سنگ و کلوخ وارد ماشین شده و در نهایت سیب زمینی‌های تمیز و عاری از مواد خارجی درون کیسه‌های مناسب یا مخزن ریخته می شود(شکل۱). در این بین جدا سازی سیب زمینی‌ها از سنگ و کلوخ های هم اندازه یک مشکل اساسی به شمار می رود.



شکل (۱): ماشین برداشت کامل سیب زمینی با مخزن [۴]

1- Agria

در این تحقیق، دستگاه جداکن سنگ و کلوخ از سیب زمینی (نوع تسمه نقاله‌ای) در کمباین سیب زمینی ساخته شده و پارامترهای اساسی در عملکرد بهینه آن نظیر زاویه سطح تسمه، سرعت حرکت تسمه و نوع تسمه مورد بررسی قرار گرفته و بهترین وضعیت کاری حاصل شود.

از جمله خصیصه های فیزیکی سیب زمینی که در جداسازی سیب زمینی‌ها از سنگ و کلوخ و سایر مواد زائد به کار می رود عبارتند از:

۱- قطر و شکل سیب زمینی، سنگ و کلوخ

۲- وزن و چگالی مناسب: جرم مخصوص سیب زمینی برای گونه‌های مختلف از ۱/۰۷ تا ۱/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب تغییر می‌کند[۵].

۳- ضریب اصطکاک: ضریب اصطکاک غلتشی سیب زمینی ۰/۵۵و ضریب اصطکاک سرشی آن ۰/۸ می باشد[۶].

۴- ضریب الاستیسیته (کشسانی، جهندگی)

۵- خواص آئرودینامیکی

تی واری[2] و همکاران در سال ۱۹۶۲ با بهره گیری از خاصیت آئرودینامیکی و سرعت حد، جدایش لوبیا از مواد خارجی را مورد بررسی قرار دادند. سرعت حد لوبیا ۴۷/۸ ft/s گزارش شد[۷].

مولر[3] و همکاران در سال ۱۹۶۷ با توجه به مشخصه های وزنی و آئرودینامیکی گردو، امکان طراحی و ساخت جدا کننده آئرودینامیک را مورد بررسی و تحقیق قرار دادند. این دستگاه با بازده بالا می تواند گردوهای خوب و بد را از هم تمیز دهد[۸].

سول[4] و همکاران در سال ۱۹۶۸ جدا سازی زغال اخته از سنگ و مواد خارجی را با استفاده از برخی خواص فیزیکی و سرعت حد این میوه مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. در این روش سرعت حد ریگ ۵۰٪ سرعت حد زغال اخته بود[۹].

کولچین[5] در سال ۱۹۵۷ از روش توام مکانیکی و پنوماتیکی (روش نوسانی) برای جدایش محصول از مواد اضافی در ماشین برداشت سیب زمینی استفاده نمود[۶].

ماک[6] در سال ۱۹۵۷ از روش شناورسازی در محلولهای نمکی (با وزن مخصوص بیشتر از سیب زمینی) و روش وزش باد عمودی برای جدا سازی سیب زمینی‌ها از سنگ و کلوخ بهره گرفت. البته استفاده از روش محلول نمک در ماشین‌های مزرعه‌ای مناسب تشخیص داده نشد[۱۰].

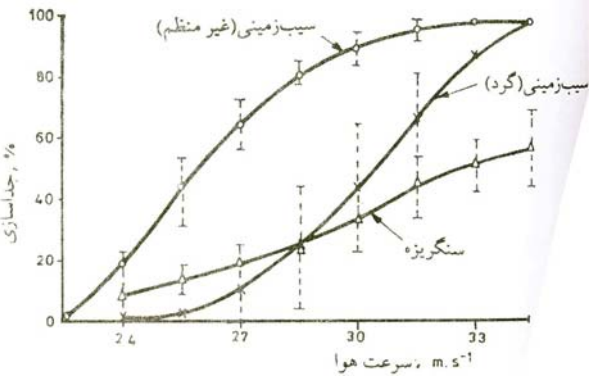
2- Tiwari
3- Mueller
4- Soule
5- kolchin
6- Maak

بری[۷] در سال ۱۹۵۹ تجزیه و تحلیل تئوری در مورد جابجایی سیب زمینی، سنگ و کلوخ بر روی نقاله را بررسی کرد. او به این نتیجه رسید که جابجایی اجزا می تواند به دو روش اتفاق بیفتد[۱۱]:

۱- حرکت غلتشی پیوسته

۲- حرکت غلتشی– سرشی

گیلفیلان و کرودر[۸] در سال ۱۹۵۹ با استفاده از مشخصه‌های آئرودینامیکی سیب زمینی مطالعه‌ای در زمینه جدا سازی سنگ و کلوخ از سیب زمینی به روش وزش باد به صورت عمودی انجام دادند[۱۲]. شکل (۱) دو تا سه درصد سیب زمینی‌ها و سنگ‌های بلند شده در سرعت های گوناگون باد را نشان می‌دهد . به عنوان مثال سرعت بادی در حدود ۳۵m/s برای بلند کردن سیب زمینی‌ها مورد نیاز است در حالی که در همان سرعت ۶۰٪ سنگ و کلوخ‌ها نیز بلند شده‌اند. محدوده و مقادیر متوسط بعضی از مشخصه‌های فیزیکی و خواص آئرودینامیکی سیب زمینی‌ها و سنگ های مورد آزمایش در جدول (۱) آمده است[۵].



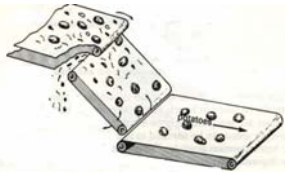
شکل(۱): درصد سیب زمینی ها و سنگ های بلند شده در سرعت های مختلف باد [۱۳]

جدول (۱): برخی مشخصه های فیزیکی و خواص آئرودینامیکی سیب زمینی و انواع سنگ ها [۱۰]

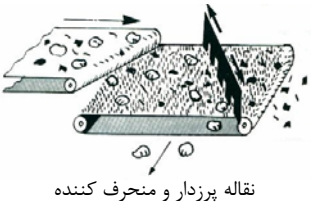
خواص فیزیکی مواد	وزن(lb)	حجم(in^3)	وزن مخصوص	بیشینه سطح مقطع عرضی(in^2)	سرعت حد(ft/s)
سیب زمینی	۰/۶۰-۰/۸	۱۹/۴- ۶/۶۶	۱/۱۲-۱/۱۵	۲/۰-۱۱/۷	۷۶-۱۰۸
سنگ های گرد	۰/۱۵-۰/۸۹	۹/۱۸- ۴/۳۲	۲/۱۷-۲/۹۷	۱/۹-۸/۰	۱۱۵-۱۲۲
سنگ های صاف	۰/۲۲-۰/۷۱	۹/۴۲- ۲/۶۴	۲/۰۴-۲/۹۷	۳/۵-۹/۹	۹۰-۱۱۶
سه گوش	۰/۳۱-۱/۰۶	۱۲/۷۸- ۸/۹۴	۲/۲۷-۲/۹۱	۲/۳ -۵/۷	۱۱۸-۱۲۲
چهار گوش	۰/۳۲	۳/۶۰	۲/۴۵	۴/۹۲	۹۹

ایتون و هانسن[۹] در سال ۱۹۶۳ با استفاده از اختلاف در وزن مخصوص تحقیقی در زمینه عملیات جدا سازی به عمل آوردند. در این روش سیب زمینی‌ها و سنگ و کلوخ بر روی یک جفت برس چرخان تغذیه شدند. سنگ های با وزن بیشتر از میان پرزهای برس‌ها افتادند در حالی که سیب زمینی ها بر روی برس ها باقی ماندند[۱۴]. بی شاپ[۱۰] و همکاران در سال ۱۹۸۰ سه نوع جداسازی نسبی (جزئی) را بررسی نمودند[۱۵]:

- نقاله شیب دار
- نقاله پرزدار و منحرف کننده
- شانه چرخان و نقاله پرزدار



نقاله شیب دار (صاف یا پرزدار)



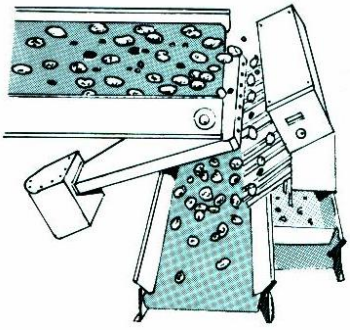
نقاله پرزدار و منحرف کننده

با برس دوار و نقاله پرزدار

شکل (۲): روش های جداسازی نسبی[۱۵]

بی شاپ و سیدنی[۱۱] در سال ۱۹۹۷ دو روش کامل تر جدایش را مورد مطالعه قرار دادند. این دو روش که اکنون در ماشین های برداشت کامل مورد استفاده اند، عبارتند از[۴و۱۵]:

- جداسازی الکترونیکی (شکل۳)
- جداسازی هوائی



شکل(۳): مکانیزم جداسازی سنگ و کلوخ بوسیله اشعهX[۱۵]

7- Berry
8- Gilfillan & Crowther

9- Eaton & Hansen
10- Bishop
11- Sidney

۲- مواد و روش ها

۱- طرح واره بخش جداکن سنگ و کلوخ از سیب زمینی در کمباین سیب زمینی در شکل (۴) نمایش داده شده است. دستگاه جداکن دارای مشخصات زیراست:

- ابعاد چارچوب دستگاه۲۰*۷۵*۱۵۰ سانتیمتر.
- الکتروموتور سه فاز با توان ۱/۱ کیلو وات، اینورتر با توان ۱۱ کیلو وات، بلبرینگ با قطر ۲/۵ سانتیمتر، دو عدد تسمه نقاله(زبر و صاف) به ابعاد۶۰*۲۳۸ سانتیمتر.

۲- زاویه سنج یونیورسال.

۳- سینی تغذیه: ساخته شده از ورق آهن گالوانیزه به ضخامت دو میلیمتر و به عرض ۸۰ سانتیمتر.

۴- سیب زمینی گونه آگریا تهیه شده از بازار.

۵- سنگ و کلوخ جمع آوری شده از زمینهای گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران.

شکل (۴): شکل کلی دستگاه نوع تسمه نقاله ای

به کمک پیچ های نگه دارنده قسمت تثبیت کننده و زاویه سنج یونیورسال، شیب دستگاه در زاویه پنج درجه تنظیم گردید. سرعت الکتروموتور نیز توسط اینورتر در سرعت۱۰۰ دور در دقیقه تثبیت شد. مخلوط به صورت تصادفی بر روی سینی تغذیه که توسط ورق آهن گالوانیزه و به عرض دستگاه ساخته شده بود تهیه گردید. برای نزدیک شدن به مطلوب ترین نتیجه بایستی مخلوط سیب زمینی و سنگ و کلوخ به شکلی تهیه می شد که سخت ترین شرایط نظیر فراوانی سنگ و کلوخ در مزرعه، عملکرد نامناسب بخش‌های جداکن اولیه کمباین سیب زمینی و . . . را نیز در برگیرد. با افزایش زاویه سینی به طرف بالا، مخلوط به تدریج شروع به حرکت کرده و بر روی تسمه در حال حرکت ریخته می شوند. برای سایر سطوح سرعت و زاویه به ترتیب گفته، آزمایش ها انجام گرفت.

برای محاسبه درصد محصول جدا سازی شده و همچنین سنگ و کلوخ هایی که جداسازی نشده و به صورت مواد اضافی وارد محصول شده اند، از روابط زیر استفاده شد:

$$\text{درصد جداسازی محصول} = \frac{b}{a} * ۱۰۰ \quad (۱)$$

a: تعداد کل سیب زمینی های موجود در مخلوط تهیه شده

b: تعداد سیب زمینی های جدا سازی شده جهت انتقال به مخزن

$$\text{درصد سنگ و کلوخ جدا سازی نشده} = \frac{y}{x} \quad (۲)$$

x: تعداد کل سنگ و کلوخ ها ی موجود در مخلوط تهیه شده

y: تعداد سنگ و کلوخ های جداسازی نشده که به محصول آماده انتقال به مخزن وارد شده اند.

۳- بررسی نتایج

پس از انجام آزمایش، مشاهده گردید لرزش مواد بر روی تسمه تاثیر مثبت و محسوسی بر عملیات جداسازی داشت بنابراین پیشنهاد می‌شود در زمان ساخت این بخش از کمباین سیب زمینی، قسمت لرزاننده‌ای به آن اضافه شود. میزان درصد جداسازی محصول از سنگ و کلوخ اندازه گیری شد. داده ها بوسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور زاویه در پنج سطح(۵،۱۰، ۱۵، ۱۷/۵و۲۰ درجه) و سرعت در پنج سطح(۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰و۶۰۰ دور در دقیقه) و نوع تسمه در دو سطح(صاف و زبر) با پنج تکرار در نظر گرفته شد. به منظور تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد که نتایج حاصله در زیر آورده شده است:

نتیجه تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در جدول (۲) آورده شده است. مطابق نتایج بدست آمده اثر زاویه، سرعت و نوع تسمه بر میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ بسیار معنی دار بود. از طرفی اثر بلوک (تکرار) معنی دار نبود در نتیجه این آزمایش را می توان در قالب طرح کاملاً تصادفی نیز تجزیه و تحلیل کرد که اثری بر نتایج نداشت.

اثر متقابل زاویه و سرعت، زاویه و نوع تسمه، زاویه و سرعت و نوع تسمه بر میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ در سطح ۱٪ معنی دار بود. ولی اثر متقابل سرعت و نوع تسمه بر میزان جداسازی معنی دار نبود. به عبارتی اثرات ساده سرعت در دو نوع تسمه با هم برابر بودند. برای مشخص شدن سطوح معنی دار در هر یک از دو عامل زاویه و سرعت از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

جدول (۲): تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی با سه فاکتور زاویه، سرعت و نوع تسمه در ارتباط با میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۴	e-۲/۷۹۰۳	e-۶/۹۷۶۰۴	۰/۳۳۳^{ns}
تیمار	۴۹	۳۰/۶۴۹	۰/۵۷۸	۲۷۶/۳۳۷**
زاویه	۴	۲۹/۲۸۷	۷/۳۲۲	۳۴۹۸/۶۸۱**
سرعت	۴	۰/۱۷۶	e-۴/۴۰۱۰۲	۲۱/۰۲۸**
تسمه	۱	۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	۷۸/۲۹۱**
زاویه.سرعت	۱۶	۰/۲۸۴	e-۱/۷۷۷۰۲	۸/۴۹۳**
زاویه.تسمه	۴	۰/۵۱۴	۰/۱۲۸	۶۱/۳۹۰**
سرعت.تسمه	۴	e-۱/۱۱۲۰۲	e-۱/۱۱۲۰۲	۱/۳۲۸^{ns}
زاویه.سرعت.تسمه	۱۶	۰/۲۱۱	e-۱/۳۱۶۰۲	۶/۲۸۹**
خطا	۱۹۶	۰/۴۱۰	e-۲/۰۹۳۰۳	

** تاثیرمعنی دار پارامتر مربوط ns عدم تاثیر پارامتر مربوطه

مطابق با جدول (۳) هر پنج سطح زاویه شیب تسمه با هم اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ داشته و با افزایش زاویه شیب تسمه میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ افزایش یافت.

جدول (۳): مقایسه میانگین میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ در سطوح مختلف زاویه بر اساس آزمون چند دامنه دانکن

کلاس / زاویه	۱	۲	۳	۴	۵
۵ درجه	e-۵/۷۶۰۰۲				
۱۰ درجه		۰/۳۵۷۲			
۱۵ درجه			۰/۷۵۲۴		
۱۷/۵ درجه				۰/۸۶۹۲	
۲۰ درجه					۰/۹۷۰۰

جدول (۴) نشان می‌دهد که با افزایش سرعت تسمه از ۱۰۰ تا ۳۰۰، میزان جداسازی افزایش یافته و سرعت ۴۰۰ کمی کاهش و سرعت ۶۰۰ مقدار زیادی کاهش میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ را نشان می‌دهد که بیان کنندهٔ این نکته است که با افزایش سرعت تسمه بیش از ۴۰۰ میزان ارتعاش تسمه افزایش یافته و سیب زمینی و سنگ و کلوخ تماس خوبی با تسمه ندارند و به بالا و پایین می‌پرند. لذا تاثیر ضریب اصطکاک و شکل متفاوت سیب زمینی کمتر شده، میزان جداسازی کاهش می یابد. میزان جداسازی با تسمه زبر(۶۳٪) به طور معنی داری(در سطح ۱٪) از تسمه صاف(۵۸٪) بیشتر است.

جدول (۴): مقایسه میانگین میزان جداسازی سیب زمینی از سنگ و کلوخ در سطوح مختلف سرعت بر اساس آزمون چند دامنه دانکن

سرعت(rpm)	۱	۲	۳
۶۰۰	۰/۵۵۰۸		
۱۰۰		۰/۶۰۰۰	
۲۰۰		۰/۶۱۲۰	۰/۶۱۲۰
۴۰۰			۰/۶۱۹۲
۳۰۰			۰/۶۲۴۴

جدول (۵) نتایج آنالیز آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح کامل تصادفی برای میزان سنگ و کلوخ در محصول جدا شده را نشان می دهد. مطابق جدول زاویه و نوع تسمه تاثیر بسیار معنی داری بر میزان سنگ و کلوخ موجود در محصول جداشده داشته ولی سرعت بی تاثیر بوده است. اثرهای متقابل زاویه و سرعت، زاویه و نوع تسمه در سطح ۱٪ معنی دار بود. ولی اثرهای متقابل سرعت و نوع تسمه و زاویه، سرعت و نوع تسمه بر میزان سنگ و کلوخ جدا نشده معنی دار نبود. بلوک بر میزان سنگ و کلوخ جدا نشده تاثیری نداشت در نتیجه از طرح کاملاً تصادفی نیز می‌توان استفاده کرد که تغییری در نتایج نشان نداد.

جدول (۵): تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک کامل تصادفی با سه فاکتور زاویه، سرعت و نوع تسمه در ارتباط با میزان سنگ و کلوخ موجود در محصول جدا شده

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
بلوک	۴	e-۱/۵۶۸۰۲	e-۴/۱۴۶۰۳	۰/۸۹^{ns}
تیمار	۴۹	۲۱/۲۳۶	۰/۴۰۱	۸۵/۷۲**
زاویه	۴	۲۰/۵۰۲	۵/۱۲۶	۱۰۹۶/۴۷۲**
سرعت	۴	e-۲/۸۵۲۰۲	e-۷/۱۳۰۳	۱/۵۲۵^{ns}
تسمه	۱	۰/۲۲۳	۰/۲۲۳	۴۷/۶۲۱**
زاویه.سرعت	۱۶	۰/۱۸۱	e-۱/۱۳۰۳	۲/۴۱۷**
زاویه.تسمه	۴	۰/۲۱۳	e-۵/۳۲۵۰۲	۱۱/۳۹۲**
سرعت.تسمه	۴	e-۱/۹۰۰۲	e-۴/۷۵۸۰۳	۱/۰۱۸^{ns}
زاویه.سرعت.تسمه	۱۶	e-۵/۳۷۰۰۲	e-۳/۳۵۶۰۳	۰/۷۱۸^{ns}
خطا	۱۹۶	۰/۹۱۶	e-۴/۶۷۵۰۳	

** تاثیرمعنی دار پارامتر مربوط ns عدم تاثیر پارامتر مربوطه

جدول (۶) نمایشگر اختلاف معنی دار در همه سطوح عامل زاویه شیب تسمه است و با افزایش شیب تسمه میزان سنگ و کلوخ جدانشده نیز افزایش می یابد.

جدول (۶): مقایسه میانگین میزان سنگ و کلوخ جداسازی نشده در سطوح مختلف زاویه بر اساس آزمون چند دامنه دانکن

کلاس / زاویه	۱	۲	۳	۴	۵
۵ درجه	e-۸/۰۰۰۰۴				
۱۰ درجه		e-۲/۸۴۰۰۲			
۱۵ درجه			۰/۳۳۳۶		
۱۷/۵ درجه				۰/۴۸۷۲	
۲۰ درجه					۰/۷۶۱۶

مطابق جدول (۷) تنها سرعت ۲۰۰ نسبت به سرعت ۱۰۰ به طور معنی داری میزان سنگ و کلوخ جدا نشده را کمتر نشان می دهد. میزان سنگ و کلوخ در محصول جدا شده با تسمه زبر(۳۵٪) بیشتر از تسمه صاف(۲۹٪) بود.

جدول (۷): مقایسه میانگین میزان سنگ و کلوخ جداسازی نشده در سطوح مختلف سرعت بر اساس آزمون چند دامنه دانکن

سرعت(rpm)	۱	۲
۲۰۰	۰/۳۰۸۸	
۳۰۰	۰/۳۱۳۲	۰/۳۱۳۲
۴۰۰	۰/۳۲۴۰	۰/۳۲۴۰
۵۰۰	۰/۳۲۶۴	۰/۳۲۶۴
۱۰۰		۰/۳۳۹۲

۴- نتیجه گیری

در مبحث جداسازی سنگ و کلوخ از محصول مسلماً هر چه مقدار محصول جداسازی شده، بیشتر و مقدار سنگ و کلوخ وارد شده به آن کمتر باشد، کیفیت کار بالاتر و عملیات بعدی بر روی سیب زمینی‌ها نظیر جداسازی نهایی، درجه بندی و کیسه کردن آسانتر و به نحو مطلوب تری انجام می گیرد. در حالتی که زاویه تسمه ۱۷/۵ درجه، سرعت ۲۰۰rpm بود با ۹۲/۸ درصد جداسازی محصول و ۳۷/۶ درصد سنگ و کلوخ جدا نشده بهینه ترین وضعیت را برای تسمه زبر نشان داد. هنگامی که تسمه دارای زاویه ۱۵ درجه، سرعت ۳۰۰rpm بود با ۸۰ درصد جداسازی محصول و ۳۵/۲ درصد سنگ و کلوخ جدا نشده برای تسمه صاف وضعیت ایده آلی است. بنابراین با توجه به نوع تسمه های مورد استفاده در این تحقیق، چنانچه در صنعت ساخت کمباین سیب زمینی، شرایط فوق در ساخت این بخش از دستگاه مهیا گردد، درصد جداسازی ۹۲/۸ و ۸۰ بسیار قابل قبول خواهد بود.

۵- مراجع

[۱] ع. رضایی، ا. سلطانی، "زراعت سیب زمینی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۵.

[۲] س. قائم مقامی، "طراحی سیب زمینی کار یک ردیفه قابل اتصال به تراکتورهای دستی (تیلر) مناسب مزارع کوچک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ۱۳۸۱.

[۳] م. موسی زاده، "طراحی وروش ساخت ماشین برداشت کامل سیب زمینی (بومی سازی ماشین برداشت کامل سیب زمینی)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

[4] Sidney, W. R., "Cox. Measurment and control in Agriculture", Blackwell science Ltd. Edition Office, Osney mead, Oxford ox2 OEL. First Publisher, 1997.

[5] Mohsenin, N., "Physical properties of plant and animal materials", by Gordon and Breach science publishers Inc, 1986.

[6] Kolchin, N. N., "Combined pneumatic and mechanical separation of potato tubers from clods", Translated from Russian by E. Harris, J. of Agric. Engng. Res. 2(3), 1957, pp. 238-240.

[7] Tiwari, S. N., "Aerodynamic behavior of dry edible beans and associated materials in pneumatic separation", M. S. Thesis in agricultural engineering. University of Maine. Orono, Maine, 1962.

[8] Mueller, R. A., Brooker, D. B., and Cassidy, J. J., "Aerodynamic properties of black walnuts: Application in separaing good from bad walnuts", Trans. of the ASAE 11(1), 1967, pp. 57-61.

[9] Soule, H. M., "Investigation of some aerodynamic properties of lowbush blueberries", ASAE, Am. Soc. Agr. Engrs., Saint joseph, Michigan, 1968, pp. 68-847.

[10] Maack, L. O., "Die mechanische trennung von kartoffeln und steiner (The mechanical separation of potatoes and stones) Translated by W. E. Klinner", Landtechnische forschung7(3):71., National institute of agricultural engineering, Silsoe, Bedfordshire, England, Translation No. 35, 1957.

[11] Berry, P. E., "Basic theory of low acceleration oscillating conveyors", J. Agric. Engng. Res. 4(3), 1959, pp. 204-213.

[12] Gilfillan, G., and Crowther, A. J., "The behavior of potatoes, stones and clods in a vertical air stream", J. of Agric. Engng. Res. 4: 9, 1959.

[۱۳] توکلی هشتچین، ت.، " مکانیک محصولات کشاورزی"، انتشارات خدمات فرهنگی سالکان، چاپ اول، ۱۳۸۲.

[14] Eaton, F. E., and Hansen, R. W., "Mechanical separation of stones from potatoes with rotary brushes", Trans. ASAE. 13(5), 1970, pp. 591-593.

[15] Bishop and Chris, F. H., "Potato Mechanization & Storage", Farming Press LTD, 1980.